L'analisi di consistenza di archivi di reti di stazioni permanenti GNSS per la valutazione della qualità di un servizio di posizionamento in tempo reale: PAT-NET_GNSS

Stefano Gandolfi, Luca Tavasci

DICAM-ARCES, Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136, Bologna,
Tel. 051-2093106, Fax 051-2093114, e-mail: stefano.gandolfi@unibo.it, tava_126@yahoo.it

Riassunto
Per il calcolo geodetico di grandi reti di stazioni permanenti GNSS, in particolare quando la gestione di queste non rispetti gli standard internazionali, è necessario predisporre l'archivio dati, rilevando e correggendo i frequenti errori formali e le eventuali criticità dei singoli file.
Per svolgere questa onerosa operazione è stata quindi sviluppato un pacchetto di *scripts* in ambiente Linux, scritti nel linguaggio *Perl*, in grado di riordinare un qualunque archivio dati, separando i files corrotti da quelli pronti per il processamento geodetico, e fornire per esso una completa analisi statistica. Mediante il pacchetto presentato è possibile ottenere automaticamente i files ancillari necessari ai software di calcolo, identificando inoltre gli eventuali errori formali presenti negli *header* dei RINEX che possano rivelarsi compromettenti per l'elaborazione e correggendoli poi nel modo più automatizzato possibile.

Abstract
The geodetic calculation of a network of GNSS permanent station need a tidy and formally correct dataset. This condition is not ever verified and, especially for locally managed networks, the international sharing standard formats are often not complied.
The need to know the status of the dataset, and in case rectify it, brought to the implementation of a software package made of several *perl script*s.
This software allow to prepare the dataset for geodetic calculation, isolating corrupted files, reordering the RINEX-set, seeking formal errors in the headers and semi-automatically rectifying them. It's also provided a complete and summarized de*script*ion of the network having produced the files of the dataset.

1. Introduzione

Al giorno d'oggi il grande numero di stazioni permanenti GNSS installate, anche sul territorio italiano, permette di disporre di enormi moli di dati. Parallelamente sono notevolmente aumentate le potenzialità di calcolo, sia grazie alla disponibilità di calcolatori di altissime prestazioni, sia grazie a nuove strategie di elaborazione come il PPP (*Precise Point Positioning*) (Blewitt, 2008).
Il calcolo geodetico di una rete di stazioni permanenti GNSS, qualunque sia la strategia adottata, necessita la conoscenza certa di informazioni relative alla strumentazione effettivamente montata su ogni singola stazione in ogni periodo della sua attività: modello di ricevitore montato, modello di antenna ed eventuale DOME, offset dell'antenna rispetto al punto oggetto di misura. Si rende inoltre necessaria la conoscenza delle coordinate approssimate della stazione, se pur con precisioni metriche. Lo standard internazionale di gestione delle stazioni permanenti GNSS prevede di racchiudere queste informazioni in *log-files*, messi poi a disposizione da parte del gestore. Questa pratica viene però spesso disattesa, in particolare nel caso di reti locali. Le stesse informazioni dovrebbero poi, sempre secondo standard condivisi, essere presenti anche nelle intestazioni dei

RINEX (Receiver INdependent EXchange format), ed è pertanto possibile redigere i files ancillari necessari ai software di calcolo basandosi proprio sugli *header* dei files che compongono l'archivio, ammesso che le informazioni in essi contenuti siano corrette.

2. Struttura del pacchetto software.

Alcune ricerche recenti hanno richiesto il calcolo di grandi reti di stazioni permanenti (sia in termini di numero di stazioni che di intervallo temporale) di cui la maggior parte non provvista di *log-file*.
Si è dunque sentita l'esigenza di disporre, per un qualsiasi archivio di dati da elaborare, di una descrizione completa e particolareggiata dello stesso. Data la mole di files da analizzare è stato sviluppato *ad hoc* per questo compito un pacchetto di *scripts* in grado di svolgere il compito in maniera rapida ed automatizzata. Il pacchetto, denominato PAT-NET_GNSS (*Pre Analysis Tool for NETwork of GNSS stations*), è stato sviluppato in ambiente *Linux* avvalendosi del sempre più diffuso linguaggio di programmazione *Perl*, e si compone di tre principali ordini di *scripts*: un primo si occupa di leggere ogni file dell'archivio, estrapolarne i dati necessari e riorganizzare l'intero archivio predisponendolo così al successivo calcolo geodetico.
Un secondo *script* fornisce una completa analisi descrittiva dell'archivio ed effettua una serie di controlli formali sul contenuto degli *header* dei RINEX, producendo inoltre alcuni files ancillari necessari ai software di calcolo.
Sono infine disponibili alcuni *scripts* che rendono possibile correggere in modo rapido l'archivio dati sulla base degli eventuali errori individuati.
PAT-NET_GNSS è stato sviluppato per precedere un calcolo geodetico in modalità PPP, svolto col software GIPSY-OASIS II, il quale ha esigenze leggermente differenti da quelli dei classici software ad approccio differenziato quali il Bernese o Gamit.

3. Predisposizione dell'archivio ed estrapolazione delle informazioni.

Il primo *script*, chiamato *Analizza_archivio_1.pl*, opera decomprimendo e leggendo ogni singolo file RINEX ed estrapolando da esso dati quali: Anno e *DOY* del file, nome della stazione, versione del RINEX, *marker name* indicato nell'*header*, antenna ed eventuale *dome* installati, *offset* dell'antenna rispetto al punto misurato, modello del ricevitore montato, coordinate approssimate indicate, passo di campionamento delle epoche in secondi, numero di epoche registrate nel corpo del file. I dati sono poi salvati in una tabella che viene a costituirsi di una riga per ogni file analizzato.

Input:	
Archivio files rinex	*I files possono essere archiviati con formati di compressione diversi, disorganizzati, od anche doppi.*
Output:	
Cartella files corrotti	*Files che per qualche motivo non possono essere decompressi od aperti.*
Cartella files inconsistenti	*Files che contengono una percentuale di epoche registrate inferiore al cutoff impostato.*
Archivio files integri, corretti e standardizzati	*I files vengono ricompressi in formato hatanaka e compress-unix e riorganizzati con criterio cronologico. Negli header vengono inoltre corretti in modo automatico i marker name.*
Tabella dati estrapolati	*Viene creata una tabella in cui per ogni RINEX sono racchiuse le informazioni direttamente ottenibili dal nome del file stesso o da quanto riportato nell' header.*

Tabella 1. Prodotti dello script Analizza_archivio_1.pl.

Questo *script* si occupa inoltre di separare in diverse cartelle i files che non sia possibile decomprimere perché corrotti o che non risultino leggibili, quindi inutilizzabili e potenzialmente problematici per la procedura di calcolo geodetico, da quelli regolarmente utilizzabili.
L'utente può inoltre impostare un *cutoff*, ovvero una percentuale di epoche registrate sotto la quale il RINEX viene giudicato inconsistente, in base a cui lo *script* separa i file inconsistenti per i quali non si voglia procedere al calcolo spostandoli in una apposita cartella.
I file regolarmente decomprimibili e leggibili vengono poi ricompressi nel formato standard *hatanaka* e *compress-unix (siteDDDS.YYd.Z)*, quindi riordinati, suddividendoli per anno e DOY, in un nuovo archivio. In alcuni casi quest'ultima operazione è preceduta dalla correzione del *marker name* nell'*header* del RINEX, qualora questo non coincida coi quattro caratteri che identificano il sito nel nome del file, soddisfacendo così una delle esigenze del software GIPSY.

4. Analisi dell'archivio.
In questa fase un secondo *script*, *Analizza_archivio_2.pl*, svolge la vera e propria analisi dell'archivio basandosi sui dati grezzi estrapolati dal primo.
Per prima cosa vengono fornite informazioni basilari quali l'elenco delle stazioni permanenti che hanno prodotto i files, l'ampiezza e collocazione della finestra temporale per la quale si dispone di files, ed un primo dato statistico relativo alla percentuale di RINEX presenti nell'archivio, calcolata sul totale teorico che si avrebbe se tutte le stazioni che popolano la rete avessero fornito un file per ogni giorno del periodo considerato.
La descrizione dell'archivio è fornita poi con maggior dettaglio secondo due ordini logici: la descrizione del funzionamento di ogni singola stazione nell'intero periodo e la descrizione del funzionamento dell'intera rete per ogni singolo giorno.
Per ogni stazione vengono quindi fornite informazioni statistiche quali:

- La finestra temporale di attività della stazione: questa può non coincidere con quella dell'intera rete se la stazione è stata installata in ritardo o rimossa anticipatamente da essa.
- Gli eventuali gap, iniziale e finale, di funzionamento della stazione rispetto alle altre.
- Le quantità totali di giorni in cui ogni stazione ha registrato dati.
- La durata del periodo più lungo in cui la stazione non ha prodotto dati all'interno della finestra di attività della stessa.
- Il numero di volte in cui si è interrotto il funzionamento della stazione, a prescindere dalla durata dell'interruzione.
- La percentuale media di epoche registrate all'interno dei RINEX.

Tutte le quantità fornite sono espresse sia in giorni sia come valori percentuali.
Per ogni giorno compreso nella finestra temporale di attività della rete vengono invece forniti dati quali:

- Il numero di stazioni funzionanti e la loro percentuale.
- La percentuale media di epoche registrate dalle stazioni funzionanti e la percentuale di epoche registrate sul totale teorico possibile se tutte le stazioni avessero funzionato al 100%.

Dai dati così estratti è stato poi possibile creare dei grafici di funzionamento per ogni singola stazione che riportino la percentuale di epoche registrate in ordinata e la progressiva temporale in ascissa.
Questo secondo *script* si occupa inoltre di generare i files ancillari necessari per i software di calcolo geodetico e di effettuare alcuni controlli sulla strumentazione installata nelle singole stazioni: viene prodotto un file "station-info" formattato ad hoc per il GIPSY e contenente le informazioni relative ad antenna e DOME, mentre le informazioni relative all'offset dell'antenna ed al modello del ricevitore, che GIPSY per sua natura assume dagli *header* dei *RINEX*, vengono semplicemente sintetizzate in file di pratica leggibilità rendendo possibile all'operatore individuare le eventuali anomalie, correggibili poi direttamente all'interno dei RINEX.
Il lavoro di controllo sulla strumentazione viene svolto confrontando i nomi di antenne e ricevitori indicati nei files con i relativi elenchi diffusi dall'IGS e dal JPL, riportanti le codifiche

standardizzate con cui i modelli di strumentazione vengono riconosciuti. Pertanto se nell'*header* dei RINEX viene riportata la strumentazione con nomi non riconosciuti, quindi non riconoscibili dai software di calcolo, questi vengono segnalati permettendo ancora all'utente di verificare la natura dell'errore e procedere alla correzione.

Input:	
Tabella dati grezzi	*La tabella riportante i dati estrapolati col primo script dai RINEX dell'archivio.*
Elenchi con le nomenclature standard delle strumentazioni	*In particolare il file contenente le calibrazioni assolute delle antenne diffuso dall'IGS ed il file diffuso dal JPL che indica per ogni modello di ricevitore la strategia di decodifica del segnale.*
Output:	
Informazioni generali sull'archivio	*Numero ed elenco delle stazioni che compongono la rete, finestra temporale per la quale si dispone di dati, percentuale di rinex presenti…*
Statistiche relative alle singole stazioni	*Per ogni stazione vengono riportate le informazioni e le statistiche che permettono di interpretarne il funzionamento, con vari gradi di dettaglio.*
Statistiche relative ai singoli giorni di funzionamento della rete	*Per ogni giorno vengono riportati i dati e le statistiche che descrivono sinteticamente il comportamento della rete.*
Grafici di funzionamento delle stazioni	*Per ogni stazione viene creato un grafico riportante la percentuale di epoche registrate per ogni giorno.*
Report sulle strumentazioni	*Vengono riportate informazioni relative alle strumentazioni indicate nei rinex, alla loro conformità con le diciture standard internazionali e, nel caso delle antenne, alla disponibilità dei dati di calibrazione ad esse relativi.*
Files ancillari propedeutici al calcolo geodetico	*Vengono attualmente prodotti i files necessari al software di calcolo GIPSY-OASIS II.*

Tabella 2. Prodotti dello script Analizza_archivio_2.pl.

5. Correzione degli header dei RINEX

Quest'ultima fase di utilizzo del pacchetto PAT-NET_GNSS non può evidentemente essere svolta in modo completamente automatizzato, richiedendo l'esperienza e la sensibilità dell'utente nell'interpretare gli errori presenti negli *header* dei files analizzati. Sarà necessario avvalersi di quanto reso disponibile, generalmente sul *web*, da parte dei gestori delle stazioni per risalire agli effettivi modelli di strumentazione montati (spesso peraltro è sufficiente notare le forti similitudini tra i nomi riportati e quelli ufficiali) od agli effettivi offset applicati nell'installazione delle antenne.

Input:	
Elenco RINEX da correggere	*Forniti dagli output degli script precedentemente usati.*
Correzione da apportare	*Nome del ricevitore, dell'antenna od offset di questa da sostituire all'interno dell'header.*
Output:	
Archivio corretto	*Le correzioni vengono effettuate sull'archivio da destinare all'elaborazione sostituendo i files con omonomi egualmente compressi.*

Tabella 3. Prodotti degli script correggi_ricevitore.pl e correggi_antenna.pl.

Una volta che l'operatore abbia deciso sulla base di riscontri oggettivi, od in mancanza di questi della propria sensibilità, quali sono i dati da inserire negli *header* dei files per i quali si sono riscontrate anomalie, gli è possibile sfruttare gli *scripts* di correzione facenti parte del pacchetto software creato. I files per i quali sono state individuate anomalie sono riportati in elenchi creati dallo *script Analizza_archivio_2.pl* precedentemente utilizzato e proprio sulla base di questi, indicando la correzione da apportare, gli *scripts* di correzione procedono alla sostituzione dei dati all'interno dei RINEX già presenti nell'archivio destinato all'elaborazione.

6. Classificazione qualitativa delle stazioni GNSS

Si è infine cercato di ottenere una classificazione delle stazioni secondo un indice di qualità, automaticamente calcolato nella fase di analisi, che rispecchi l'attitudine di queste a fornire un servizio di posizionamento in tempo reale. Sono stati individuati tre parametri ritenuti fondamentali e caratterizzanti diversi aspetti:

- La percentuale di RINEX presenti all'interno della finestra di attività della stazione, escludendo quindi i due gap temporali iniziale e finale. Si fa notare di avere introdotto una percentuale di *cutoff* sulle epoche registrate in ogni singolo file, impostabile volta per volta, sotto la quale il file viene giudicato inconsistente e pertanto considerato come assente ai fini statistici, percentuale solitamente assunta pari al 15 %.
- La percentuale della finestra temporale di funzionamento della stazione sul periodo totale analizzato per l'archivio.
- La percentuale d'interruzioni nel funzionamento della stazione sul massimo delle interruzioni possibili, cioè nel caso la stazione avesse fornito dati o no a giorni alterni per l'intero periodo di attività, parametro indice del grado di frammentazione con cui vengono prodotti files, prescindendo dalla loro quantità.

I tre parametri indicati sono stati combinati con una somma pesata di questi, in cui il valore dei pesi è dato da tre coefficienti A, B e C a somma unitaria, ottenendo l'indice di qualità denominato Q:

$$Q = A * \%rinex_{ON} + B * \%finestra + C * (1 - \%interruzioni)$$

In seguito ad un lavoro empirico di calibrazione dei coefficienti sopra indicati, complicati dalla parziale ed inevitabile correlazione dei tre parametri usati, si è ritenuto opportuno adottare i valori: **A = 0,4; B = 0,4; C = 0,2**.

La classifica così ottenuta, per quanto di natura tutt'altro che rigorosa, permette all'utente di avere rapidamente cognizione di quali delle stazioni presenti nell'archivio denotino un comportamento particolarmente critico rispetto alle altre e della qualità di funzionamento di queste, considerando che un funzionamento perfetto di una stazione permanente produrrebbe un indice $Q = 100$.

L'indice di qualità Q è stato calcolato, al solo scopo di verificarne la rappresentatività, per vari archivi sui quali si è applicato PAT-NET_GNSS, ancorché relativi a reti specificamente sfruttate per un servizio NRTK. Uno di questi è relativo a 16 stazioni permanenti dell'IGS situate nel territorio italiano od in zone limitrofe. Ricordando come la rete IGS sia una fra le più utilizzate al mondo, e pertanto ottimamente mantenuta, si riporta la distribuzione del parametro Q ottenuta applicando il criterio alle 16 stazioni sopra citate, dalla quale si evidenzia una buona uniformità su valori alti di qualità.

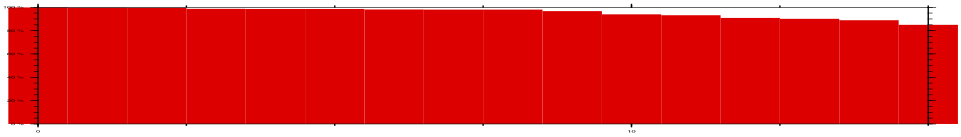


Figura 1. Distribuzione del parametro Q sulle 16 stazioni permanenti della rete IGS.

A titolo di confronto si riporta il medesimo grafico di distribuzione del parametro Q ottenuto su una rete di stazioni permanenti sita in Antartide, caratterizzata da problematiche di gestione più complesse rispetto alla rete IGS, per cui si evidenziano forti differenze di rendimento tra le diverse stazioni.

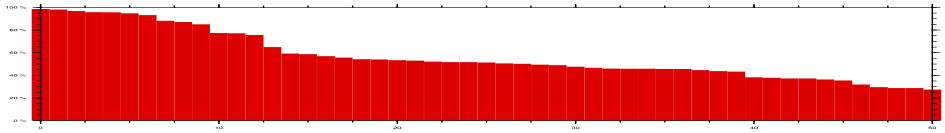


Figura 2. Distribuzione del parametro Q sulle 51 stazioni della rete antartica.

7. Conclusioni

Il pacchetto di analisi PAT-NET_GNSS presentato si è rivelato quindi un fondamentale strumento per ottimizzare i tempi di lavoro nel processo di calcolo geodetico di una rete di stazioni permanenti GNSS, diventando praticamente indispensabile qualora si voglia elaborare un archivio di dati particolarmente esteso e di cui non si conosca con precisione la natura ed il grado di completezza.
Dal punto di vista della predisposizione al calcolo dell'archivio il software si rivela particolarmente efficace nel rimuovere quei files che rischierebbero di bloccare o rallentare l'elaborazione, cosi come nella correzione degli header dei RINEX e nella redazione dei files ancillari necessari ai software di calcolo. Si fa notare come queste ultime operazioni possano essere completate solamente in modo semi automatico, continuando a richiedere l'intervento dell'operatore con le proprie conoscenze, intervento però grandemente agevolato e minimizzato dall'uso degli *scripts* sviluppati.
Si vuole rimarcare come una completa automatizzazione nella redazione dei files ancillari sarebbe possibile, e per certi software addirittura superflua, se fosse sempre garantito il rispetto, rigoroso, degli standard di condivisione dei dati internazionalmente definiti, sia in termini di completezza e correttezza formale dei RINEX che in termini di diffusione dei log-file relativi alle singole stazioni.
Il software presentato fornisce inoltre una descrizione dell'archivio tanto completa e particolareggiata quanto sintetica ed intuitiva, utile all'utente per rendersi conto, prima di aver completato il calcolo geodetico, della consistenza dei dati disponibili e dell'entità della rete elaborata.
Viene inoltre fornito un indice sintetico della qualità delle singole stazioni permanenti che descriva la loro attitudine ad essere usate per fornire un servizio di posizionamento in tempo reale, col vantaggio di poter svolgere considerazioni in merito all'efficienza della rete senza dover necessariamente svolgerne l'intero calcolo.
In altri termini l'utilizzo del pacchetto PAT-NET_GNSS prima di ogni calcolo consente all'operatore di poter disporre di un quadro statistico completo che lo può mettere in condizione di correggere o risolvere eventuali criticità prima del calcolo vero e proprio. Tale aspetto se è utile in una soluzione basata su approccio PPP diventa ancora più importante su un calcolo basato su approccio differenziato in quanto un eventuale errore grossolano commesso nella definizione di una stazione impone un ricalcolo completo dell'intera rete.

8. Bibliografia

Blewitt, G. (2008), Fixed point theorems of GPS carrier phase ambiguity resolution and their application to massive network processing: Ambizap, J. Geophys. Res., 113, B12410, doi:10.1029/2008JB005736.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato condotto all'interno del programma di ricerca di interesse nazionale PRIN2008 coordinato dal Prof. Fernando Sansò dal titolo: "Il nuovo sistema di riferimento geodetico italiano: monitoraggio continuo e applicazioni alla gestione e al controllo del territorio".

Procedure automatiche per il monitoraggio quasi real time di reti di stazioni permanenti mediante approccio Precise Point Positioning

Stefano Gandolfi, Luca Poluzzi

DICAM-ARCES, Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136, Bologna, Tel. 051-2093106, Fax 051-2093114, e-mail: stefano.gandolfi@unibo.it, poluzzi.luca@gmail.com

Riassunto

Le finalità delle reti di stazioni permanenti *GNSS*, in ambito geodetico, sono: l'erogazione di servizi di posizionamento di precisione in tempo reale, la definizione ed il monitoraggio dei sistemi di riferimento, e il controllo del territorio e delle strutture. In particolare, nei casi di monitoraggio, può essere utile disporre di un dato continuo. Il metodo di calcolo denominato Precise Point Positioning è una valida alternativa all'approccio differenziato e presenta vantaggi in termini di flessibilità, in quanto non impone correlazioni tra stazioni. Esso, così come l'approccio differenziato, consente quindi il calcolo in quasi tempo reale di una qualsiasi rete di stazioni *GNSS*. In questo lavoro si intende mostrare una procedura, realizzata ad hoc completamente automatica in grado di elaborare grandi reti di stazioni permanenti con ritardo giornaliero o settimanale e precisioni centimetriche sulla singola stima. Tale procedura può essere riassunta in 4 macrofasi: prelievo dati (download dati GNSS e file ancillari), pre-analisi (valutazione consistenza del *dataset* e individuazione di eventuali errori di natura formale), processamento, post-trattamento (la conversione in diversi sistemi di riferimento o di coordinate, individuazione e successiva rimozione di eventuali *outlier* nell'ipotesi di comportamento lineare, redazione di risultati grafici). Il campione di dati utilizzati per valutare l'applicabilità della procedura in termini generali consiste in una rete GNSS costituita da 16 stazioni permanenti omogeneamente distribuite sul territorio italiano e zone limitrofe.

Abstract

The purposes of the permanent stations networks in geodetic context are: the provision of positioning accuracy in real time, the definition and monitoring of reference systems, and control of land and structures. In particular, in cases of monitoring, may be useful to have a continuous data. The calculation method called Precise Point Positioning is an alternative of differentiated approach and it has advantages in terms of flexibility, being devoid of constraints between the stations. As well as the differentiated approach, it allows thus the calculation in quasi real time of a network of any GNSS stations. This paper intends to show a fully automatic procedure, purpose-built, capable of processing large network of permanent stations with daily or weekly delayed and centimeter accuracy on single estimate This procedure can be summarized in 4 macro phases: collection (download GNSS data and ancillary files), pre-analysis (evaluation of consistency of the dataset and identification of possible errors of formal nature), processing, post-treatment (converting to different reference systems or coordinates, identification and subsequent removal of potential outliers in case of linear behavior, drafting of graphical results). The data sample used to evaluate the applicability of the procedure, is constituted by a geodetic network of 16 GNSS permanent stations evenly distributed over the Italian territories and neighbors.

1. Introduzione

Il numero sempre crescente di stazioni permanenti *GNSS*, ma soprattutto la grande reperibilità dei relativi dati, unita ad un loro elevato grado di aggiornamento, stanno portando all'espansione dell'impiego di tali dati a ambiti di natura differente. Al fine di poter gestire tali infrastrutture in modo pieno, è necessario automatizzare il processo di elaborazione del dato. Per questo motivo è stata realizzata una procedura automatica che esegue tutte le fasi di trattamento dati. L'elaborazione dei dati *GNSS* avviene storicamente utilizzando un approccio differenziato, ma, a partire dalla fine degli anni novanta, è in grande ascesa un diverso tipo di elaborazione noto con il nome di *Precise Point Positioning* (*PPP*) basato su un approccio non differenziato e sviluppato inizialmente dal *Jet Propulsion Laboratory - NASA* (Zumberge et al., 1997). Tale approccio consente di ottenere la posizione del singolo ricevitore a posteriori, utilizzando in blocco osservazioni di fase e di codice non differenziate e orbite precise (dotate di accuratezza centimetrica). Per ridurre ulteriormente la dispersione delle soluzioni, viene inoltre eseguita nella fase successiva al calcolo, una operazione di inquadramento della rete mediante l'utilizzo di stazioni permanenti già note nel sistema di riferimento utilizzato. Per questo motivo il *PPP* si può considerare un approccio ottimale in un contesto di monitoraggio in quasi real-time (Gandolfi et al. 2005, Gandolfi 2009).
In questo lavoro si vuole presentare una procedura completamente automatica, la quale concatena una sequenza di operazioni che permettono di ottenere le serie temporali di ciascuna stazione permanente posta sotto controllo in formato numerico e grafico. Tale procedura è stata realizzata interamente in ambiente Linux, in quanto tale sistema operativo presenta notevoli vantaggi tra i quali la possibilità di utilizzare molteplici pacchetti *open-source* e sfruttare al meglio le risorse hardware (multi processore) grazie alla creazione di script *ad-hoc* che consentono la parallelizzazione dei processi. I suddetti *scripts* sono redatti gran parte in linguaggio *Perl*, ma anche in *C-shell* e *Fortran* e si servono del pacchetto *GIPSY OASIS II* (prodotto dalla *Jet Propulsion Laboratory - NASA*) per l'elaborazione del dato *GNSS* con approccio *PPP*.

2. Schema generale

Lo schema base della procedura si può riassumere in 4 macrofasi evidenziate in figura 1.

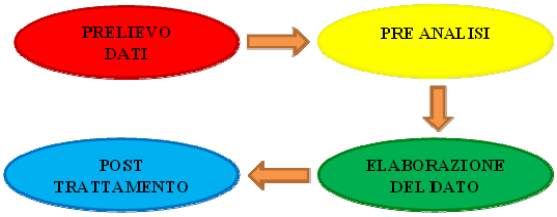


Figura 1. Macrofasi della procedura automatica di elaborazione di una rete GNSS.

Di seguito, brevemente si riportano, per ciascuna fase, le principali azioni svolte:

Fase I. **Prelievo Dati**: In questa fase viene eseguito il download di tutti i file *GNSS*, i file delle orbite (precise e rapide). Ogni singola azione presenta diversi livelli di controllo in grado, in modo automatico, di segnalare al gestore tramite e-mail eventuali errori nel processo.

Fase II. **Pre-Analisi**: in questa fase viene eseguita una valutazione in termini di consistenza del *dataset* acquisito. In particolare vengono effettuate alcune verifiche di congruenza dei file per appurare errori di natura formale potenzialmente critici per l'elaborazione. E' poi possibile a posteriori correggere le incongruenze creando un nuovo archivio omogeneamente costruito secondo gli standard internazionali sia dal punto di vista dell'architettura di archiviazione sia per quanto attiene il formato (STAZ*DOYS.YY*d.Z). Inoltre in questa fase è possibile anche ottenere dati statistici dell'archivio considerato.

Fase III. **Elaborazione del dato**: rappresenta il fulcro dell'intera procedura e consiste nell'elaborazione dei dati *GNSS* con approccio *PPP* grazie all'utilizzo del pacchetto *GIPSY OASIS II*. In particolare per ogni singolo giorno viene stimata la posizione di tutti i punti della rete. Successivamente mediante una stima a sette parametri calcolata sui punti doppi è possibile inquadrare l'intera rete sul sistema di riferimento desiderato. In questo modo si ottiene una soluzione finale. Se la rete posta sotto monitoraggio è una rete utilizzata per l'inquadramento allora i *files* di trasformazione (*xfiles*) contenenti i sette parametri possono essere archiviati ed applicati direttamente a qualsiasi altra soluzione PPP di una qualsiasi altra rete all'interno del perimetro della rete di inquadramento anche se quest'ultima non contiene stazioni di inquadramento (figura 2).

Fase IV. **Post-Trattamento**: tale fase è costituita da una serie di procedure che consentono di ottenere a partire da soluzioni giornaliere di rete in un sistema geocentrico cartesiano le serie temporali e risultati grafici per ciascuna stazione posta in analisi. In particolare per ciascun sito le coordinate di ogni giorno vengono convertite anche in geografiche e geodetiche locali. Inoltre vengono individuati e successivamente rimossi eventuali *outliers* nell'ipotesi di comportamento lineare della serie temporale. Infine vengono redatti i risultati grafici mediante il software *Generic Mapping Tools*.

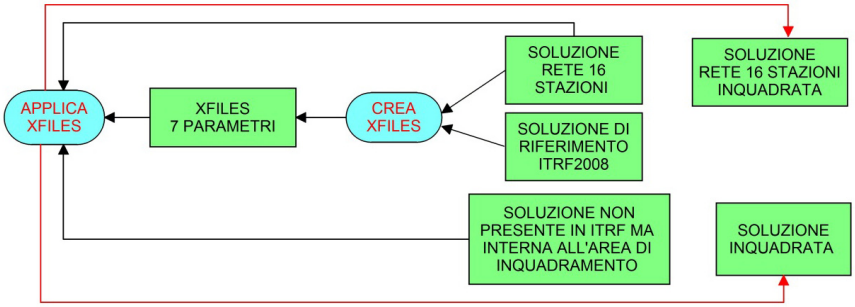


Figura 2. Schema del processo di realizzazione di applicazione di xfiles contenenti i parametri di trasformazione per il passaggio al sistema di riferimento desiderato.

3. Implementazione della procedura ad un caso reale per monitoraggio di precisione e in tempo quasi reale

Lo schema esposto in paragrafo 2 può avere molteplici impieghi: esso infatti può funzionare sia utilizzando orbite precise sia utilizzando orbite rapide, tuttavia, a causa della necessità di dover disporre dei file di calibrazione degli orologi, non è possibile impiegare le orbite ultra rapide che consentirebbero un vero e proprio monitoraggio in real-time. Nell'ipotesi di valersi di orbite fornite dal *JPL* è anche possibile, in fase di elaborazione del dato *GNSS,* applicare la procedura per la risoluzione dell'ambiguità iniziale di fase, che induce un miglioramento particolarmente visibile nella componente *est*. Per quanto riguarda l'impatto delle orbite, l'utilizzo di quelle precise rispetto alle rapide è veramente modesto ma formalmente più corretto e dunque al fine di non dover attendere le soluzioni 14 giorni (tempo di ritardo nell'erogazione delle orbite precise da parte del *JPL*) è stata realizzata una procedura unica che applica a *dataset* diversi, lo stesso processo indicato precedentemente. Una prima procedura viene eseguita con cadenza giornaliera: essa utilizza i dati scaricati (*files Rinex* e orbite rapide), producendo quotidianamente soluzioni con un solo giorno di ritardo. Gli stessi dati vengono poi rielaborati con cadenza settimanale e 16 giorni di ritardo utilizzando però le orbite precise (Figura 3). Tali procedure consentono un monitoraggio quasi in tempo reale con successivo affinamento al momento della disponibilità delle orbite precise.
Sia nella elaborazione con orbite rapide che con quella con orbite precise vengono stimati i parametri di trasformazione per l'inquadramento nel sistema di riferimento desiderato.

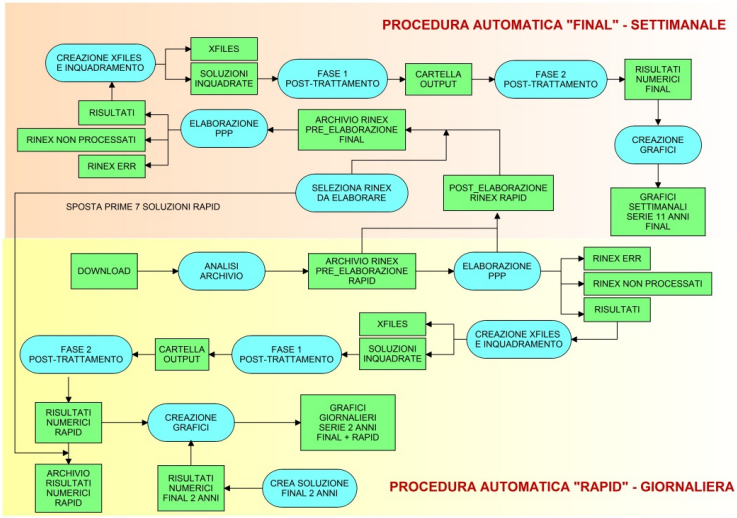


Figura 3. Schema dettagliato delle procedure automatiche, con le relative cartelle (verdi) e script (azzurro) operanti.

4. Applicazione alla rete di inquadramento IGS/ITRF

Una volta creato il motore della procedura automatica, si è scelto di testarla su una rete di inquadramento IGS/EUREF costituita da 16 stazioni permanenti omogeneamente distribuite sul territorio italiano e in zone limitrofe come mostrato in Figura 4. Tutte le stazioni considerate sono anche quelle utilizzate per l'inquadramento della Rete Dinamica Nazionale (RDN) che ha permesso la istituzione del Nuovo Sistema geodetico nazionale in ETRS89 – ETRF00 epoca 2008.0.

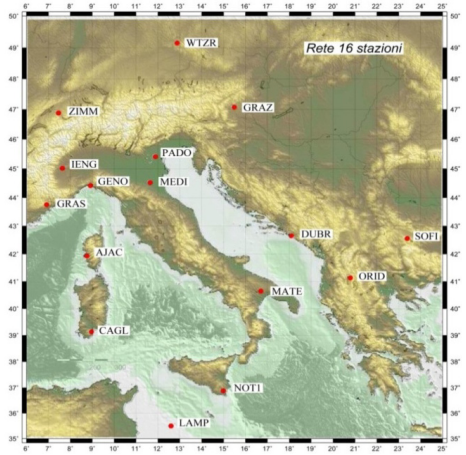


Figura 4. Rete GNSS utilizzata per la sperimentazione.

5. Prodotti finali

I prodotti finali di tale procedura sono file contenenti serie temporali per ciascuna stazione in tre sistemi di riferimento (geocentriche, geografiche e geodetiche locali) suddivisi tra soluzioni statisticamente accettate sotto l'ipotesi di andamento lineare e soluzioni rigettate. Tali serie temporali vengono poi rappresentate in modo grafico su file *Post Script* e *Pdf* per consentire una agevole lettura. La differenza sostanziale tra le due procedure sta nel fatto che in quella giornaliera, viene elaborata una serie temporale poco estesa contenente la soluzione finale relativa ad un periodo inferiore a due anni e nella quale viene concatenata la soluzione con orbite rapide degli ultimi giorni mancanti. Nella procedura settimanale vengono invece calcolate le serie temporali complete e definitive, vale a dire quelle elaborate con orbite precise.

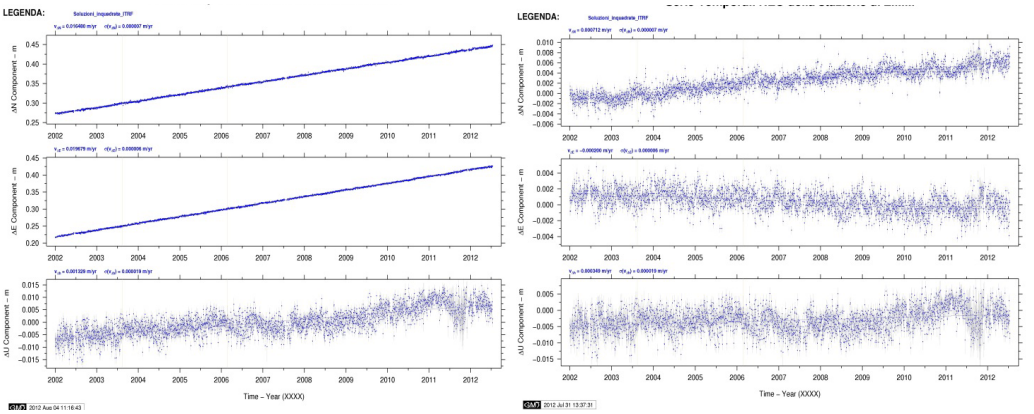


Figura 5. Procedura settimanale con orbite Precise,
Serie temporali della stazione di Zimmerwald nel sistema ITRF (sinistra) ed ETRF(destra).

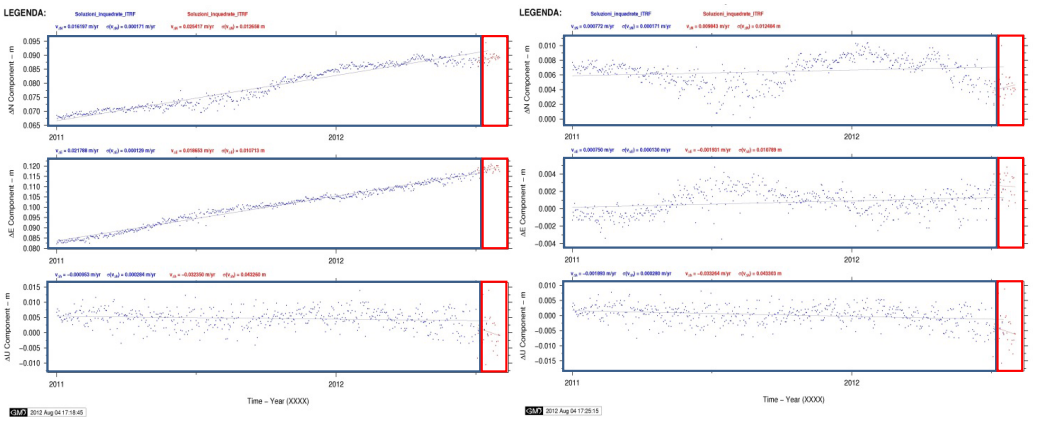


Figura 6. Procedura giornaliera, Serie temporali della stazione di Padova nel sistema ITRF (sinistra) ed ETRF(destra) – Soluzione evidenziata in blu: orbite Precise,
Soluzione evidenziata in rosso: orbite Rapide.

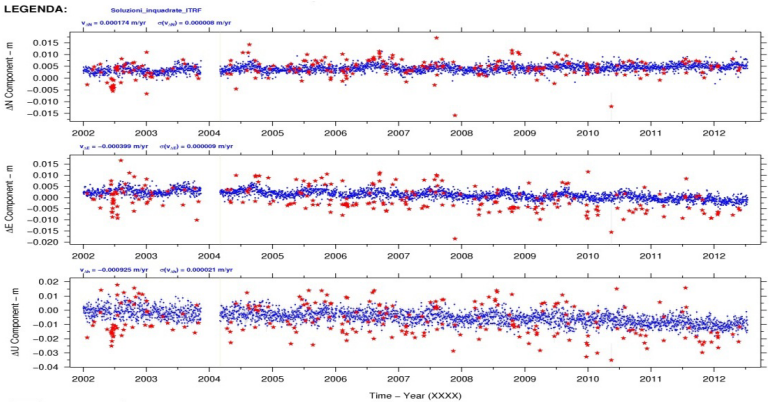


Figura 7. Procedura settimanale con orbite Precise,
Serie temporale comprensiva degli outliers (punti rossi) della stazione di Cagliari.

6. Conclusioni

È stata presentata una procedura completamente automatica che permette di ottenere soluzioni giornaliere con orbite rapide e soluzioni settimanali con orbite precise di una rete di stazioni permanenti GNSS. Tale procedura scritta in linguaggio *Perl* e sviluppata in ambiente Linux si avvale come codice di calcolo per l'elaborazione del dato GNSS, del pacchetto software *GIPSY OASIS II* sviluppato al *JPL* (*NASA*) e, per quanto attiene i risultati grafici del pacchetto *Generic Mapping Tools* (*GMT*). Il campione di dati utilizzati per valutare l'applicabilità della procedura in termini generali consiste in una rete GNSS costituita da 16 stazioni permanenti facenti parte dell'ITRF e omogeneamente distribuite sul territorio italiano e zone limitrofe. La possibilità di utilizzare tali procedure in ambito di monitoraggio ha richiesto un calcolo (con le stesse modalità seguite per lo sviluppo della procedura automatica) di un set consistente di dati. Quindi in tale ottica, i dati delle 16 stazioni permanenti sono stati elaborati per una finestra complessiva di 11 anni. Tale elaborazione ha consentito di valutare i livelli di precisione ed accuratezza ottenibili e dunque individuare il campo di applicabilità del metodo ai fini del monitoraggio. In questa fase di studio sono stati valutati differenti approcci o tipologie di soluzione. L'applicazione dei parametri di trasformazione di similitudine è risultata efficace già con quelli direttamente forniti dal *JPL* ed ulteriormente migliorativa usando parametri di trasformazione regionali calcolati *ad-hoc* per l'area monitorata.

7. Bibliografia

- Gandolfi S., Gusella L., Milano M., 2005, Precise Point Positioning: studio sulle accuratezze e precisioni ottenibili, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini (ISSN 0006-6710)*, 4, 2005, 227-253.
- Barbarella M., Gandolfi S., Zanutta A., Cenni N., Ricucci L., 2008, Confronto di codici di calcolo per l'inquadramento di reti di stazioni permanenti per il posizionamento in tempo reale, *Atti 12ª Conferenza Nazionale ASITA (ISBN 978-88-903132-1-9), L'Aquila,21-24 ottobre2008*, pp. 281-286.
- Gandolfi S., 2009, L'approccio non differenziato (Precise Point Positioning) nel calcolo di posizioni mediante sistemi GNSS, Bollettino SIFET (*ISSN 1721-971X*), 2009, 1, 121-137
- Zumberge J.F., Helfin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., Webb F.H., 1997. Precise point positioning for efficient and robust analysis of GPS data from large networks. Journal of Geophysical Research, 102, 5005–5017.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato condotto all'interno del programma di ricerca di interesse nazionale PRIN2008 coordinato dal Prof. Fernando Sansò dal titolo: "Il nuovo sistema di riferimento geodetico italiano: monitoraggio continuo e applicazioni alla gestione e al controllo del territorio".

Griglie di dati GOCE calcolate tramite l'approccio space-wise

Andrea Gatti (*), Federica Migliaccio (**), Mirko Reguzzoni (**), Fernando Sansò (*)

(*) DIIAR, Politecnico di Milano, Polo Territoriale di Como, Via Valleggio 11, 22100 Como, Italy
(**) DIIAR, Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italy

Riassunto
L'obiettivo principale della missione satellitare GOCE dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) è la stima del campo gravitazionale terrestre con elevata accuratezza e risoluzione spaziale. Questa stima è solitamente espressa come una serie troncata di armoniche sferiche. Agli utenti vengono forniti i coefficienti della serie e la descrizione dell'errore di stima. Questo modello, propagando il potenziale incognito su una base globale finito-dimensionale e richiedendo inevitabilmente un certo grado di regolarizzazione, potrebbe essere meno informativo delle osservazioni originali in alcune aree geografiche. D'altra parte le osservazioni lungo orbita sono più complicate da usare, principalmente perché non sono filtrate, sono acquisite a diverse altezze, con diversi assetti e non hanno una distribuzione spaziale regolare. Un compromesso tra questi due tipi di dato, ovvero tra il modello globale e le osservazioni originali, è rappresentato da griglie di dati (ad esempio, valori delle derivate seconde radiali del potenziale gravitazionale) all'altezza media del satellite.
L'approccio space-wise è uno dei tre metodi ufficiali sviluppati per conto dell'ESA allo scopo di analizzare i dati GOCE. Una delle sue principali caratteristiche consiste nell'applicazione del metodo della collocazione per il calcolo di griglie sferiche di potenziale e delle sue derivate seconde all'altezza del satellite. Per questo motivo il metodo è stato ufficialmente selezionato all'interno della High-level Processing Facility per produrre griglie di dati GOCE da distribuire agli utenti come soluzione alternativa al modello globale in armoniche sferiche.

Abstract
The main goal of the ESA-GOCE satellite mission is the estimation of the Earth gravity field with high accuracy and spatial resolution. This estimate is usually represented by a truncated series of spherical harmonic functions. The series coefficients and their error standard deviations (or as in the case of GOCE, the complete covariance matrix of the errors) represent the datasets generally provided to the users. However this model, being obtained by propagating the unknown potential onto a global finite-dimensional basis and inevitably requiring a certain amount of regularization, could be less informative than the original observations over certain geographical areas. On the other hand, observations along orbit are more difficult to use, mainly because they are not filtered and are acquired at different heights and with different satellite attitude, and do not have a regular spatial distribution. A good compromise between these two types of data, a global model and original observations, is represented by gridded data (e.g. values of second radial derivatives of the gravitational potential) at mean satellite altitude.
The space-wise approach, being one of three "official" methods developed for GOCE data analysis and supported by ESA, is basically characterized by the application of collocation to compute spherical grids of gravitational potential values and of its second derivatives at satellite altitude. That is why this method has been selected within the GOCE High–level Processing Facility (HPF) to compute gridded data to be distributed to the scientific users as alternative to global spherical harmonic models.

Nuovi prodotti dalle osservazioni GOCE

L'estensione del periodo operativo della missione GOCE (Drinkwater et al., 2003) fino alla fine del 2012 ha portato alla richiesta, da parte dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), di proseguire con le attività della GOCE High-level Processing Facility (HPF) (Rummel et al., 2004): analisi dei dati e produzione di modelli del campo gravitazionale terrestre sempre più raffinati.
Durante la fase nominale della missione erano già state rilasciate tre diverse serie di modelli GOCE derivati tramite i tre approcci ufficiali: diretto, time-wise e space-wise (Pail et al., 2011).
Per la fase di missione "estesa" l'ESA ha deciso di differenziare i prodotti che saranno rilasciati agli utenti scientifici. In particolare, uno dei nuovi output sarà rappresentato da griglie di gradienti gravitazionali calcolati dalle osservazioni GOCE tramite l'approccio space-wise (Migliaccio et al., 2004; Reguzzoni & Tselfes, 2009) del Politecnico di Milano: tale approccio, basato sul principio della collocazione (Sansò, 1986), si presta particolarmente bene per la stima di queste griglie.
Attualmente, tramite l'approccio space-wise possono essere prodotte griglie di valori del potenziale T e delle derivate seconde radiali T_{rr}, con passo del grigliato 0.5° × 0.5°, e stime degli errori basate su simulazioni Monte Carlo (Migliaccio et al., 2009). Per dare un'idea della qualità di queste griglie di dati, la deviazione standard dell'errore predetto per la componente T_{rr}, calcolata in base a 500 campioni Monte Carlo, è pari a 0.9 mE per una latitudine $|\varphi| < 80°$ (si veda anche la Fig. 1).

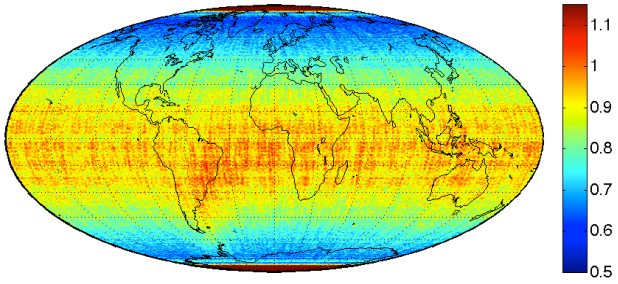


Figura 1. Deviazione standard dell'errore di Trr (basato su 500 campioni Monte Carlo); i valori sono in milliEotvos.

Vantaggi del contenuto informativo delle griglie di gradienti GOCE

Ci sono diverse ragioni per le quali può essere considerato particolarmente vantaggioso poter lavorare con griglie di dati derivati da osservazioni del satellite GOCE.

In primo luogo, esse rappresentano un buon compromesso fra contenuto informativo e facilità di utilizzo per le applicazioni scientifiche. Infatti, se da un lato i modelli globali danno la possibilità di derivare (attraverso procedimenti di sintesi armonica) valori del potenziale o di suoi funzionali in ogni posizione sulla o sopra la superficie terrestre, il fatto che tali modelli siano descritti tramite una base finita di funzioni armoniche globali e il fatto che nel loro calcolo vengano introdotti metodi di regolarizzazione (Tikhonov & Arsenin, 1977; Metzler & Pail, 2005) potrebbe renderli meno informativi dei dati originali. D'altra parte, le osservazioni sono di per sé i dati più informativi che abbiamo a disposizione, ma non sono filtrate e sono acquisite a diverse quote e con diversi angoli di assetto, mostrando quindi una distribuzione spaziale non regolare.

Un secondo vantaggio delle griglie ad alta risoluzione è che esse possono ben rendere conto delle differenti risoluzioni spaziali dei dati, in dipendenza della densità spaziale delle osservazioni raccolte dal satellite (si veda l'esempio della Fig. 2). Modelli globali di grado più elevato comporterebbero un più elevato livello di regolarizzazione, mentre griglie ad alta risoluzione accompagnate dalla deviazione standard dell'errore possono meglio rappresentare le osservazioni, cioè i dati originali.

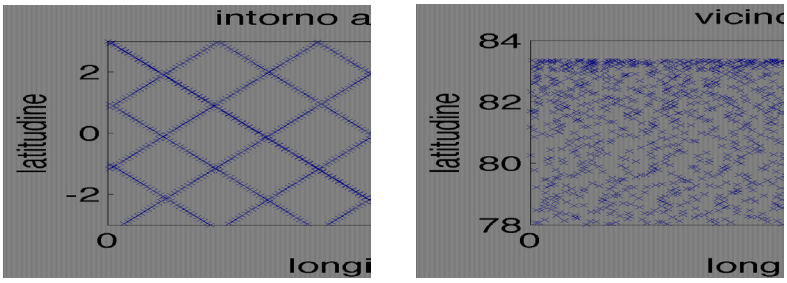


Figura 2. Esempio di distribuzione dei dati GOCE, basato sul data set acquisito durante i primi due mesi di missione.

In terzo luogo, le griglie possono permettere di recuperare informazione dove il rapporto segnale rumore ad alta frequenza (per gradi armonici maggiori di 240) è localmente elevato a causa di importanti strutture geofisiche. Si veda come esempio la Fig. 3, dove sono indicate le zone con rapporto segnale rumore superiore a 1 (in totale, il 3.5% dei dati raccolti da GOCE).

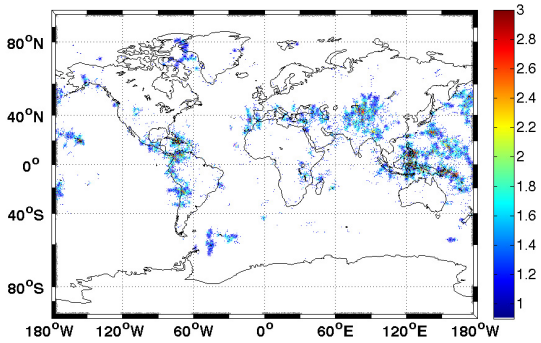


Figura 3. Zone con rapporto segnale rumore superiore a 1.

Algoritmi aggiornati per il calcolo delle griglie

All'interno della procedura space-wise è naturalmente prevista la stima di griglie locali di valori del potenziale o di sue derivate seconde. Questa è dunque, per così dire, una caratteristica intrinseca del metodo di analisi dei dati GOCE sviluppato presso il Politecnico di Milano. Tuttavia, per rendere il software particolarmente adatto alla stima di griglie di valori di T, T_{rr}, T_{NN} oppure T_{EE}, è stato necessario procedere all'aggiornamento degli algoritmi e allo sviluppo di nuove routine. Si ricordi inoltre che, sempre per quanto riguarda il *gridding*, a causa dell'elevatissima quantità di dati acquisiti da GOCE, un'unica procedura di collocazione non è computazionalmente fattibile. Si deve dunque procedere applicando la collocazione su aree locali di dati.

La definizione di un modello di covarianza ottimale e computazionalmente accettabile ha richiesto uno sforzo significativo: quello utilizzato in precedenza (Tscherning, 1993), essendo basato sulle *degree variances*, forniva infatti una stima troppo grezza della matrice di covarianza del segnale. In definitiva si è scelto un modello basato sulle covarianze a blocchi dei coefficienti armonici raggruppati per ordine; tale modello è stato poi approssimato utilizzando le sole varianze dei coefficienti "adattate localmente" per ridurre l'onore computazionale.

A parte la modellazione della covarianza, sono stati sviluppati altri miglioramenti per l'approccio space-wise, in vista della produzione delle griglie di dati GOCE. In particolare, è stato perfezionato

il *pre-processing* dei dati, è già stato implementato il software per il *gridding* tramite collocazione che lavora con il nuovo modello di covarianza ed infine sono in corso di aggiornamento una serie di modifiche algoritmiche che consentiranno di migliorare e ottimizzare le prestazioni di calcolo.

Nuove griglie di dati GOCE calcolate con l'approccio space-wise

Le griglie che saranno rese disponibili con la quarta generazione di prodotti GOCE, insieme ai modelli globali di geoide, saranno di due tipi:

- Griglie alla quota media del satellite, calcolate dal Politecnico di Milano (POLIMI) a partire da soli dati GOCE e rappresentative dei dati originali acquisiti lungo l'orbita. Il loro vantaggio sarà rappresentato dal fatto che esse saranno disponibili (rispetto ai dati originali) in un formato più facilmente utilizzabile dagli utenti scientifici e con un livello di errore molto più basso. Le griglie saranno fornite con la matrice di covarianza dell'errore.
  Le caratteristiche di queste nuove griglie rilasciate agli utenti saranno le seguenti: la risoluzione sarà aumentata a 0.2° x 0.2° e saranno rese disponibili anche altre componenti dei gradienti della gravità (ad es. T_{NN} e T_{EE}) oltre alla più comune derivata seconda radiale T_{rr}.

- Griglie (quasi) al livello del suolo, calcolate dall'Università di Copenhagen (UCPH) a partire da dati GOCE combinati con dati GRACE e dati di gravimetria nelle regioni polari. In tal modo queste griglie saranno dei prodotti immediatamente utilizzabili per applicazioni geofisiche. Queste griglie saranno fornite con le varianze dell'errore di stima.
  Le caratteristiche di queste griglie saranno le seguenti: alta risoluzione spaziale ($6' \times 6'$) e quota di riferimento fissata pari a 10 km. Le griglie saranno formate da valori di anomalie di gravità Δg, da derivate seconde radiali T_{rr}, eventualmente da alcune derivate seconde "orizzontali" quali T_{NN} e T_{EE}.

Riportiamo nelle Fig. 4 e Fig. 5 alcuni esempi di griglie ad alta risoluzione calcolate da POLIMI con la procedura aggiornata basata sull'approccio space-wise.

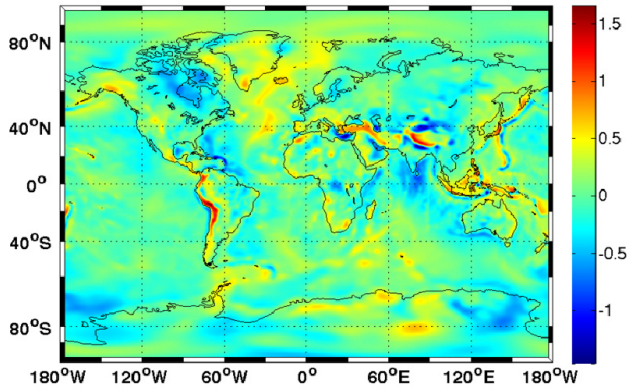


Figura 4. Griglia di dati di Trr calcolata a partire da osservazioni GOCE; i valori sono in Eotvos.

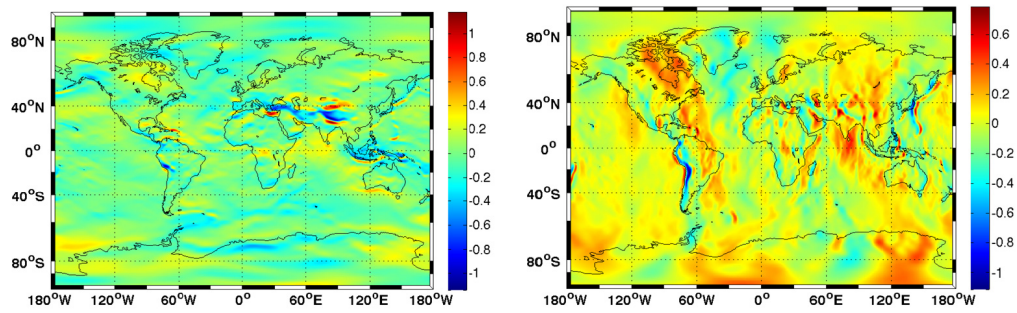


Figura 5. Griglie di dati di T_{NN} e T_{EE} calcolate a partire da osservazioni GOCE; i valori sono in Eotvos.

Conclusioni

Con la quarta *release* ufficiale di dati GOCE da parte dell'ESA, saranno resi disponibili agli utenti anche prodotti diversi rispetto ai modelli globali di gravità in armoniche sferiche che erano stati finora rilasciati. I nuovi prodotti saranno calcolati all'interno della procedura di analisi dati basata sull'approccio space-wise, e saranno rappresentati da griglie di valori del potenziale e di alcune sue derivate seconde.

Per questo motivo, l'approccio space-wise è stato riadattato e migliorato proprio per renderlo ancora più adatto al calcolo delle griglie, ed in particolare per modellare meglio ed in modo locale la covarianza del segnale all'interno della procedura di collocazione. In questo modo si potrà tenere conto delle differenti caratteristiche del segnale o delle diverse densità delle osservazioni alle diverse latitudini.

Le nuove griglie di dati GOCE potranno costituire una valida alternativa ai dati grezzi ed ai classici modelli globali del campo della gravità terrestre, presentando un contenuto altrettanto informativo e una certa facilità di utilizzo per applicazioni geofisiche e di oceanografia.

Riferimenti bibliografici

Bruinsma S.L., Marty J.C., Balmino G., Biancale R., Förste C., Abrikosov O. & Neumayer H. (2010). GOCE gravity field recovery by means of the direct numerical method. In: *Proc. of the ESA Living Planet Symposium*, Bergen (Norway), ESA SP-686, ISBN 978-92-9221-250-6, ISSN 1609-042X.

Drinkwater M.R., Floberghagen R., Haagmans R., Muzi D. & Popescu A. (2003). GOCE: ESA's First Earth Explorer Core Mission. In: *Earth gravity field from Space - from sensors to Earth Science*, Beutler G. et al. (eds), Space Sciences Series of ISSI, vol. 17, Kluwer Academic Publishers, pp 419-432.

Mayrhofer R., Pail R. & Fecher T. (2010). Quick-look gravity field solution as part of the GOCE quality assessment. In: *Proc. of the ESA Living Planet Symposium*, Bergen (Norway), ESA SP-686, ISBN 978-92-9221-250-6, ISSN 1609-042X.

Metzler B. & Pail R. (2005). GOCE data processing: the spherical cap regularization approach. *Studia Geophysica et Geodaetica*, Vol. 49, N. 4, pp. 441-462.

Migliaccio F., Reguzzoni M. & Sansò F. (2004). Space-wise approach to satellite gravity field determination in the presence of coloured noise. *Journal of Geodesy*, Vol. 78, N. 4-5, pp. 304-313.

Migliaccio F., Reguzzoni M., Sansò F. & Tselfes N. (2007). On the use of gridded data to estimate potential coefficients. In: *Proc. of the 3rd International GOCE User Workshop*, Frascati, Rome (Italy), pp. 311-318. ESA SP-627. ISBN 92-9092-938-3, ISSN 1609-042X.

Migliaccio F., Reguzzoni M., Sansò F. & Tselfes N. (2009). An error model for the GOCE space-wise solution by Monte Carlo methods. In: *IAG Symposia, "Observing our Changing Earth"*, Sideris M.G. (ed), Vol. 133, Springer-Verlag, Berlin, pp. 337-344.

Migliaccio F., Reguzzoni M., Sansò F., Tscherning C.C. & Veicherts M. (2010). GOCE data analysis: the space-wise approach and the first space-wise gravity field model. In: *Proc. of the ESA Living Planet Symposium*, Bergen (Norway), ESA SP-686, ISBN 978-92-9221-250-6, ISSN 1609-042X.

Pail R., Goiginger H., Mayrhofer R., Schuh W.D., Brockmann J.M., Krasbutter I., Höck E. & Fecher T. (2010). Global gravity field model derived from orbit and gradiometry data applying the time-wise method. In: *Proc. of the ESA Living Planet Symposium*, Bergen (Norway), ESA SP-686, ISBN 978-92-9221-250-6, ISSN 1609-042X.

Pail R., Bruinsma S., Migliaccio F., Förste C., Goiginger H., Schuh W.D., Höck E., Reguzzoni M., Brockmann J.M., Abrikosov O., Veicherts M., Fecher T., Mayrhofer R., Krasbutter I., Sansò F. & Tscherning C.C. (2011). First GOCE gravity field models derived by three different approaches. *Journal of Geodesy*: Volume 85, Issue 11, Page 819-843.

Reguzzoni M. & Tselfes N. (2009). Optimal multi-step collocation: application to the space-wise approach for GOCE data analysis. *Journal of Geodesy*, Vol. 83, N. 1, pp. 13-29.

Rummel R., Gruber T. & Koop R. (2004). High Level Processing Facility for GOCE: Products and Processing Strategy. In: *Proc. of the 2nd International GOCE User Workshop*, ESA SP-569.

Sansò F. (1986). Statistical methods in physical geodesy. In: *Lecture Notes in Earth Sciences, "Mathematical and Numerical Techniques in Physical Geodesy"*, Sünkel H. (ed), Vol. 7, Springer-Verlag, Berlin, pp. 49-155.

Sneeuw N. & van Gelderen M. (1997). The polar gap. In: *Geodetic Boundary Value Problems in View of the One Centimeter Geoid*, Lecture Notes in Earth Sciences, Vol. 65, Springer, Berlin, pp. 559-568.

Tikhonov A.N. & Arsenin V.Y. (1977). *Solutions of ill-posed problems*. John Wiley and Sons, New York.

Tscherning C.C. (1993). Computation of covariances of derivatives of the anomalous gravity potential in a rotated reference frame. *Manuscripta Geodaetica*, Vol. 18, N. 3, pp. 115-123.

Visser P.N.A.M., van den Ijseel J., van Helleputte T., Bock H., Jäggi A., Beutler G. & Heinze M. (2010). Rapid and precise orbit determination for the GOCE satellite. In: *Proc. of the ESA Living Planet Symposium*, Bergen (Norway), ESA SP-686, ISBN 978-92-9221-250-6, ISSN 1609-042X.

Unione dei geoidi italiano e svizzero con l'utilizzo di dati GOCE: metodologia e risultati

Maddalena Gilardoni (*), Daniele Sampietro (*), Mirko Reguzzoni (**)

(*) DIIAR, Politecnico di Milano, Polo Territoriale di Como, via Valleggio 11, 22100 Como, Italia
maddalena.gilardoni@mail.polimi.it, Tel. 031.332.7529, Fax 031.332.7519
(**) DIIAR, Politecnico di Milano, piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italia

Riassunto

Geoidi locali di nazioni confinanti, oltre ad avere accuratezze e risoluzioni differenti, presentano spesso inconsistenze e/o discontinuità. Queste anomalie sono dovute principalmente ai differenti datum d'altezza utilizzati nella stima dei geoidi locali e ai possibili effetti di bordo presenti nelle aree di confine. Per alcune applicazioni ingegneristiche transfrontaliere l'unione dei geoidi nazionali è quindi necessaria; ovviamente tale unione non può basarsi su una semplice media dei due *dataset* nella zona di sovrapposizione senza tenere in considerazione i bias presenti.

Per risolvere questo problema è possibile sfruttare modelli del campo gravitazionale terrestre stimati da soli dati satellitari, come ad esempio quelli globali derivati dalle osservazioni della missione GOCE dell'Agenzia Spaziale Europea. Questi modelli, non essendo affetti da *bias* locali perché non basati su dati di gravità a terra o di *GPS-levelling*, possono infatti fornire una stima corretta delle basse frequenze dell'ondulazione del geoide (lunghezze d'onda maggiori di 100 km).

La strategia di unione proposta nel presente lavoro si suddivide in due passi: inizialmente, sfruttando il modello globale GOCE, si stimano i *bias* dei due geoidi locali con i minimi quadrati e successivamente si uniscono tali geoidi con una procedura di collocazione. Particolare attenzione è dedicata alla stima della funzione di covarianza del segnale ad alta frequenza e della matrice di covarianza dell'errore del modello GOCE a bassa frequenza.

Nello specifico la procedura è stata implementata per unire i geoidi gravimetrici italiano e svizzero: dopo aver stimato un *bias* complessivo di circa 1 m per l'Italia e di circa 0.8 m per la Svizzera, è stato calcolato tramite collocazione un unico geoide italo-svizzero *unbiased* con un'accuratezza stimata dell'ordine di qualche centimetro. La prima applicazione di questo nuovo geoide, denominato GISgeo2012a (GOCE, *Italian and Swiss geoid*) sarà nell'ambito del progetto helidem (*Helvetia-Italy Digital Elevation Model*) per la produzione di un modello digitale del terreno unificato in quote ortometriche.

Abstract

Neighbouring countries often have national geoids that do not fit to each other, typically showing a discontinuity along the border. This is mainly due to the different height datum used, producing biased local geoids which can also have different accuracies and spatial resolutions. In addition, each local geoid has its own border effects causing unwanted features. In some applications, for instance in case of international civil engineering, a merging between two neighbouring geoids is necessary. Obviously this procedure cannot be done by simply averaging overlapping areas, completely disregarding biases.

To solve this problem the availability of a global geoid coming from satellite data, such as one of the GOCE models or a GOCE-GRACE combined model, can be of great importance. These models in fact are not affected by local biases (local reference systems) since they do not make use of any ground gravity data or levelling. Basically this means that these models can provide the long wavelengths of the resulting merged geoid, in this way removing national biases or other systematic effects. On the other hand, the short wavelengths will directly come from a combination of the available local geoids.
The implemented merging strategy is divided into two steps: firstly the biases are estimated using a least squares adjustment and secondly, after removing these systematic effects, the two geoids are merged using a standard collocation. Particular attention is given to the estimate of the covariance function of the high frequency signal and to the covariance matrix of the GOCE model error.
In this paper a solution to the problem is initially described from a methodological point of view and then applied to merge the Italian and the Swiss geoid: the estimated bias is of about 1 m for the Italian geoid and of about 0.8 cm for the Swiss one. A merged geoid with an accuracy of few centimetres has been computed by collocation. The first application of this geoid, named GISgeo2012a (GOCE, Italian and Swiss geoid), will be within the interreg project helidem (Helvetia-Italy digital elevation model) for the creation of a unified (in orthometric heights) digital elevation model along the Italian-Swiss border.

Introduzione

Come ben noto in letteratura i modelli locali di geoidi sono affetti da *bias* (Colombo, 1980; Rummel, Teunissen, 1988; Xu, 1992). Questi sistematismi possono essere dovuti a diverse cause tra cui differenze nel mareografo preso come riferimento, disomogeneità nel sistema di riferimento utilizzato ed effetti di bordo.

I modelli locali di geoide infatti si basano solitamente su misure di livellazione in combinazione con dati di gravimetria lungo le linee di livellazione stesse in modo tale da poter determinare differenze di potenziale. Il problema presenta ovviamente una deficienza di rango e per passare da differenze di potenziale a potenziale è necessario fissarne il valore in un determinato punto.

La scelta del punto e del valore di potenziale da fissare è sostanzialmente arbitraria ma siccome si vogliono esprimere le altezze in funzione del livello del mare, questo punto viene solitamente determinato in corrispondenza del livello medio del mare osservato da un mareografo scelto. Con tale livello medio viene definita una superficie equipotenziale del campo di gravità terrestre a cui è associato il valore di riferimento del potenziale.

Globalmente esistono differenti datum d'altezza che si riferiscono a superfici equipotenziali diverse (ogni nazione ha il suo mareografo di riferimento, caposaldo di partenza per la rete di livellazione nazionale), e in molti casi visualizzando i geoidi di nazioni confinanti si nota un salto lungo il confine. Questi *bias* devono essere tenuti in considerazione e opportunamente rimossi quando si vuole creare un unico geoide per più nazioni. La Figura 1 aiuta a comprendere questo concetto.

La procedura qui presentata si avvale dell'utilizzo di modelli globali di gravità *satellite-only* per la stima di questi *bias*. Tali modelli sono omogenei sia per tipo di dato osservato (il metodo di acquisizione è uniforme) sia per distribuzione spaziale che non dipende dalla topografia; inoltre non utilizzando misure di gravità a terra, possono essere considerati privi di *bias* (Gatti et al., 2012; Gerlach, Rummel, 2012).

La procedura presentata per fondere geoidi locali è divisa in due parti. La prima consiste in una stima ai minimi quadrati dei *bia*s presenti nei due geoidi e la seconda in una procedura di collocazione standard per la fusione dei due geoidi, ora privi di *bias*, in un'unica soluzione locale sull'area di confine.

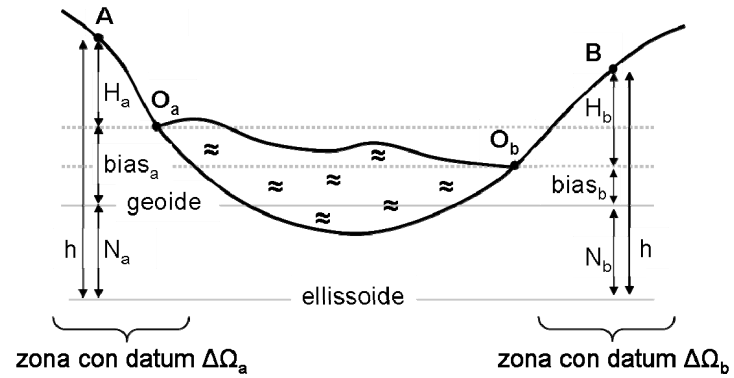


Figura 1. Relazione fra ondulazione del geoide (N), altezza ellissoidica (h) e altezza ortometrica nella zona con datum $\Delta\Omega_a$ (H_a) e $\Delta\Omega_b$ (H_b) per i due capisaldi A e B. La linea tratteggiata rappresenta la superficie equipotenziale passante per i punti O_a e O_b presi come origine del datum. N_a e N_b sono le corrispondenti altezze di queste superfici sopra l'ellissoide (Figura presa da Gerlach, Rummel, 2012).

Formulazione matematica del problema

I modelli di geoidi nazionali forniscono l'ondulazione del geoide per determinati punti di cui è nota la posizione (latitudine, longitudine) in un dato sistema di riferimento. Questa osservazione può essere considerata scomposta in tre termini: il valore di ondulazione vero (funzione lineare del potenziale anomalo; Moritz, 1967), un bias dovuto a tutti gli effetti presentati nel precedente paragrafo e che per semplicità in questo studio si suppone costante e l'errore d'osservazione.

I modelli globali di gravità invece forniscono una rappresentazione del campo gravitazionale tramite i coefficienti dello sviluppo in serie di armoniche sferiche del potenziale e le relative accuratezze; lo sviluppo è troncato ad un grado massimo che contraddistingue la risoluzione spaziale del modello globale. A partire dai coefficienti si può calcolare tramite una sintesi armonica il valore del potenziale anomalo, e di conseguenza l'ondulazione del geoide, in un qualsiasi punto dello spazio (Heiskanen, Moritz, 1967).

È importante notare che negli ultimi decenni diverse missioni satellitari hanno permesso di conoscere sempre meglio il campo di gravità terrestre. La missione GRACE basata sul principio del *satellite-tracking in low-low mode* (JPL, 1998) ha permesso di conoscere con precisione centimetrica i bassissimi gradi armonici del potenziale (lunghezze d'onda maggiori di circa 160 km). Successivamente il satellite GOCE, lanciato nel 2009, (Drinkwater et al., 2006) misurando le derivate seconde del potenziale tramite un gradiometro di precisione montato a bordo, ha permesso di incrementare la conoscenza anche a frequenze superiori. Questo satellite, che vola ad una quota di circa 260 km, ha permesso infatti di conoscere il geoide con un'accuratezza di 1-2 cm ad una risoluzione di 100 km. Per risoluzioni superiori l'errore di stima risulterebbe maggiore del segnale gravimetrico e di conseguenza non è sensato proseguire nello sviluppo armonico.

Alla base della procedura qui presentata sta un'analisi in frequenza dei segnali sopra descritti: il potenziale anomalo può essere scomposto in una parte a bassa frequenza (fino a grado 200 circa, che equivale a 100 km di risoluzione) e da una parte ad alta frequenza (per risoluzioni superiori).

I modelli locali, calcolati a partire da misure di gravimetria terrestre, contengono un'informazione su tutto lo spettro di frequenza mentre i modelli globali, essendo la serie di armoniche sferiche troncata a un certo grado massimo implicitamente definito dall'accuratezza e dalla risoluzione dei dati disponibili per la stima del modello, forniscono informazioni accurate solo ai bassi gradi.

Rimuovendo ad un geoide locale la componente di bassa frequenza (C_{bassa}) data da un modello globale GOCE *satellite-only* (ciò che si sottrae è la sintesi dei coefficienti da grado 0 a grado 200) si

ottiene quindi la somma del bias *b* (per definizione a bassissima frequenza), della componente di alta frequenza del geoide N_{alta} e dei vari errori di misura (errore delle osservazioni di GOCE, $e_{GOCE,}$ propagate al geoide e noise del modello locale ν):

$$N_{res} = N - N_{bassa} = b + N_{alta} + e_{GOCE} + \nu$$

Si può quindi utilizzare una procedura ai minimi quadrati per stimare il bias incognito *b* come:

$$b = \left(D^T Q^{-1} D \right)^{-1} D^T Q^{-1} N_{res}$$

$$Q = C_{N_{alta}} + C_{e_{GOCE}} + C_\nu$$

dove le osservazioni sono date dai residui (N_{res}) ottenuti come sopra, *D* è la matrice disegno la cui struttura dipende dalla forma del bias che si vuole stimare (ad esempio nel caso si voglia stimare una costante, *D* è una matrice di 1) e la matrice dei cofattori *Q* tiene in opportuna considerazione la struttura stocastica, vale a dire la matrice di varianza-covarianza, della parte ad alta frequenza del segnale ($C_{N_{alta}}$), dell'errore dei coefficienti del modello globale GOCE-*only* propagata al geoide ($C_{e_{GOCE}}$) e dell'errore del modello locale (C_ν). Quest'ultimo termine può essere ipotizzato in mancanza di ulteriori informazioni come errore bianco e la sua matrice di varianza e covarianza viene modellizzata come una matrice diagonale in cui i valori sulla diagonale sono tutti uguali alla varianza fornita da chi ha calcolato il modello. È bene precisare che questa ipotesi di rumore bianco è piuttosto forte e poco plausibile poiché nel calcolo del geoide locale a partire da dati di anomalia di gravità attraverso le tecniche classiche di geodesia fisica (Albertella et al., 1994) si creano significative correlazioni. La matrice di varianza-covarianza dell'errore di GOCE viene calcolata, nota la relazione fra coefficienti armonici e geoide, attraverso la legge di propagazione applicata alla matrice di varianza-covarianza dei coefficienti armonici fornita da chi calcola il modello globale. Infine per la parte ad alta frequenza del segnale, la matrice di varianza e covarianza può essere calcolata a partire da una funzione di covarianza stimata da un variogramma empirico calcolato dai residui dei due geoidi nella parte di sovrapposizione. Per definizione infatti il variogramma (Wackernagel, 2003) è una funzione che non risente delle costanti all'interno dei dati (i *bias* che si vogliono stimare) ed è ragionevole pensare che nella zona di sovrapposizione, a meno di una costante (il cosiddetto *nugget effect* che può essere considerato una stima della varianza dell'errore, ipotizzato bianco, del modello di geoide locale), il variogramma empirico calcolato sui residui dell'uno o dell'altro geoide abbia la stessa forma.

Una volta stimati con i minimi quadrati, i *bias* vengono rimossi da N_{res} ottenendo le componenti *unbiased* ad alta frequenza del geoide e attraverso una procedura di collocazione standard si predice la componente ad alta frequenza del nuovo geoide. Infine sommando alle stime ottenute il contributo a bassa frequenza (da grado 0 a grado 200) del modello globale GOCE-*only* si ottiene il geoide unificato nell'area di confine.

Caso di studio

La procedura descritta in precedenza è stata utilizzata per unire il geoide gravimetrico italiano ITALGEO2005 (Barzaghi et al., 2007) e quello svizzero CHGeo2004 (Marti, 2005) attraverso l'utilizzo del geoide GOCE SPW R2 (Migliaccio et al., 2011), ottenuto sintetizzando un modello di gravità globale GOCE–*only,* precisamente il modello ottenuto a partire dalle osservazioni GOCE attraverso la soluzione *space-wise* (vedi Migliaccio et al., 2004; Reguzzoni, Tselfes 2009).

La Figura 2 mostra i geoidi gravimetrici italiano e svizzero usati per la fusione nell'area di confine. Si è deciso di utilizzare i geoidi gravimetrici e non i geoidi ottenuti anche attraverso il *GPS-levelling* per non introdurre ulteriori problematiche nella combinazione dovute ad esempio al fatto che sulle osservazioni *GPS-levelling* possono essere applicate diverse correzioni ortometriche a seconda del paese. Il geoide gravimetrico italiano nell'area di interesse ha una risoluzione di 3' × 3' e ricopre un'area geografica avente la seguente estensione: 9° E, 11° E, 44.5° N e 47° N.

Il geoide gravimetrico svizzero ha una risoluzione iniziale di circa 30" × 30" ed è stato sotto-campionato per avere la stessa risoluzione del geoide italiano. I limiti dell'area in cui è fornito sono: 5.9° E, 10.5° E, 45.75° N e 47.8° N.
Il *bias* dei due geoidi è stato calcolato considerando i residui di 200 punti appartenenti al geoide svizzero e 200 punti appartenenti al geoide italiano (vedi Figura 3, immagine di sinistra). E' utile sottolineare come i punti selezionati siano contenuti all'interno del confine nazionale; infatti la qualità del geoide di una nazione degrada rapidamente una volta attraversato il confine. Il *bias* stimato per il geoide italiano è di circa -110 cm (sigma pari a circa 5 cm) mentre quello svizzero è pari a circa - 83 cm (sigma pari a circa 4 cm).
Successivamente questi *bias* sono stati sottratti ai rispettivi geoidi gravimetrici (Figura 2) per ottenere i residui *unbiased* (a meno del modello globale GOCE) da usare come osservazioni del metodo di fusione basato sulla collocazione (Figura 3, immagine di destra).

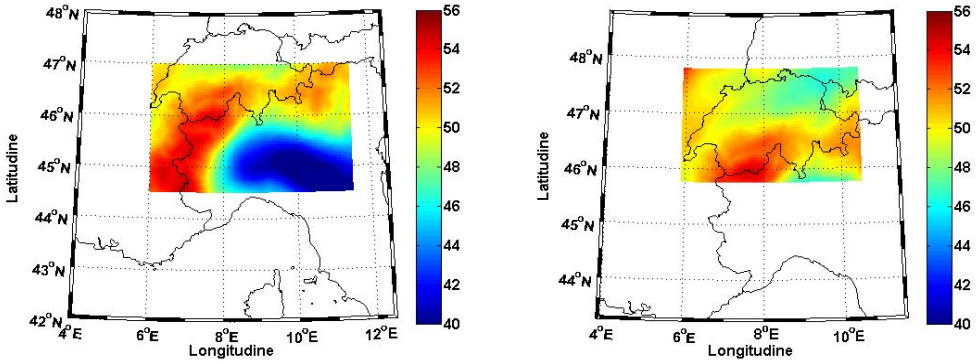


Figura 2. Geoide gravimetrico italiano nella zona di confine (sinistra) e svizzero (destra). L'ondulazione del geoide è espressa in metri.

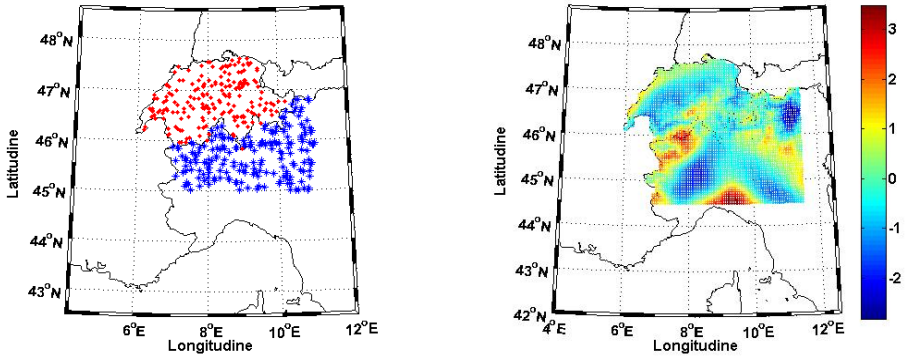


Figura 3. Posizione dei punti utilizzati per la stima dei bias (sinistra) e residui unbiased del geoidi svizzero ed italiano all'interno dei rispettivi confini nazionali in metri (destra).

Risultati

Il geoide unificato è stato predetto in un'area di interesse definita all'interno del progetto interreg helidem, Helvetia Italy Digital Elevation Model (www.helidem.eu), nell'ambito del quale è stato sviluppato questo studio, per la conversione da quote ellissoidiche a ortometriche. Più precisamente

il geoide unificato è stato predetto nell'area: 9° E, 11° E, 44.5° N e 47° N su una griglia di risoluzione pari a 3' × 3' come rappresentato in Figura 4.

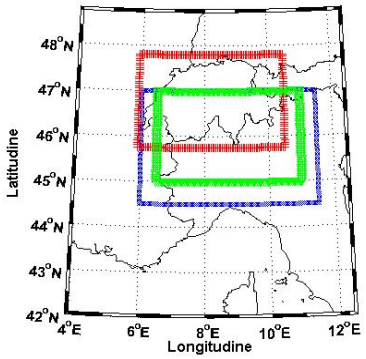


Figura 4. Zona di ricoprimento del geoide gravimetrico svizzero CHgeo2004 (rosso), del geoide gravimetrico italiano ITALGEO2005 sull'area di confine (blu), del geoide unificato GISgeo2012a.

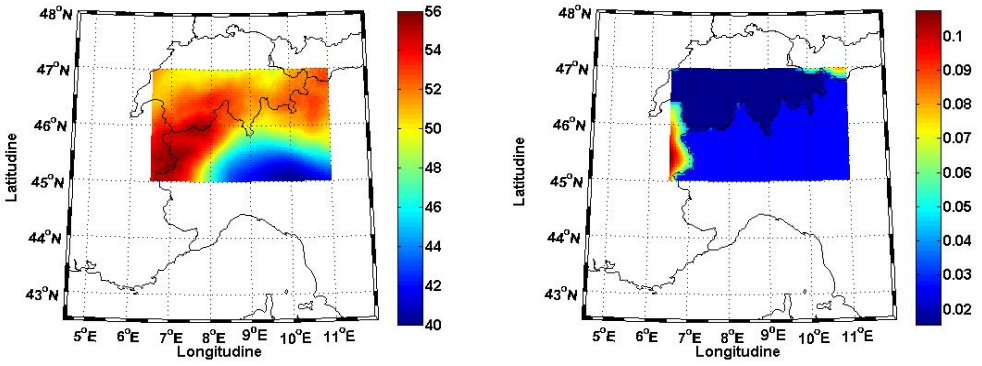


Figura 5. Geoide stimato sull'area di sovrapposizione italo-svizzera GISgeo2012a (a sinistra) e relativo errore di stima (a destra) espresse in metri.

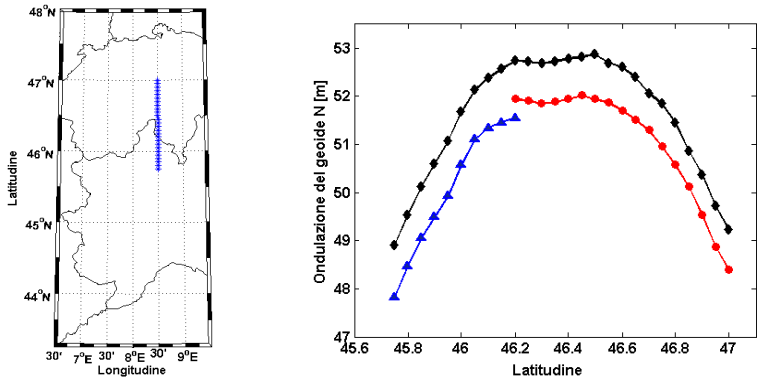


Figura 6. Profilo considerato (a sinistra) e connessione fra geoide italiano ITALGEO2005 (triangoli blu) e svizzero CHGeo2004 (cerchi rossi) prima e dopo l'unificazione (rombi neri).

In Figura 5 sono riportati il geoide unificato predetto sull'area di confine italo-svizzera (denominato GISgeo2012a) e il suo errore di predizione.
In Figura 6 si può vedere come per un determinato profilo, corrispondente ad una longitudine di 8.5° E, il salto presente inizialmente fra geoide italiano (ITALGEO2005) e svizzero (CHGeo2004) sia stato eliminato attraverso la stima del geoide *unbiased*.
Il geoide predetto è stato validato considerando i dati disponibili di *GPS-levelling* della rete di livellazione svizzera (visibile in Figura 7, immagine di sinistra), forniti dal Dr. Urs Marti dell'Ufficio Federale di Topografia SwissTopo. In particolare per una serie di coppie di punti P e Q (vedi Figura 7, immagine di destra) è stata calcolata la differenza Δ fra le variazioni di geoide ottenute dal *GPS-levelling* e quelle ottenute dal modello locale di geoide

$$\Delta = \left[N_{GPS}(P) - N_{GPS}(Q)\right] - \left[N_{modello}(P) - N_{modello}(Q)\right].$$

Il confronto fra le statistiche ottenute utilizzando il modello gravimetrico originale svizzero e quello unificato sono riportate in
Tabella ***8***.

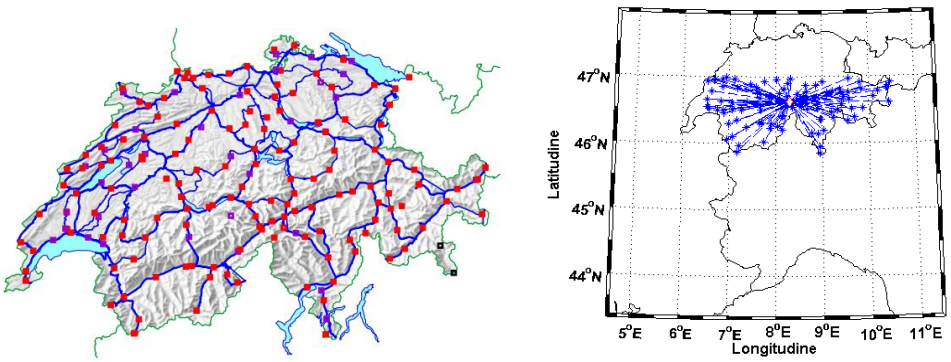


Figura 7. Rete di livellazione GPS utilizzata per la validazione (sinistra) e schema di rete (a stella, per considerare solo coppie indipendenti) per la valutazione della differenza fra variazioni di geoide ottenute dal GPS-levelling e dai modelli locali (destra).

Statistiche	Geoide CHGeo2004	Geoide GISgeo2012a
Min	-2.67	-19.67
Max	16.63	8.13
Media	5.47	2.02
RMSE	0.4	0.3

Tabella 8. Statistiche inerenti alle differenze di variazioni di ondulazione del geoide fra modello di geoide e dati di GPS-levelling.

Conclusioni

Questo lavoro rappresenta uno studio preliminare sull'utilizzo dei dati GOCE per l'unificazione del datum d'altezza a livello locale. I risultati ottenuti sono buoni nonostante ci siano significativi margini di miglioramento. Il *bias* di ciascun geoide è stato approssimato ad una costante mentre ha forma più complessa, per esempio costante più altri tre parametri per tener conto dei diversi sistemi di riferimento anche planimetrici (Heiskanen, Moritz, 1967). L'implementazione di questa modellizzazione più accurata sarà oggetto di sviluppi futuri.

Ringraziamenti
Questo studio è stato finanziato nell'ambito del progetto interreg helidem (Helvetia Italy Digital Elevation Model).
Si ringraziano il Dr. Urs Marti (Ufficio Federale di Topografia SwissTopo) e il Prof. Riccardo Barzaghi (Politecnico di Milano) per avere fornito i geoidi gravimetrici di dominio non pubblico.

Riferimenti bibliografici
Albertella A, Forsberg R, Rapp R. H, Pavlis N. K, Sansò F, Sideris M. G, Tscherning C.C. (1994). "International School for the Determination and Use of the Geoid, Lecture Notes". International Geoid Service, DIIAR-Politecnico di Milano, Sansò F. Editore.
Barzaghi R, Borghi A, Carrion D, Sona G. (2007). "Refining the estimate of the Italian quasigeoid". *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, 3, 2007.
Colombo O. L. (1980). *A world vertical network*. Report 296. Department of Geodetic Science and Surveying, Ohio State University, Ohio.
Drinkwater M.R, Haagmans R, Muzi D, Popescu A, Floberghagen R, Kern M, Fehringer M. (2006). "The GOCE gravity mission: ESA's first core Earth explorer", *Proceedings of the third International GOCE User Workshop, 6-8/11/2006,* Frascati, Italy.
Gatti A, Reguzzoni M, Venuti G. (2012). "The height datum problem and the role of satellite gravity models", *Journal of Geodesy*, D0I: 10.1007/s00190-012-0574-3.
Gerlach C, Rummel R. (2012). "Global height unification with GOCE: a simulation study on the indirect bias term in the GBVP approach", *Journal of Geodesy*, DOI: 10.1007/s00190-012-0579-y.
JPL (1998). *GRACE Science and Mission Requirements Document* (SMRD). GRACE327-200 JPL D-15928.
Heiskanen W. A, Moritz H. (1967). *Physical Geodesy*. Freeman, San Francisco.
Marti U. (2005). "Comparison of high precision geoid model in Switzerland". *Dynamic Planet,* Tregonig P. e Rizos C. Editore, 377-382.
Migliaccio F, Reguzzoni M, Sansò F. (2004). "Optimal multi-step collocation: application to the space-wise approach for GOCE data analysis". *Journal of Geodesy*, DOI: 10.1007/s00190-004-0396-z.
Migliaccio F, Reguzzoni M, Gatti A, Sansò F, Herceg M. (2011). "A GOCE-only gravity field model by the space-wise approach". *Proceedings of the fourth International GOCE User Workshop, 31/03/2011-1/04/2011,* Monaco, Germania.
Reguzzoni M, Tselfes N. (2009). "Optimal multi-step collocation: application to the space-wise approach for GOCE data analysis". *Journal of Geodesy*, DOI: 10.1007/s00190-008-0225-x.
Rummel R, Teunissen P. (1988). "Height datum definition, height datum connection and the role of geodetic boundary value problem". *Bulletin Geod*esique 62 (4): 477-498.
Wackernagel H. (2003). *Multivariate geostatistics: an introduction with applications*. Springer Verlag, Berlino.
Xu P. (1992). "A quality investigation of global vertical datum connection". *Geophysical Journal International,* DOI: 10.1111/j.1365-246X.1992.tb00880.x.

Esperienze di telerilevamento di prossimità con immagini multispettrali acquisite da drone

Rossana Gini (*), Daniele Passoni (**), Livio Pinto (**), Giovanna Sona (*)

(*) Politecnico di Milano, DIIAR, Polo Territoriale di Como, rossana.gini@mail.polimi.it, giovanna.sona@polimi.it
(**) Politecnico di Milano, DIIAR, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, 02/2399 6525
daniele.passoni@polimi.it, livio.pinto@polimi.it

Il progetto FoGLIE (*Fruition of Goods Landscape in Interactive Environment)* finanziato da Regione Lombardia e già illustrato in precedenti lavori, è ora in fase avanzata di realizzazione.
Nato allo scopo di migliorare la fruibilità e la valorizzazione del patrimonio culturale e ambientale presente sul territorio lombardo, ha portato allo sviluppo di un nuovo sistema multimediale e interattivo di visita, alla raccolta e creazione di contenuti informativi e alla rappresentazione dei luoghi di interesse nel contesto cartografico di riferimento. Tramite dispositivi mobili all'avanguardia (come l'iPad 2) sono ora possibili visite virtuali arricchite di materiale storico, anche in stereoscopia, di zone inaccessibili. Il sistema consente inoltre di affiancare alla fruizione del bene, un'azione di monitoraggio da parte dell'utenza. Infatti l'impiego di sistemi interattivi in comunicazione con un centro di raccolta e distribuzione dati consentirà all'utente di inviare al server di gestione immagini e messaggi di segnalazione di eventuali problemi, automaticamente georeferenziati e datati. Il progetto vede coinvolte 5 realtà imprenditoriali lombarde e il Dipartimento IIAR del Politecnico di Milano per le fasi di ricerca e di sviluppo sperimentale di un prototipo di sistema, con potenzialità d'impatto estendibili ad altri territori con caratteristiche analoghe. Come area test su cui sviluppare il prototipo è stato scelto il Parco Adda Nord che contiene numerosi beni naturali e storici, non tutti visitabili, come la Forra D'Adda, la Palude di Brivio, la chiusa di Leonardo, la Diga Poiret, il Ponte di Paderno, numerose ville e centrali idroelettriche e il villaggio operaio di Crespi, sito UNESCO (Gini et al., 2012).
Il prodotto è in fase di avanzato sviluppo, le prime postazioni sono state installate e i primi contenuti multimediali sono in corso di utilizzo sperimentale.
All'interno del progetto l'utilizzo di UAV ha consentito la produzione di riprese a risoluzione molto alta di zone poco accessibili, in ambienti esterni o interni, utilizzate sia per video scenici e stereoscopici che per ricostruzioni geometriche (generazione di DSM, modellizzazione 3D di edifici e manufatti) e per l'analisi della vegetazione. Tra gli scopi del progetto infatti vi è lo studio delle possibilità di classificazione automatica di immagini multispettrali ad alta risoluzione.
Per l'ottimizzazione del rilievo con UAV e per validare il sistema vettore-sensore per gli utilizzi previsti, tipicamente fotogrammetrici (modellizzazione 3D) o fotointerpretativi (classificazione della vegetazione) è stata scelta una piccola area all'interno del Parco, di 120x100 m^2, con differenza massima di quota di 15 m (Medolago, BG). Questa include differenti tipologie di copertura del suolo: edifici, strade, campi coltivati, zone incolte, macchie di cespugli e di alberi; tra questi in particolare sono presenti sia piante autoctone (Carpino, Nocciolo, Platano, Olmo) che alloctone (Ailanto, Gelso da carta, Buddleja, Fitolacca e Robinia).
I primi test di ripresa sono stati effettuati con quadrirotore Microdrones^{TM} MD4-200, proprietà di Zenit S.r.l., drone che effettua voli in modalità semiautonoma grazie al sistema di navigazione GPS e di controllo d'assetto di cui è dotato. Le camere utilizzate sono state una Pentax Optio A40, digitale compatta per l'acquisizione delle immagini RGB (peso 130g, sensore CCD 4000x3000, dim pixel 1.87μm, focale 7.9 mm) e una Sigma DP1, modificata per acquisire la sola banda

dell'infrarosso vicino (NIR) (sensore Foveon 2640x1760 pixels, dim pixel 7.81 μm, focale 16.6 mm). Entrambe le camere sono state preventivamente calibrate.
A causa del basso payload le due camere devono volare separatamente, e mantenendo costante l'altezza di volo (50 m circa) si ottengono differenti dimensioni del pixel a terra (GSD rispettivamente di 1.3 cm e 2.5 cm). Sono state pianificate tre strisciate per ogni camera con sovrapposizioni longitudinali dell'80% e trasversali del 30%. In fase di acquisizione è stata registrata la posizione (approssimativa) della camera ad ogni scatto. Tramite ricevitore GPS sono state rilevate le posizioni di 42 GCP, pre-segnalizzati e naturali, con una precisione di circa 3cm in planimetria e 5cm in altimetria (ricevitore Trimble 5700, L1/L2, modalità RTK). Le immagini RGB sono risultate di buona qualità, sebbene con sovrapposizioni e inclinazioni talvolta molto distanti da quelle pianificate, probabilmente a causa della brezza variabile presente al momento del volo e del lieve ritardo nella compensazione dei movimenti del carrello porta camera da parte del sistema di controllo da remoto. Le immagini NIR sono risultate di qualità inferiore, spesso più sfocate di quelle RGB, probabilmente a causa del maggior tempo di esposizione. Dal dataset di immagini RGB, composto da 43 immagini suddivise in 3 strisciate, ne sono state selezionate 35 secondo i criteri di mantenere le sovrapposizioni più omogenee possibili e il numero di GCP visibili più alto possibile. Gli stessi criteri sono stati utilizzati per selezionare le immagini NIR, che dalle 40 originali (in 3 strisciate) sono state ridotte a 19, anche a causa della loro bassa qualità. Dal blocco di immagini RGB orientate è stato quindi ottenuto un DSM a risoluzione 0.10x0.10 m^2 tramite il software ERDAS™ LPS, che è stato utilizzato come base per la produzione delle ortofoto a risoluzione 0.05x0.05, sia RGB che NIR, ottenendo in tal modo immagini georeferenziate e coregistrate, che simulano un dataset di immagini multispettrali.
Da questi canali sono stati generati nuovi canali 'sintetici', già sperimentati in precedenti studi (Gini, 2010) per applicare metodi di classificazione standard. E' stata effettuata una prima classificazione su 10 variabili (RGB+NIR e 6 variabili derivate), di tipo *unsupervised* (algoritmo ISOCLASS di ERDAS ER Mapper): a causa delle caratteristiche dell'area ripresa non è infatti possibile avere *training* e *validation samples* significativi, necessari per classificazioni più raffinate.
Di conseguenza non è stato possibile differenziare, all'interno della vegetazione, classi di alberi di diverse specie. Le carenze di questa classificazione preliminare indicano che occorre approfondire lo studio delle firme spettrali e la selezione di bande sintetiche, sia spettrali che tessiturali, che ne massimizzino la separabilità (tramite misure statistiche di distanza delle firme, al variare della combinazione di bande utilizzate), e che sono necessarie nuove riprese mirate.
Il gruppo di ricerca del Politecnico di Milano si è quindi dotato di UAV e camere compatte proprie: un esacottero della Mikrokopter, personalizzato, con payload fino a 500 g, funzione di pilota semi automatico. Su questo possono essere separatamente montate due differenti camere: una mirrorless Nikon 1 per immagini RGB (focale 10mm, sensore CMOS da 3872x2592, dim pixel 3,5 μm) e una ADClite della Tetracam per riprese CIR (focale 8 mm, sensore CMOS da 2048 x 1536], dim pixel 2,9μm, sensibilità spettrale: verde, rosso, NIR ; 520 $<\lambda<$ 920 nm). Per quest'ultima camera in particolare, si stanno attualmente terminando le analisi della risoluzione geometrica e radiometrica effettiva, da ferma e in movimento. E' stato inoltre acquisito un blocco fotogrammetrico di immagini sulla medesima area campione di Medolago, che è stato orientato e sul quale sono in corso analisi radiometriche e classificazioni, che verranno confrontate con la classificazione precedentemente effettuata.

Bibliografia

Gini R., Passoni D., Pinto L., Sona G. (2012), Aerial images from an UAV system: 3D modeling and tree species classification in a park area. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., Vol. XXXIX-B1, 361-366, XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia.
Gini R. (2010), Processing of high resolution and multispectral aerial images for forest DSM production and tree classification. Master thesis, DIIAR, Politecnico di Milano, Italy.

Le misure dell'impegno di suolo per finalità insediative. Un modello di valutazione per la Regione Toscana

Bruno Giusti, Martina Angeletti, Fabio Lucchesi, Chiara Nostrato

LAboratorio per la Rappresentazione Identitaria e Statutaria del Territorio (LARIST),
Università di Firenze, Via Cavour 36, EMPOLI (FI), Tel. 0571/757884, Fax 0571/757832,
e-mail bruno.giusti80@gmail.com

Riassunto
Il presente elaborato espone i primi esiti di una valutazione quantitativa della progressione dell'impegno di suolo in Toscana. A tali risultati siamo pervenuti attraverso l'impiego di un metodo sperimentale. Esso ha la finalità di costruire uno strumento alternativo a quello più comunemente utilizzato per valutare il consumo di suolo: l'utilizzo di rilevazioni successive di coperture di uso del suolo. Tale metodologia è concepita affinché il rapporto costi/benefici sia migliore di quelli derivati dall'impiego dei sistemi più comunemente usati. Il modello utilizzato consente infatti, di valutare con buona precisione, le tendenze evolutive del fenomeno in differenti intervalli temporali. Le modalità di computo permettono di definire specifici caratteri di occupazione del suolo secondo le aggregazioni spaziali desiderate.

Abstract
The experimental study, herewith described, introduce to the first outcomes of a quantitative evaluation referred to the land consumption in Tuscany. The aim was to improve the cost/benefit ratio of the evaluation methods normally used for calculating soil sealing. The set up model makes possible to measure with an acceptable accuracy the land consumption trends within different time intervals. The calculation methodology allows an excellent capability in defining specific kinds of urban sprawl according to desired spatial frames.

Il contesto e le finalità della ricerca

Negli ultimi decenni, il tema del consumo di suolo è diventato sempre più rilevante. La causa principale del fenomeno è da attribuire alla artificializzazione del suolo per l'espansione insediativa. Si può stimare che nel corso degli ultimi venti anni circa i tre quarti dei suoli sottratti alla valorizzazione agricola e alle aree di naturalità sono coinvolti dalla crescita edilizia; la quota rimanente è legata alla realizzazione di infrastrutture di trasporto e all'allargamento delle aree di cava. Non è necessario insistere a segnalare la gravità della perdita progressiva del suolo non artificializzato, risorsa indispensabile alla vita; ma vale la pena ricordare che il suolo libero da edificazione ha anche un ruolo essenziale nella definizione della qualità paesaggistica e, in generale, della qualità dell'abitare.
La ricerca, partendo dal computo della crescita edilizia e delle sue caratteristiche morfologico-funzionali, valuta l'entità del progressivo impegno di suolo attraverso un metodo alternativo all'uso delle rilevazioni disponibili per mezzo di levate successive di copertura di uso del suolo (quali, per esempio quelle rese disponibili dal progetto *Corine Land Cover*). Come è noto, l'impegno di suolo in questo caso si basa prevalentemente sul computo della variazione dei valori classificati nella voce "territori modellati artificialmente". Per ottenere dati attendibili secondo articolazioni spaziali piuttosto limitate (come l'estensione di un Comune, per esempio) la qualità del rilievo delle coperture di uso del suolo deve tuttavia essere estremamente accurata, ciò che implica l'aumento

consistente dei costi di realizzazione delle banche dati. Il metodo sperimentale presentato, viceversa, sembra garantire, per i motivi più diffusamente espressi di seguito, costi d'implementazione sensibilmente più bassi e quindi la possibilità di concepire sistemi di monitoraggio realizzabili a basso costo, la cui istituzione appare oggi particolarmente urgente. È improrogabile una azione prima ricognitiva, capace di quantificare con criteri omogenei l'entità evolutiva del fenomeno per tutto il territorio nazionale, e successivamente regolativa per definire limiti sostenibili e conformare effettivamente la pianificazione nelle trasformazioni del territorio rispetto al principio della riproduzione delle risorse disponibili.
Il lavoro presentato in queste pagine è l'esito di un accordo di ricerca tra il laboratorio LaRIST e il Sistema Informativo Territoriale e Ambientale della Regione Toscana. L'auspicio dei ricercatori è che possa essere utile nelle attività di pianificazione istituzionali della Amministrazione regionale.

Le fonti informative utilizzate

Per interpretare e valutare quantitativamente la crescita urbana e l'impegno di suolo sono state essenzialmente utilizzate due basi di dati cartografiche, successivamente integrate:

(i). copertura di "sedimi edificati periodizzati"[1] e associati ad un valore di altezza;

(ii). copertura di edifici proveniente dalla banca dati SISTER dell'Agenzia del Territorio aggiornati al marzo del 2012.

La copertura dei "sedimi edificati periodizzata" individua una banca dati che associa ad ogni edificio documentato in Carta Tecnica la data di prima documentazione rispetto a una sequenza cronologica di fonti cartografiche o aerofotografiche. Nello specifico esse sono: (i) i catasti storici regionali (prevalentemente risalenti alla prima metà del XIX secolo), (ii) il "Volo GAI" 1954, (iii) il "Volo Alto" della Regione Toscana del 1978, (vi) un volo della Regione Toscana del 1988, (v) il volo AIMA 1996 (vi), infine la Carta Tecnica Regionale più recente disponibile (1993/2003) [2].
Per riferire la valutazione della crescita urbana, alla data più recente possibile, è stato indispensabile l'uso di una fonte aggiornata compatibile con la precisione geometrica della Carta Tecnica Regionale. La scelta è ricaduta sulla banca dati SISTER, che ha origine e carattere catastale. Essa ha la peculiarità di essere, almeno potenzialmente, aggiornata precisamente nel momento in cui vengono presentati i moduli di accatastamento per nuova costruzione o per ampliamento all'Agenzia delle Entrate.
La provenienza del database dei "sedimi edificati periodizzati" consente di ereditare l'informazione relativa alle caratteristiche morfologico-funzionali, materializzate con un attributo che le identifica in base alle diversi classi. Per la seconda banca dati, quella del catasto, è stato viceversa necessario costruire questa classificazione attraverso fotointerpretazione. Ciò ha permesso, anche se con qualche approssimazione, la diversificazione della crescita edilizia intervenuta nei vari periodi secondo tre classi tipologiche: (i) "edilizia civile", costituita sia da edilizia residenziale sia da edilizia specialistica legata a funzioni collettive; (ii) "edilizia produttiva/commerciale", costituita da edilizia specialistica destinata a ospitare le attività industriali/artigianali e le attività della grande distribuzione[3]; (iii) "altra edilizia" costituita dalle rimanenti classi.
L'integrazione delle due fonti mediante operazioni di selezione spaziale ha permesso di costruire un'unica copertura di sedimi periodizzata e aggiornata al 2012[4].

[1] La copertura di "sedimi periodizzati" per tutta la Regione Toscana è stata redatta all'interno di una ricerca LaRIST/Regione Toscana. Si preferisce utilizzare l'espressione "sedimi" (piuttosto che "edifici") perché l'informazione temporale riguarda il periodo di prima occupazione del suolo, ma può non coincidere con una effettiva datazione degli corpi di fabbrica (cfr. Lucchesi et al. 2009).

[2] Quest'ultima soglia poiché, estremamente differenziata nel territorio regionale, non è stata interpretata nelle valutazioni.

[3] La prima classe accorpa i codici CTR 201, 203, 204, la seconda i codici 202, 211, 212, 216, la terza i codici 206, 207, 208, 209, 210, 215.

[4] La selezione ha permesso di scartare gli edifici già presenti nella Carta Tecnica e di aggiungere solo quelli di nuova edificazione. Il processo, vista l'estensione dell'area di ricerca, non ha tenuto conto di eventuali interventi di demolizione/ricostruzione.

Metodologia della valutazione della crescita insediativa

La disponibilità della copertura poco sopra descritta ha permesso di valutare, da un lato, la misura della superficie di suolo effettivamente impegnato da costruzioni, ovvero la *superficie edificata*; dall'altro, attraverso una metodologia sperimentale, la misura dell'*impegno di suolo*.

Vale la pena soffermarsi ulteriormente per segnalare la differenza tra le due grandezze. Per *superficie edificata* si deve intendere la proiezione a terra delle coperture degli edifici (coincide quindi con la somma delle aree dei sedimi edificati). In questo caso il computo è stato realizzato direttamente dal database geografico[5] gestito da un *software* di tipo relazionale, attraverso il quale è stato possibile evitare errori sistematici, agevolare e velocizzare operazioni di selezione, aggregazione e contabilizzazione mediante delle *queries* preimpostate.

I valori dell'*impegno di suolo* sono naturalmente più alti di quelli della *superficie edificata* poiché considerano non solo la superficie effettivamente occupata da un tetto ma anche le pertinenze legate alla funzione degli edifici: aree scoperte, giardini e piazzali. Naturalmente una copertura di uso del suolo sufficientemente accurata da un punto di vista geometrico avrebbe permesso di computare i valori dell'impegno di suolo più precisamente; tuttavia il costo e i tempi di compimento di tali coperture, da realizzare, per altro, rispetto a una sequenza cronologica di fonti cartografiche e aerofotografiche, hanno consigliato di sviluppare la metodologia approssimata e sperimentale che sarà descritta di seguito.

Il metodo utilizzato si basa su un *overlay mapping* tra i sedimi edificati periodizzati e aggiornati al 2012 con una griglia esagonale di circa 1000 metri quadrati[6]. La scelta della forma geometrica esagonale, combinata alla dimensione ridotta del singolo esagono, è legata principalmente al raggiungimento della miglior definizione delle pertinenze degli edifici e dunque alla capacità di fornire dati più attendibili dell'impegno di suolo. In estrema sintesi, il modello considera *impegnato* il suolo corrispondente agli elementi della griglia esagonale che sono occupati, anche in parte da un sedime edificato o da una porzione di esso (cfr. Figura 1, Figura 2).

È necessario porre attenzione sul fatto che i risultati dell'applicazione del modello non dovrebbero essere fatti coincidere con una valutazione assoluta delle quantità di suolo impegnato alle diverse soglie cronologiche. I valori più significativi perciò sono individuati nelle tendenze di variazione individuabili attraverso la loro comparazione.

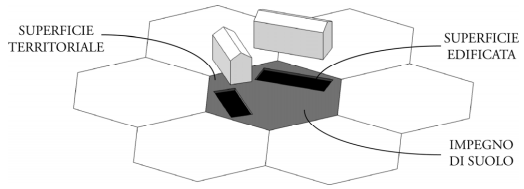


Figura 1. Illustrazione del funzionamento del modello per la valutazione dell'impegno di suolo.

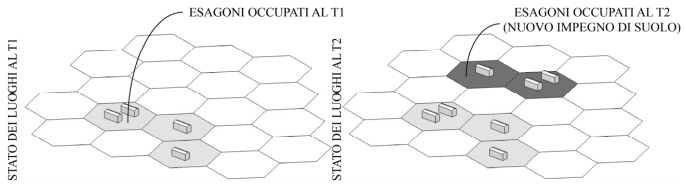


Figura 2. Illustrazione del funzionamento del metodo sperimentale per la misura del nuovo impegno di suolo.

[5] Sul tema, si confronti il contributo di Chiara Nostrato et al. In questa stessa raccolta.

[6] La griglia realizzata a copertura di tutto il territorio regionale è composta da 23.417.027 poligoni. Il centroide di ognuno dei quali ha una coordinata nelle y corrispondente ad un numero intero nel sistema di riferimento Gauss Boaga (EPSG3003).

L'eccezionale quantità degli elementi da calcolare ha comportato la necessità di definire una sequenza standard di operazioni di intersezione tra i dati; questa sequenza è stata formalizzata attraverso un modello costruito nell'ambiente software utilizzato (Model Builder di ESRI ArcGIS). Tale accorgimento ha scongiurato da una parte gli errori sistematici e dall'altra ha minimizzato i tempi macchina necessari per compiere le operazioni più ripetitive. Il processo ha inoltre previsto anche alcuni controlli sulle geometrie per minimizzare gli errori topologici[7].
L'applicazione delle *routine* previste dal modello ha permesso di attribuire a ciascun elemento:

i. la *superficie edificata* [m^2] presente in ciascun elemento nelle diverse soglie temporali; tale superfici è suddivisa nelle due componenti morfologico-funzionali (civile e produttiva-commerciale);
ii. il *volume edificato* [m^3] presente in ciascun elemento nelle diverse soglie temporali; tale volume è suddiviso nelle due componenti morfologico-funzionali (civile e produttiva-commerciale);
iii. il *nuovo impegno di suolo* [m^2] per ciascuna soglia;
iv. il *rapporto di copertura territoriale*[8] [m^2/m^2] (area degli edifici / area dell'esagono);
v. l'*indice di fabbricazione territoriale*[9] [m^3/m^3];

Alcuni risultati della valutazione
Presentiamo di seguito i risultati quantitativi computati per l'intera estensione del territorio regionale; inoltre è riportata un'articolazione che corrisponde ai venti ambiti di paesaggio che in questo momento sono posti a fondamento delle attività di revisione della disciplina paesaggistica del piano di indirizzo territoriale della Regione Toscana.
La tabella di seguito riporta i dati relativi sia alla crescita edilizia sia alla crescita dell'impegno di suolo nelle diverse soglie temporali considerate. Vengono inoltre presentati i valori medi del rapporto di copertura territoriale e indice di fabbricazione territoriale.

PERIODO	SUPERFICIE EDIFICATA ALLA DATA CONCLUSIVA DELL'INTERVALLO TEMPORALE (ha)	VOLUME EDIFICATO ALLA DATA CONCLUSIVA DELL'INTERVALLO TEMPORALE (m^3)	SUOLO IMPEGNATO ALLA DATA CONCLUSIVA DELL'INTERVALLO TEMPORALE (ha)
X-1830	3.430	305.354.350	25.280
1830-1954	5.349	411.980.781	60.199
1954-1978	7.700	565.507.162	99.923
1978-1988	2.619	186.469.950	112.912
1988-1996	1.289	93.829.076	119.269
1996-2012	2.192	ND	129.752

PERIODO	ANNI	SUPERFICI EDIFICATE (ha/anno)	VOLUME ERDIFICATO (m^3/anno)	IMPEGNO DI SUOLO (ha/anno)	RAPPORTO DI COPERTURA TERRITORIALE	INDICE DI FABBRICAZIONE TERRITORIALE
X-1830	ND	ND	ND	ND	0,14	1,21
1830-1954	124	42,9	3.306.426	280,3	0,12	0,92
1954-1978	24	320.8	23.562.798	1655,2	0,15	1,06
1978-1988	10	261.9	18.646.995	1298,9	0,14	1,00
1988-1996	8	161.1	11.728.634	794,5	0,14	1,04
1996-2012	16	137.1	ND	655,2	0,14	ND

Tabella 1. Tabella riassuntiva dei principali valori alle soglie temporali considerate.

[7] Oltre ad eseguire tutte le operazioni all'interno di un geodatabase, sono stati inseriti lungo il processo alcuni controlli sulle geometrie affinché esse fossero conformi alle specifiche definite dello *shapefile*. I controlli più importanti sono stati: (i) controlla e cancella i record a cui non corrisponde alcuna geometria (*null geometry*), (ii) controlla e corregge l'ordine dei vertici di un elemento lineare (iii) dissolve le parti di una geometria che si sovrappongono (*overlap*), (iv) controlla la sequenza di punti e segmenti di un poligono o di una polilinea chiusa e corregge il punto finale (*endpoint*) affinché coincida con il punto iniziale, (v) elimina le parti di geometria vuote o nulle, (vi) crea elementi geometrici multipli se una geometria è composta da parti discontinue.
[8] Questo rapporto non va confuso con il *rapporto di copertura fondiario* che è il parametro, tipico della pianificazione urbanistica, che prende in esame il rapporto tra le superfici edificate e quelle fondiarie.
[9] Questo indice non va confuso con l'*indice di fabbricabilità*, che mette in relazione i volumi fabbricabili con la superficie fondiaria.

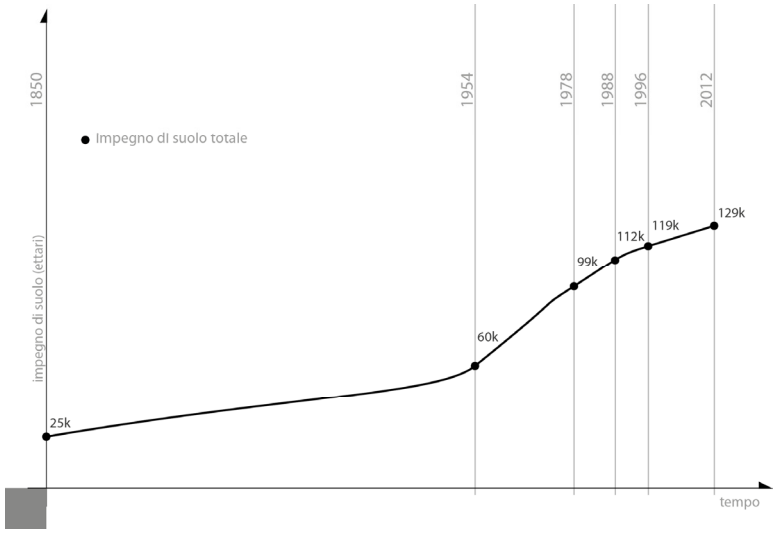


Figura 3. Crescita dell'impegno di suolo nella Regione Toscana (i valori sono espressi in ettari all'anno).

La ricerca si è posta il compito di affrontare il tema della normalizzazione dei dati superando il problema della loro disponibilità secondo intervalli temporali differenti. In questa fase, tuttavia, in attesa di mettere appunto un modello di interpolazione dei dati sufficientemente efficace, vale la pena segnalare il caratteristico andamento dell'intensità del progressivo impegno di suolo nel corso nel periodo che va nella seconda metà del Novecento ad oggi. Sebbene l'intensità del fenomeno negli ultimi quindici anni sia tutt'altro che trascurabile (corrisponde infatti a un valore di 655 ettari all'anno) va segnalato come questo valore sia di fatto una frazione di quello relativo al periodo 1954/1978, fase che corrisponde ad una soluzione di continuità nella evoluzione dei sistemi insediativi.
Grazie alla presenza nella banca dati dei sedimi della suddivisione in classi morfologico-funzionali è stato inoltre possibile realizzare valutazioni particolarmente significative riguardo la natura qualitativa della crescita edilizia. Tale suddivisione ha permesso cioè di descriverne l'evoluzione in particolare secondo le prime due classi morfologico-funzionali descritte: "edilizia civile" e "edilizia produttiva/commerciale".
Nella figura 4 sono espresse le diverse velocità di crescita dell'impegno di suolo e articolate negli intervalli temporali considerati distinguendo i valori imputabili alla crescita degli edifici civili da quelli produttivi/commerciali. Appare evidente come se il fenomeno del consumo di suolo nel suo complesso è tendenzialmente in diminuzione a partire dagli anni Settanta, la crescita di insediamenti di natura produttiva/commerciale è assai più costante: se negli anni Sessanta il rapporto tra impegno di suolo per finalità produttiva/commerciale e civile valeva circa 1/20, negli ultimi 15 anni questo valore vale circa 1/6. Emerge dunque una caratteristica significativa nelle trasformazioni territoriali degli ultimi sedici anni nei territori toscani: la crescita del ruolo della componente produttivo-commerciale. L'importanza che assume questo fenomeno fa riflettere sulle priorità di attenzione che dovrebbero caratterizzare gli orizzonti di ricerca disciplinari; probabilmente il tema dell'espansione degli insediamenti produttivi/commerciali dovrebbe conquistare la stessa riflessione che è dedicata in genere alla crescita della città residenziale. Dai risultati ottenuti emerge la chiara indicazione che la città del commercio e della produzione è la più vitale nelle trasformazioni degli ultimi decenni, caratterizzati dalla proliferazione di centri commerciali, *hub* per la logistica e *outlet*.

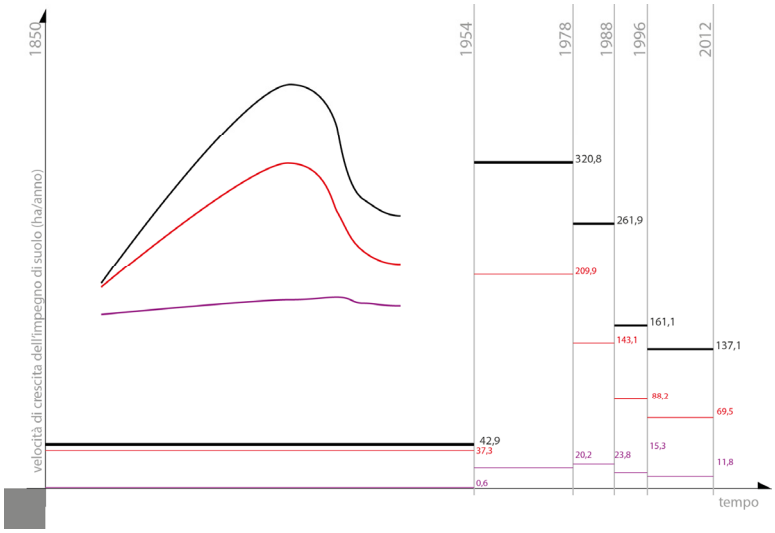


Figura 4. Velocità di crescita dei sedimi edificati nella Regione Toscana suddivisa in classi morfologico-funzionali. Linea nera crescita edilizia totale, linea rossa crescita edilizia civile, linea viola crescita edilizia produttivo/commerciale (i valori sono espressi in ettari all'anno). Si consideri che non è stato rappresentato il valore dell'"altra edilizia".

Il metodo di valutazione scelto, basato sulla griglia esagonale a copertura dell'intero territorio, permette con semplicità la disaggregazione e la valutazione secondo ambiti territoriali scelti a seconda dell'occorrenza. Come si è anticipato, in una prima fase è stata sperimentata una articolazione territoriale corrispondente ai venti ambiti di paesaggio nei quali il piano paesaggistico ripartisce il territorio regionale. Si tratta di aggregazioni di comuni che coprono un estensione pari a circa la metà di una attuale provincia. Proponiamo qui le considerazioni più significative allo stato di elaborazione. Sono stati presi a esempio tre ambiti: il "Bacino Firenze-Prato-Pistoia", la "Piana Livorno-Pisa-Pontedera" e la "Versilia e Costa Apuana" (cfr. Figura 6). Tutti e tre gli ambiti sono caratterizzati da un forte incremento dell'impegno di suolo, ma, come vedremo, con caratteri e con andamento dissimili.

Nella Figura 5, considerando solo la velocità di crescita della componente civile (linea rossa), emergono infatti andamenti parzialmente differenti rispetto a quelli medi riscontrabili per tutta la Regione: mentre il Bacino Firenze-Prato-Pistoia insieme a quello della Versilia e Costa Apuana, segue la tendenza regionale, ossia una crescita vigorosa a partire dal secondo periodo di riferimento seguita da una costante decrescita fino ai giorni nostri, l'ambito Piana Livorno-Pisa-Pontedera nell'ultimo intervallo ha una velocità di crescita costante.

Facendo riferimento sempre alla medesima figura ma con attenzione alla velocità di crescita della componente produttivo/commerciale (linea viola) si riscontrano maggiori differenze dall'andamento regionale. Se nel Bacino Firenze-Prato-Pistoia e in quello della Versilia e Costa Apuana l'intensità della crescita tende a diminuire nell'ultimo periodo, nell'ambito Piana Livorno-Pisa-Pontedera questa intensità cresce vigorosamente.

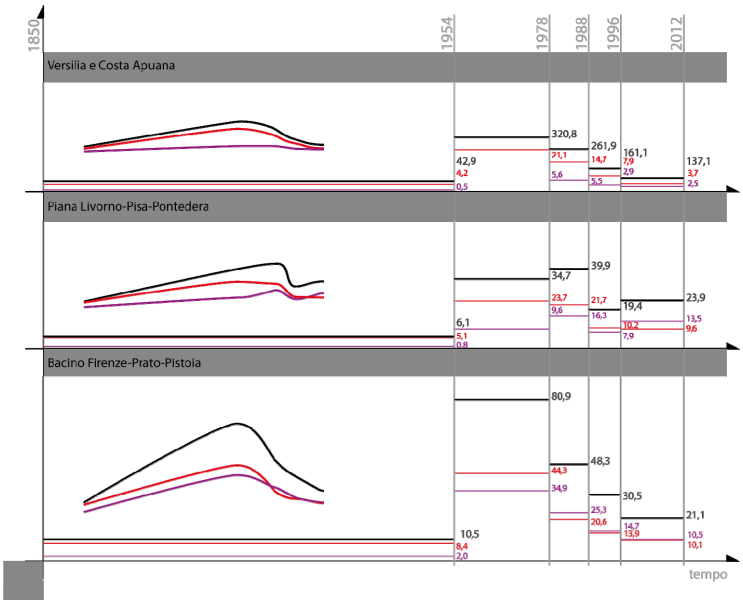


Figura 5. Velocità di crescita dell'edilizia in generale e suddivisa nelle componenti morfologico-funzionali rispetto ai tre ambiti. Linea nera crescita edilizia totale, linea rossa crescita edilizia civile, linea viola crescita edilizia produttivo/commerciale (i valori sono espressi in ettari all'anno). Si consideri che non è stato rappresentato il valore dell'"altra edilizia".

Per quanto riguarda i valori assoluti della velocità dell'impegno di suolo (cfr. Figura 6 sinistra) la situazione in Toscana riflette, come ci potevamo aspettare, valori variegati nell'ultimo periodo di riferimento. In particolare i valori più alti si trovano negli ambiti della Piana Livorno-Pisa-Pontedera (93,8 ha/anno), il Bacino di Firenze-Prato-Pistoia (76,6 ha/anno), la Piana di Arezzo e Val di Chiana (63,4 ha/anno) e Elba e Colline Metallifere (54,1 ha/anno); invece, i valori più bassi sono negli ambiti Amiata e Tufi (7,1 ha/anno), Val d'Orcia e Val d'Asso (8,4 ha/anno), Garfagnana e Val di Lima (10,5 ha/anno) e del Chianti (11,8 ha/anno).

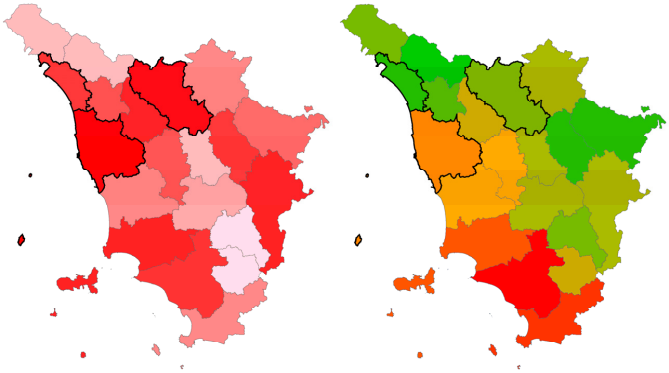


Figura 6. A sinistra: la velocità del progressivo impegno di suolo (ettari/anno) negli ultimi sedici anni della Regione Toscana (dieci classi, classificazione Natural Breaks); a destra: la variazione della velocità dell'impegno di suolo dal periodo 1988-1996 al periodo 1996-2012, rappresentata con sfumatura dal rosso (variazioni positive) al verde (variazioni negative). In evidenza, con bordo nero, gli ambiti presi in esame.

Tuttavia il dato più interessante risiede nelle variazioni della velocità di impegno di suolo tra il periodo 1988-1996 e il periodo 1996-2012 (cfr. Figura 6 destra). In particolare, esaminando i tre ambiti di riferimento, si osserva che l'ambito del Bacino Firenze-Prato-Pistoia (-31%) e quello della Versilia e Costa Apuana (-47,2%) subiscono una diminuzione apprezzabile, al contrario dell'ambito Pisa-Livorno-Pontedera (15,3%) che subisce un aumento. Per quanto riguarda invece la situazione regionale dai dati emergono "due Toscane": la prima caratterizzata da una diminuzione della velocità dell'impegno di suolo e costituita dagli ambiti a ridosso della dorsale appenninica, del Chianti e del Senese; la seconda, invece, contraddistinta da un incremento e costituita dagli ambiti costieri. Nello specifico i valori più alti sono riferiti agli ambiti: Maremma Grossetana (99,7%), Maremma Meridionale (64%), Elba e Colline Metallifere (44,2%) e la Piana Livorno-Pisa-Pontedera (15,3%); mentre quelli più bassi si riscontrano nella Garfagnana e Val di Lima (-60,8%), Casentino e Val Tiberina (-48,7), Val d'Arno di Sopra (-48,7) e Versilia e Costa Apuana (-47,2).

Conclusioni

La ricerca ha confermato come il consumo di suolo sia il fenomeno più rilevante nelle trasformazioni territoriali degli ultimi decenni nella Regione Toscana, come probabilmente nel resto del territorio italiano. L'intensità del fenomeno è tale da rendere necessario misurare con sufficiente precisione la quantità di suolo che viene trasformato e da quale tipo di trasformazione. L'istituzione di un sistema di monitoraggio omogeneo per tutto il territorio nazionale non dovrebbe essere rimandata. Il controllo continuo è essenziale per lo sviluppo di misure di contenimento all'interno degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica attraverso indirizzi e politiche che contengano una spinta trasformativa che ormai corrisponde più a dinamiche di tipo finanziario che a esigenze reali. Gli indirizzi di governo del territorio dovrebbero orientarsi verso l'attuazione sistematica di azioni di recupero e di riconversione funzionale di edifici dismessi, il che consentirebbe anche di conseguire un altro importante obiettivo come il compattamento delle sagome urbane mediante l'assestamento dei margini. I metodi utilizzati nella ricerca per il computo e la crescita, potrebbero essere particolarmente utili nella costituzione di un osservatorio del consumo di suolo.

Bibliografia

AA.VV. (2002), *La diffusione urbana nell'Italia settentrionale*, Franco Angeli, Milano

AA.VV. (2003), *La diffusione urbana: tendenze attuali, scenari futuri*, Franco Angeli, Milano

Ambiente Italia, Bianchi D, Zanchini E. (2011), *Il consumo di suolo in Italia, Edizione Ambiente, Roma*

Baldeschi P. (2002), *Dalla razionalità all'identità. La pianificazione territoriale in Italia*, Alinea, Firenze

Camagni. R, Gibelli M. C, Rigamonti P. (2002), *I costi collettivi della città dispersa*, Alinea, Firenze

European Environmental Agency. (2006), *Urban sprawl in Europe. The ignored challenge, EEA Report*, Copenhagen

Gabellini P. (2001), *Tecniche urbanistiche*, Carocci Editore, Roma

Gibelli M. C. Salzano E. (a cura di) (2006), *No Sprawl. Perchè è necessario controllare la dispersione urbana e il consumo di suolo*, Alinea, Firenze

Giudice M. Minucci F. (2011), *Il consumo di suolo in Italia. Analisi e proposte per un governo sostenibile del territorio*, Sistemi Editoriali, Napoli

Lucchesi, F. et al. (2009), La periodizzazione della crescita urbana. Una banca dati dei sedimi edificati derivati dalla CTR toscana, Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA, Bari

ISTAT (2010), *Rapporto annuale. La situazione del paese nel 2008*, Roma

Legambiente (2010), *Un'altra casa?*, Dossier di Legambiente, Roma. Legambiente, 2011. *Il consumo di suolo in Italia*, Dossier di Legambiente, Roma

La rappresentazione per la valorizzazione della città

Andrea Giordano, Cosimo Monteleone, Isabella Friso, Emanuela Faresin

Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale
Sede distaccata di Via Venezia 1, 35100 Padova, andrea.giordano@unipd.it

Abstract
Rappresentare una città non è un compito semplice, poiché le incognite da vagliare, nel passaggio dalla scala architettonica a quella urbana sono tante e complesse; se a queste variabili, poi, si aggiungono anche le trasformazioni subite dal tessuto urbano nel corso del tempo, rappresentare una città diventa un'operazione dinamica e non più statica. Lo scopo di questo lavoro è di compiere un ulteriore passo verso la conoscenza, la rappresentazione e la comunicazione dei meccanismi storici e urbani che hanno generato la *forma urbis* di Carpi, nel modenese.
Representing a city is not an easy task because there are many subtle unknowns to consider, when a researcher wants to move from an architectural scale to the urban one; moreover, if he adds the transformations of the urban fabric over time to these variables, representing a city becomes a dynamic operation and not a static one. The aim of this work is to take a step towards knowledge, representation and communication of historical and urban mechanisms, which have generated the *forma urbis* of Carpi.

La rappresentazione per la valorizzazione della città (A.Giordano)
Rappresentare una città non è un compito semplice, poiché le incognite da vagliare, nel passaggio dalla scala architettonica a quella urbana sono tante e complesse; se a queste variabili, poi, si aggiungono anche le trasformazioni subite dal tessuto urbano nel corso del tempo, rappresentare una città diventa un'operazione dinamica e non più statica. Per questo, l'obiettivo della ricerca, qui proposta, è stato quello di definire un approccio sistematico per la storia dell'architettura e la storia urbana, attraverso protocolli e procedure atti a garantire la visualizzazione e la comunicazione dei processi e dei fenomeni che, nel tempo, concorrono alle trasformazioni di una città. Tale metodologia ha comportato la creazione di un sistema informatizzato che, se da un lato risulta utile allo storico per la ricerca e per le analisi dei fenomeni, dall'altro sarà fondamentale per creare un nuova forma di rappresentazione e comunicazione degli stessi.
Questa è stata quindi una buona occasione per fornire gli strumenti per l'organizzazione di un codice condiviso in grado di porsi come primo passo verso un sistema di informazione e trasmissione non solo dei diversi livelli di iconicità ma anche, e soprattutto, di una realtà più nascosta, non immediatamente leggibile, ma che comunque concorre alla strutturazione di relazioni e processi, di culture e teorie, sottese allo sviluppo ed alla trasformazione dell'architettura e della città. Per questo, abbiamo predisposto, nel caso della città di Carpi ed in occasione dell'allestimento della mostra dal titolo *In mezzo ad un dialogo. La piazza di Carpi dal Rinascimento ad oggi* (tenutasi presso il Palazzo dei Pio a Carpi nella primavera del 2012), una rappresentazione attraverso cui sviluppare una "forma" di visualizzazione che faciliti, in maniera accurata e rapida, l'analisi, l'esame e la comunicazione di vaste quantità di dati complessi ed in evoluzione continua.

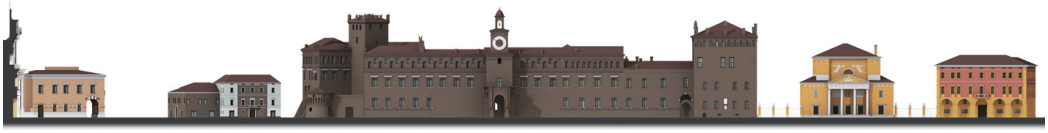


Figura 1. Fronte orientale di Piazza Martiri, Carpi: render da modelli solidi ricavati da nuvole di punti.

Infatti, attraverso la rappresentazione - tenendo conto di come un individuo riesca a comprendere in maniera più immediata una struttura geometrica 3D - si è potuto mappare dati e proprietà variabili proprio su oggetti tridimensionali, in maniera da ottenere cloni virtuali che si modificano in relazione al proprio dinamico mutamento effettivo. Questo tipo di visualizzazione consente all'utente, d'altro canto, la comprensione, anche intuitiva ed immediata, del cambiamento o della trasformazione urbana ed architettonica non solo di carattere geometrico, formale, posizionale, dimensionale o cromatico, ma anche tecnico, costruttivo, sociale, economico e territoriale, contribuendo ad un apprendimento accurato - seppur più intuitivo - della realtà rappresentata.
Come abbiamo premesso, il tema preso in considerazione è la cittadina di Carpi – nel modenese –, che ha visto una continua trasformazione del suo centro storico, caratterizzato da un complesso legame con apparati edilizi di particolare importanza. E grazie alla presenza di una certa quantità di fonti documentarie, quali dipinti, vedute, immagini, documentari, fotografie storiche e studi di storia economica, è stato possibile visualizzare la città nei molteplici istanti dei periodi storici presi in considerazione.

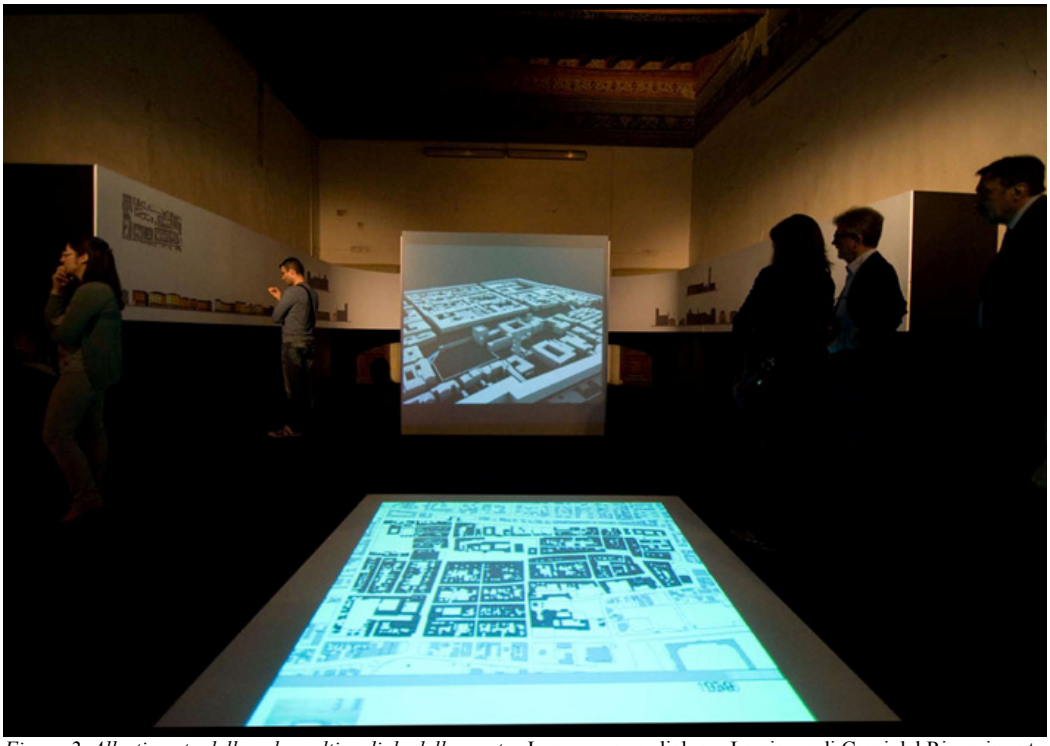


Figura 2. Allestimento della sala multimediale della mostra In mezzo a un dialogo. La piazza di Carpi dal Rinascimento ad oggi. *Carpi, primavera 2012, foto V. Croce.*

Il lavoro quindi si è strutturato avvalendosi della codifica di procedure e *standards* per la rappresentazione, la visualizzazione e la comunicazione delle trasformazioni storiche, attraverso un'articolazione in fasi distinte ma consequenziali:
1 - una prima fase è stata dedicata alla ricerca archivistica per la raccolta di dati sia di tipo storico-documentale (fonti primarie e secondarie) che dati spaziali (cartografia e rilievo);
2 - interpretazione e organizzazione dei metadati, dei dati spaziali e dei rilievi secondo criteri/protocolli/*standards* condivisi per la creazione di: a) archiviazione (Database, Geo-database, digitalizzazione di Carte e Mappe); b) interscambio e accessibilità *online* ed *open-source*;
3 - sviluppo del sistema di rappresentazione dei dati attraverso la creazione di modelli tridimensionali, a scala urbana e architettonica, che registrino nel tempo le trasformazioni, sia dei beni esistenti che delle opere solo progettate o andate completamente perdute. I modelli/rappresentazioni 3D sono stati dotati di contenuti non solo geometrici ma anche semantici e descrittivi integrati, secondo il recente standard di OGC (Open Geospacial Consortium) CityGML, ponendo attenzione in riferimento alla navigazione e interrogazione via Web.
c) la creazione di Video digitali, in cui è stata mostrata una *timeline*, che evidenzia la componente temporale delle trasformazioni urbane;
4 - Studio dell'approccio nella percezione dei fenomeni, analisi dei sistemi di comunicazione e loro sviluppo quali: sistemi multimediali per l'archiviazione e trattamento per una trasmissione integrata dei dati statici e dinamici, reali o di sintesi; realtà virtuale e *augmented reality* per documentare e conoscere le trasformazioni architettoniche ed urbane; applicativi per dispositivi fissi e mobili che consentano la divulgazione facilitata e l'accesso anche via WEB.
Va sottolineato infine un ultimo aspetto riguardante questa ricerca: le metodologie e le tecnologie, sottese alla visualizzazione delle trasformazioni storiche della città e dell'architettura, hanno visto il coinvolgimento di apporti e sforzi multidisciplinari, interagenti ed organizzati, di esperti di:
Rappresentazione: coordinamento delle operazioni di rilievo, diretto e strumentale; creazione del codice per la visualizzazione e la comunicazione delle trasformazioni; modellazione solida; controllo puntuale dell'implementazione del GIS; operazioni di *Rapid Prototyping*, per la creazione di modelli fisici in gesso, finalizzati alla mostra.
Storia dell'architettura: coordinamento e organizzazione delle attività di ricerca archivistica; verifica della rispondenza dei dati storici con la realtà urbana attuale.
Informatica: articolazione interattiva degli svariati dati in costante flusso; identificazione/sperimentazione/messa a punto di metodi per il popolamento dei modelli 3D; contributo all'organizzazione degli aspetti comunicativi e multimediali del progetto;
Museografia: coordinamento delle operazioni di allestimento ed organizzazione delle letture tematiche all'interno dei percorsi museali.

Rappresentare dinamicamente nel tempo l'architettura e la città: il modello virtuale di Carpi e le sue trasformazioni (C. Monteleone)
Possiamo considerare l'operazione del rappresentare come una sorta di "traduzione grafica" della realtà, ma, se accettiamo questo paragone, ci troviamo di fronte a un dilemma: rappresentare è assimilabile all'accezione moderna del termine traduzione? o come sottolinea Mario Bettini (Bettini, 2012) bisogna guardare al significato classico, collegato al concetto di metamorfosi? Il senso del termine latino *vertere* non era originariamente quello di "tradurre pedissequamente", *parola per parola*, quanto più che altro quello di "interpretare e trasporre", sulla scia del termine greco *hermenèia*, che vuol dire "riarticolazione", intesa questa come spostamento di un concetto da una lingua ad un'altra, per agevolarne la comprensione. Quindi, il rappresentare una città e l'architettura non può essere considerato come un'azione meccanica volta ad una trasposizione ciecamente realistica, quanto piuttosto ad un atto di interpretazione e conoscenza, che *comunichi* lo spirito di un luogo, tanto nel suo contesto odierno, che in quello passato. Questa operazione non è ovviamente semplice, poiché le incognite da vagliare di volta in volta, nel passaggio dalla scala architettonica a quella urbana, sono tante e complesse.

Nel caso della città di Carpi sono state affrontate specifiche difficoltà e, pur avendo potuto attingere ad un'ampia mole di dati storici, scientifici, grafici e letterari, raccolti nel corso degli anni, prodotti dal Comune o nel corso di ulteriori studi, il problema è stato comunque affrontato *ab ovo*, ripartendo dall'inizio e utilizzando, questa volta, le nuove tecnologie. Agganciandosi allo stato di fatto, scientificamente cristallizzato dal rilievo urbano fornito dal Comune, si è concentrata l'attenzione per rendere visibili le vicende urbane, procedendo a ritroso, fino ad arrivare alla metà del Trecento. A questo *start point* si sono aggiunte le operazioni di rilevamento urbano, eseguite con il laser scanner e tramite riprese stereoscopiche con 2 corpi macchina con obiettivi a focale fissa e decentrabili. Questi dati sono confluiti nella creazione di un database, ulteriormente integrato dalla modellazione digitale, e implementato con il GIS, facendo riferimento agli standard di OGC (Open Geospacial Consortium) CityGML. I documenti a disposizione e i nuovi dati raccolti, quindi, hanno permesso la creazione di modelli virtuali a partire dalla nuvola di punti, ottenuta dal rilievo, per rappresentare e comunicare le mutazioni che il tessuto urbano e le emergenze architettoniche hanno subito nel corso della storia. Le nuove tecnologie si sono rivelate indispensabili a questo scopo, perché, incrociando fotografie e documentazione storica, hanno permesso di concentrare i mutamenti avvenuti nel tempo, semplicemente sovrapponendo i *layers*, loro associati nel medesimo *file*. Il modello solido di Palazzo Pio, ad esempio, si presenta nella sua versione digitale completa e implementata, non solo come un'architettura georeferenziata nel contesto urbano e territoriale, ma anche come la somma delle sue trasformazioni architettoniche, che, volta per volta, possono essere "congelate" o visualizzate nel percorso di rappresentazione del tempo a ritroso.

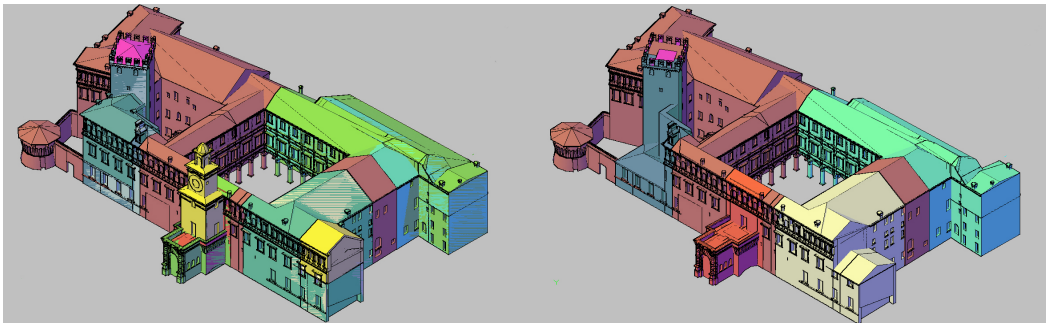


Figura 3. Modello solido di Palazzo dei Pio: in evidenza la sovrapposizione dei layers, come somma delle trasformazioni nel tempo (a sinistra) e la configurazione rinascimentale (destra).

Ma il processo di "traduzione grafica" messo in atto, non si è limita alla scelta di *cosa* rappresentare nel tempo, ma anche di *come* rappresentarlo. Le nuove tecnologie producono in definitiva immagini, e in questo non si discostano poi molto da quanto si realizzava in passato a mano con i classici disegni d'architettura; per questa ragione si è posta la stessa particolare attenzione nella resa digitale dei differenti passaggi di scala, a partire da quella urbana, fino a quella architettonica, utilizzando, volta per volta, un modello virtuale apposito o un *layer* associato ad un determinato particolare costruttivo. Anche la pianificazione delle modalità di rappresentazione utilizzate ha influito sulla scelta e sull'accuratezza del modello virtuale. Ad esempio, nella realizzazione dei video digitali che raccontano le trasformazioni nel tempo del tessuto urbano di Carpi, si è deciso, di comune accordo con il Museo della Città, di modellare realisticamente soltanto le emergenze architettoniche che si affacciano su piazza Martiri, corso Alberto Pio, piazza Garibaldi, via Guàitoli, via Fanti-Ca' Bassi e piazza Re Astolfo. I motivi che hanno spinto a questa "selezione" architettonica sono principalmente due, il primo si basa sul fatto che di questi edifici si aveva a disposizione una documentazione appropriata, che ne ha permesso la ricostruzione nel tempo, il secondo concerne valutazioni di ordine pratico: infatti, un clone dettagliato di ogni singola unità architettonica del centro storico, seppure teoricamente possibile, avrebbe richiesto tempi di realizzazione e di elaborazione dei dati che avrebbero comportato tempistiche insostenibili.

Quest'ultima considerazione è stata pure direttamente collegata alla necessità di rappresentare il centro storico ad una scala adeguata, tale da non inficiare, a causa dell'affollamento dei particolari architettonici, la lettura e la comprensione dei manufatti.
Il risultato al quale si è giunti è un *progetto* di rappresentazione appunto riassunto nella mostra intitolata *In mezzo a un dialogo. La piazza di Carpi dal Rinascimento ad oggi*; consci dell'impossibilità di raggiungere una realtà inconfutabile, ma allo stesso tempo suggerendo di tendere per approssimazione analitica ad essa, tutti i dati forniti sono stati rielaborati e rappresentati alla luce delle nuove tecnologie sotto triplice forma: disegni, animazioni e modelli fisici. Per i fenomeni di dubbia interpretazione storica, avvenuti sia sui singoli edifici, che su porzioni di tessuto urbano, quando possibile, si è convenuto di sfumarne i contorni, in modo da lasciarli in "secondo piano", per non confonderli con la certezza storica e documentaria. Considerata la loro natura statica, i disegni sono stati destinati alla raffigurazione dei "fronti scenici" della città, soprattutto lungo le piazze e le già citate vie; e sono stati distribuiti nello spazio espositivo rispettando le effettive posizioni cardinali, in modo da agevolare l'orientamento del visitatore. Il fine è stato quello di ricreare l'essenza attuale dello spazio urbano, prima di addentrarsi nella lettura storica delle sue trasformazioni. Il passaggio successivo di scala è affidato ai modelli fisici, che enfatizzano due momenti salienti della storia urbana di Carpi: il Cinquecento – secolo in cui la famiglia dei Pio, realizza la "piazza ideale", intorno alla quale si sviluppa il nuovo tessuto urbano – e l'Ottocento – il secolo dell'Unità d'Italia, durante il quale la piazza ospita il monumento equestre del Generale Manfredo Fanti. La scala di rappresentazione dei modelli – che si concentra intorno ai due spazi pubblici principali: piazza Martiri e piazza Re Assoldo – può già essere considerata di tipo urbano; ma grazie alle nuove tecnologie – la modellazione virtuale permette comunque di scendere minuziosamente nel dettaglio – è possibile leggere i modelli in gesso anche in chiave architettonica. L'aspetto dinamico delle trasformazioni urbane è stato affidato invece alle due animazioni che, come abbiamo già avuto modo di sottolineare, partendo dalle condizioni odierne, vanno a ritroso nel tempo. La scala di rappresentazione è definitivamente quella urbana, in quanto l'unica che permetta di visualizzare i cambiamenti di quel settore della città, racchiuso dalla cinta muraria. Eppure le strategie messe in atto dalle nuove tecnologie non negano, all'occorrenza, un'interpretazione architettonica, poiché la telecamera si "avvicina" o "entra" nei manufatti architettonici per raccontarne le mutazioni. L'animazione a pavimento, rappresenta i cambiamenti leggibili in planimetria; essa è accompagnata contemporaneamente da una linea del tempo, che fissa le date e i periodi durante i quali le trasformazioni si sono verificate, e da alcune immagini di documenti, che agevolano la comprensione e la portata dei fenomeni. La seconda animazione proiettata su uno schermo verticale fa da *pendant* con la precedente e arricchisce di informazioni pseudo-tridimensionali quanto raccontato in planimetria, permettendo inoltre di leggere le trasformazioni avvenute sulle facciate degli edifici.

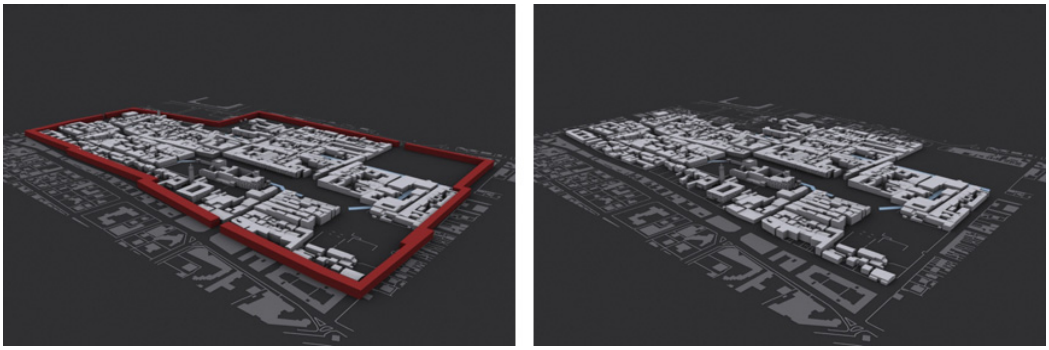


Figura 4. Fotogrammi video 7700 (a sinistra) e 7701 (a destra) che mettono in evidenza il momento storico in cui Marco Pio fece costruire, nel 1480 ca., la prima cinta muraria intorno alla città di Carpi.

Al di là delle esigenze di rappresentazione e comunicazione dei fenomeni storici, il lavoro svolto va ad arricchire grandemente la base dei documenti informatizzati a disposizione della città; i *files* sono stati infatti creati e conservati per categorie: dal modello virtuale in CAD, al corrispettivo formato renderizzabili e prototipabile. Il tutto al fine di poter attingere a questa mole di dati digitali in un prossimo futuro, non solo per approfondimenti ulteriori, ma anche per rappresentazioni sempre più "spinte" e chiare, visto il ritmo sostenuto con cui le nuove tecnologie si evolvono.
Il modello digitale, quindi, non come fine ultimo, ma come studio *in fieri* per raccontare in maniera più "aperta" la storia urbana di Carpi, frutto di una permeabilità rara delle informazioni, da un ambito disciplinare all'altro: il Comune di Carpi, il Museo della Città e l'Università di Padova. Il lavoro si pone nel solco dei precedenti sforzi di informatizzazione dei dati e delle interpretazioni storiche, intrapresi dalla prof.ssa Francesca Bocchi dell'Università di Bologna negli anni '80 (Bocchi, 1984); a questa prima piattaforma digitale, si sono aggiunti i documenti ufficiali (mappe, incisioni, disegni, dipinti, cronache, fotografie, pubblicazioni) e le interpretazioni storiche di due specialiste: la dott. Manuela Rossi (Rossi et. Al, 2001; Garuti, Rossi, Svalduz, 2002), direttrice del Museo della Città di Carpi, ed Elena Svalduz, prof.ssa di Storia dell'Architettura presso l'Ateneo di Padova (E. Svalduz, 2001; 2004). In definitiva, nel tentativo di avvicinarci alla verità, si è scelto di rappresentare un ulteriore tassello di un luogo, visto come un mosaico di prospettive possibili, un'approssimazione più raffinata di un racconto, che non si può evincere esclusivamente da proposte di visualizzazione statica dell'architettura e della città, ma che può esprimersi solo attraverso una memoria e una conoscenza dinamiche.

Dal digitale al prototipo: modelli per Carpi (I. Friso)
Narrare le vicende storiche che hanno contribuito all'attuale configurazione spaziale di Piazza Martiri, nella città di Carpi, attraverso quelli che oggi sono gli strumenti a disposizione della rappresentazione, è stata un'operazione assai lunga e complessa che ha richiesto, *in primis*, un lungo e puntuale rapporto di collaborazione con l'*équipe* di studiosi che da molti anni lavorano a questo progetto.
Il problema principale con il quale confrontarsi sta nel riportare alla luce tutte quelle trasformazioni architettoniche che hanno interessato la piazza in oggetto e il territorio limitrofo, delimitato dall'andamento delle antiche mura cittadine, i cui cambiamenti, tipologici e morfologici, hanno inciso drasticamente sulla composizione odierna di questo ampio luogo urbano. Dopo un'attenta verifica delle fasi salienti e dei cambiamenti avvenuti, lo sforzo iniziale è stato sicuramente quello interpretativo della conformazione geometrico-spaziale di tutti gli edifici che affacciano direttamente su piazza Martiri e ad essa adiacenti e, in un secondo momento, trovare la giusta chiave per fornire una lettura critica chiara e corretta di tutti gli aspetti emersi dagli incontri con i rappresentanti del comune e del museo di Carpi e con gli esperti storici.
In occasione della mostra nel Museo della città – che ha sede proprio nel Palazzo Pio, limite longitudinale dell'antica piazza –, e parallelamente alla messa a punto di una serie di questioni di carattere storico-critico, sono stati generati, come abbiamo visto, alcuni modelli digitali finalizzati proprio al racconto delle vicissitudini avvenute: in comune accordo con le rappresentanze carpigiane, si è giunti alla decisione finale di produrre due modelli fisici distinti che rappresentano l'uno la piazza di Carpi all'epoca di Alberto Pio, quando la forma dello spazio trova una definizione propria nel passaggio da platea a piazza vera e propria, e l'altro che riproduce la piazza dell'unità d'Italia dotata della statua equestre di Manfredo Fanti.
Il ritorno ad uno strumento di rappresentazione della storia, certamente più tradizionale rispetto ai modelli virtuali – ma dai quali non possono assolutamente prescindere come vedremo in seguito –, consente di identificare, in maniera immediata e con una maggiore veridicità, le relazioni che esistono tra edifici costruiti e spazi vuoti oltre a verificare tangibilmente tutti gli aspetti formali emersi durante la fase digitale.
La produzione delle due *maquettes* in polvere di gesso pongono l'attenzione su alcune problematiche che emergono dall'analisi e all'interpretazione dei dati della documentazione: infatti,

le tecnologie di prototipazione rapida (nella dizione inglese, Rapid Prototyping, RP) sono sistemi che, prescindendo dalla complessità costruttiva dell'oggetto, lo realizzano, con tecniche additive, partendo da una definizione matematica ottenuta attraverso sistemi informatici CAD tridimensionale. In questa maniera, integrando diverse metodologie, si riesce a restituire, in tempi relativamente brevi, modelli attendibili e tangibili degli oggetti di studio, a scopo documentativo, di supporto, di ricerca ma, soprattutto, di verifica dello spazio architettonico e, nello specifico, urbano.
Inoltre la possibilità di realizzare modelli tridimensionali ridotti ad una opportuna scala di rappresentazione di parti significative degli edifici storici – opportunamente modellati digitalmente – consente di attivare processi di analisi dei manufatti con particolare riferimento alle soluzioni spaziali e ai rapporti proporzionali caratteristici di una data epoca storica.
Come abbiamo già accennato, esiste un legame stretto e biunivoco tra il clone della città *modellata* digitalmente in un primo momento e il modello fisico conseguentemente prodotto dalla macchina. Il primo costituisce lo scheletro e la struttura su cui si basa il modello materiale il quale, a sua volta, non può prescindere dalle decisioni prese durante la fase iniziale di modellazione: dunque sarebbe sempre opportuno avere sotto controllo le finalità del prodotto prima ancora di iniziare l'eventuale modellazione con i sistemi CAD.



Figura 5. Prototipazione in gesso da modello virtuale: piazza Martiri agli inizi del 1900; foto G.A Ferracina.

Il passaggio dall'uno all'altro non è così semplice e scontato come potrebbe apparire ad occhi meno esperti, in realtà subentrando alcune problematiche di carattere decisionale che complicano

notevolmente questo processo e che inducono a prediligere alcuni aspetti formali rispetto ad altri, ai fini di una lettura più agevole dell'architettura e dello spazio urbano.
La rappresentazione digitale consente di ottenere un clone molto dettagliato dell'oggetto, fedele in ogni sua parte a quello reale. Nel caso specifico abbiamo scelto di realizzare gli edifici che insistono direttamente sulla piazza e sugli assi viari principali della città – via Fanti Cabassi, via Guaitoli, corso Alberto Pio e piazza Garibaldi – in maniera molto particolareggiata lasciando, invece, solo un'indicazione volumetrica di tutti quelli collocati entro i confini del centro storico delimitato dalle mura cittadine.
Le difficoltà sorte nella fase di "stampa 3d" riguardano un duplice aspetto che interessa la scala di riduzione a cui ambisce il modello fisico finale. Il primo fattore agisce sul processo di discretizzazione critica dei dettagli del modello digitale, al fine di ottenere maggiore chiarezza nella lettura del plastico urbano: per quanto la macchina prototipatrice raggiunga un livello di precisione e di tolleranza molto alta, è assurdo aver la pretesa di rappresentare degli edifici ad una scala urbana in modo tanto minuzioso quanto richiederebbe una stampa in scala reale dell'oggetto. Dunque il primo passo è quello di selezionare in maniera critica ciò che effettivamente deve essere prototipato rispetto a ciò che invece può essere ignorato poiché non aggiungerebbe alcuna informazione rilevante al fine della lettura del modello.
La seconda riguarda invece la gestione dei volumi prodotti: dovendo realizzare la *maquette* di una porzione considerevole di città, ci si è dovuti confrontare con la difficoltà di suddividere la base dell'intero modello in dodici parti uguali ponendo molta attenzione al luogo in cui far passare i piani di sezione verticali nel modello evitando così di ottenere architetture sezionate in punti alquanto significativi. È per questo motivo che si è scelto di "stampare" gli edifici separatamente rispetto alla base non costituendo così un unico blocco mentre il Portico Lungo così come Palazzo Pio, necessitano di una soluzione diversa poiché, non avendo i requisiti adatti, non è stato possibile rientrare nelle caratteristiche di stampa richieste dalla macchina: dunque abbiamo optato per la stampa in due parti distinte che sono state opportunamente affiancate e collocate nell'esatta posizione dell'orientamento planimetrico.

Conclusioni

Al di là delle esigenze di rappresentazione e comunicazione dei fenomeni storici, confluiti nei materiali in mostra permanente nel Museo della Città di Carpi, il lavoro svolto va ad arricchire grandemente la base dei documenti informatizzati a disposizione della città, per poter attingere in futuro a questa mole di dati digitali, non solo per approfondimenti ulteriori, ma anche per rappresentazioni sempre più "aperte". Inoltre, tale lavoro si è configurato come approccio sistematico per la storia dell'architettura e la storia urbana, attraverso protocolli e procedure atti a garantire la visualizzazione e la comunicazione dei processi e dei fenomeni che, nel tempo, concorrono alle trasformazioni di una città.

Riferimenti Bibliografici

M. Bettini, *Vertere. Un antropologia della traduzione nella cultura antica*, Torino 2012.
F. Bocchi, *Informatica e storia urbana. Il catasto di Carpi del 1472 analizzato con il computer*, Milano 1984.
M. Rossi et. Al., La *città del Principe, Semper e Carpi. Attualità e continuità della ricerca*, Pisa 2001.
E. Svalduz, *Da castello a "città": Carpi e Alberto Pio (1472-1530)*, Roma 2001.
A. Garuti, M. Rossi, E. Svalduz, *La piazza di Carpi, salotto e icona della città*, Modena 2002.
E. Svalduz, *L'ambizione di essere città. Piccoli, grandi centri nell'Italia rinascimentale*, Padova 2004.

Copertura nevosa nella provincia del Verbano-Cusio-Ossola: analisi automatizzata di una serie storica MODIS

Danilo Godone (*), Gianluca Filippa (**), Silvia Terzago (***), Michele Freppaz (**), Simona Fratianni (***), Gabriele Garnero (*), Enrico Rivella (****), Alessio Salandin (****), Secondo Barbero (****)

(*) Università di Torino, DEIAFA, Via L. Da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO), danilo.godone@unito.it
(**) Università di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Via L. Da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO)
(***) Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Valperga Caluso 35, 10125 Torino
(****) ARPA Piemonte, Via Pio VII 9, 10135 Torino

Riassunto

L'elevata riflettività combinata con l'elevata copertura superficiale rendono la neve una componente essenziale del bilancio radiativo del pianeta.
Il telerilevamento satellitare consente, sfruttandone le caratteristiche, di misurarne la copertura.
MODIS è il sensore attualmente utilizzato per la misurazione della copertura nevosa: le osservazioni generano mappe giornaliere di copertura nevosa con risoluzione di 500 metri.
Nella presente sperimentazione, sono state impiegate 506 scene nell'intervallo temporale 2000-2010 per analizzare la copertura nevosa nella Provincia del Verbano-Cusio-Ossola: i dati sono stati oggetto di riclassificazione per ottimizzarne il contenuto informativo in funzione delle esigenze del progetto.
La riclassificazione ha l'obiettivo di fornire una quantificazione dei pixel caratterizzati da copertura nevosa e valutarne la superficie in funzione del tempo: i raster così riclassificati sono stati aggregati in tabelle recanti in colonna l'istante temporale di acquisizione del dato e in riga l'ID del pixel; è stata inoltre inserita, in un'apposita colonna, la quota del pixel estratta dal modello altimetrico digitale opportunamente ricampionato alla medesima risoluzione delle scene MODIS.
La procedura descritta è stata implementata in ambiente Visual Basic, dove è stato possibile automatizzarne lo svolgimento in modo da processare, in ogni fase della sequenza, tutti i dati. Al termine della procedura sono state generate delle tabelle di sintesi, suddivise nei singoli anni di osservazione; dalle informazioni contenute nelle singole tabelle è stato quindi possibile elaborare, sfruttando le potenzialità del linguaggio R, delle rappresentazioni grafiche e cartografiche della permanenza della neve al suolo significativa per il territorio oggetto di studio.
I dati ottenuti da tali elaborazioni sono stati validati mediante il confronto con i dati ottenuti dai nivometri presenti nel territorio della Provincia, in particolare confrontando la data della scomparsa del manto nevoso valutato secondo i 2 approcci (MODIS e nivometri).

Abstract

The snow is an essential component of the radiation balance of the planet due to its high reflectivity combined with the high surface coverage. The remote sensing allows, by exploiting snow physical features, to measure its coverage. MODIS sensor is currently used for the measurement of snow cover: the observations generate daily snow cover maps with a resolution of 500 meters. In our experiments, we used 506 scenes (2000 - 2010) to analyze the snow cover dynamics in the Verbano - Cusio – Ossola Province: the data have been reclassified in order to optimize the information content to the needs of the project. The reclassification has the objective to provide a quantification of pixels characterized by snow cover and to evaluate the surface in term of time: reclassified raster

have been aggregated into tables containing, in columns, the time of acquisition of each scene and in rows the ID and values of pixels, their elevation, extracted from digital elevation model, resampled at the same resolution of MODIS scenes, has also been included in a separate column. The procedure was implemented in Visual Basic environment, where every step of the sequence has been automated, allowing the processing of the whole dataset. At the end of the procedure summary tables were generated, subdivided into individual years of observation, table data have been then processed, exploiting the potential of the R language, by generating graphic representations and maps of snow cover concerning the study area. The data obtained from these calculations were validated by comparison with data obtained from snow sensor located in the Province, in particular by comparing the snowpack melt-out date evaluated according to the 2 approaches - MODIS and snow sensors.

Introduzione

L'elevata riflettività della neve, combinata con l'elevata copertura superficiale (durante la stagione invernale dell'emisfero settentrionale la neve può arrivare a coprire oltre il 40% della superficie globale), rendono la neve una componente essenziale del bilancio radiativo del pianeta (Godone, 2008).

L'albedo è la quantità di radiazione riflessa rispetto alla radiazione solare; la neve può assumere valori di albedo molto elevati, tra l'80% e il 40%, rispettivamente in caso di neve fresca o trasformata e/o sporca (Paudel and Anderson, 2011; Bates et al, 2008; Barry et al, 2007).

Il telerilevamento satellitare consente di sfruttare le caratteristiche della neve per misurarne la copertura, in quanto l'elevata albedo determina un elevato contrasto rispetto alle altre superfici (ad eccezione delle nuvole).

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) è il sensore attualmente utilizzato per la misurazione della copertura nevosa: è montato su due satelliti (*Terra* e *Aqua*) nell'ambito dell'EOS (*Earth Observing System*), ed è caratterizzato da 36 bande spettrali comprese nell'intervallo 0.4 µm - 14.4 µm. (Hall and Riggs, 2007; Hall et al, 2002; Riggs et al, 1999). Le osservazioni del sensore MODIS generano mappe giornaliere di copertura nevosa con risoluzione di 500*500 m.

Nell'ambito del progetto sono state impiegate 506 scene provenienti dal sensore per analizzare la copertura nevosa nell'area di studio, la Provincia del Verbano-Cusio-Ossola (Piemonte).

Considerata la mole di informazioni a disposizione, si è proceduto alla definizione di una procedura automatizzata che consentisse di ottimizzare le fasi di analisi (Godone et al, 2011). I dati sono stati forniti nel formato di scambio ASCII (.ASC), importabile in quasi tutti i software di analisi d'immagine e GIS, nel caso specifico ArcGis 9.x.

La prima fase è stata quindi la generazione di files raster in formato proprietario (ESRI GRID) per consentire l'input nei *tools* di processamento e analisi.

I dati così trasformati sono stati oggetto di riclassificazione per ottimizzarne il contenuto informativo in funzione delle esigenze del progetto: come illustrato nella tabella seguente (Tabella 1), si è proceduto a ridurre le classi di attributo del pixel da 11 a 3. Tale riclassificazione ha l'obiettivo di fornire una quantificazione dei pixels caratterizzati da copertura nevosa (Code = 1) e quindi valutarne la superficie in funzione del tempo.

I raster così riclassificati sono stati aggregati in tabelle recanti in colonna l'istante temporale di acquisizione del dato e in riga la coordinata del centro del pixel, è stata inoltre associata la quota del pixel estratta dal modello altimetrico digitale opportunamente ricampionato alla medesima risoluzione delle scene MODIS (500 metri).

La procedura descritta è stata quindi implementata in ambiente *Visual Basic*, adattando il codice Python (ESRI, 2009) dei *tools* descritti in precedenza, per cui è stato possibile automatizzarne lo svolgimento in modo da processare, in ogni fase della sequenza, tutti i dati.

Integer Value	Meaning	Code
255	Fill Data--no data expected for pixel	3
254	Saturated MODIS sensor detector	3
200	Snow	1
100	Snow-Covered Lake Ice	1
50	Cloud Obscured	3
39	Ocean	2
37	Inland Water	2
25	Land--no snow detected	2
11	Darkness, terminator or polar	3
1	No Decision	3
0	Sensor Data Missing	3

Tabella 1. Classi di attributo dei singoli pixel.

Considerata la mole di dati disponibili, la tabella complessiva non è stata generata per limiti intrinseci ai *tools* di processamento, e sono state quindi generate, sempre in modalità automatica, le tabelle suddivise nei singoli anni di osservazione; dalle tabelle sono state quindi effettuate delle elaborazioni e visualizzazioni dei periodi caratterizzati da copertura nevosa nell'area di studio.
Dalle informazioni contenute nelle singole tabelle è stato quindi possibile elaborare delle rappresentazioni cartografiche della permanenza della neve al suolo significativa per il territorio della Provincia del Verbano-Cusio-Ossola; si è quindi proceduto al conteggio delle settimane caratterizzate da copertura nevosa memorizzando i valori in formato raster (Figura 1).

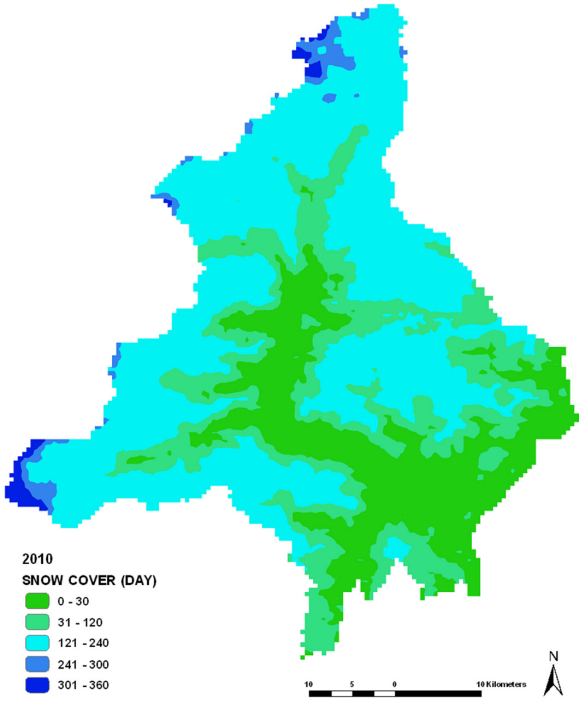


Figura 1. Rappresentazione della durata della copertura nevosa (anno 2010).

Nivometri

La misura puntuale della copertura nevosa viene effettuata da sensori integrati nelle stazioni nivo-meteorologiche appartenenti alla rete di monitoraggio di ARPA Piemonte; i dati registrati dalle stazioni strumentali sono stati paragonati con quelli ottenuti dalle elaborazioni precedentemente descritte relativi alle immagini MODIS.

Le stazioni nivo-meteorologiche acquisiscono ad intervalli di 30 minuti i dati di altezza della neve al suolo e di temperatura dell'aria, oltre ad altri parametri che variano da sito a sito che possono essere la velocità e direzione del vento, l'umidità dell'aria, la radiazione solare e la temperatura della neve. L'altezza della neve al suolo, in particolare, è misurata da un sensore a ultrasuoni montato su palo.

Le nove stazioni (Alpe Cheggio, Alpe Devero, Alpe Veglia, Formazza, Lago delle Locce, Larecchio, Macugnaga Pecetto, Macugnaga Rifugio Zamboni, Passo del Moro) impiegate nelle elaborazioni sono disposte in un intervallo di quota che varia dai 1820 ai 2820 m. I dati complessivi sono memorizzati in 96 dataset annuali, considerando la copertura temporale tra il 2000 e il 2010 e che una stazione (Macugnaga Rifugio Zamboni) ha iniziato la sua attività solo nel 2003.

Le registrazioni dei sensori, ai fini dei futuri processamenti, sono state processate allo scopo di ottenere una misura giornaliera rappresentata dal valore mediano; con l'impiego dell'ambiente di sviluppo R (*R Development Core Team*, 2010) si è quindi proceduto a determinare la data di scomparsa della neve, per ogni anno di indagine e per ogni stazione. Quando la data non era univocamente identificabile a causa di successive precipitazioni, è stata definita in corrispondenza della totale scomparsa della neve dopo l'ultima nevicata con persistenza al suolo superiore a 8 giorni (risoluzione temporale del MODIS). In meno del 10% dei casi (8 su 96) i dati non sono stati utilizzabili per malfunzionamento del sensore nella stagione di fusione del manto nevoso.

I dati in situ e quelli provenienti dalle elaborazioni MODIS sono stati confrontati in funzione della data di scomparsa del manto nevoso, con l'obiettivo di valutare l'affidabilità del dato MODIS.

La data è stata valutata estraendo, in corrispondenza delle coordinate delle stazioni, i dati delle scene con la medesima procedura impiegata in precedenza, in particolare sfruttando la funzionalità dell'ultimo strumento di elaborazione del software "Modis VBA 2.0".

Risultati e Discussione

MODIS

L'intero dataset MODIS è stato processato automaticamente dal software "Modis VBA 2.0": ogni singolo raster è stato convertito nel formato ESRI GRID, riclassificato secondo la Tabella 1 e ogni cella è stata estratta in funzione delle coordinate delle celle del modello digitale del terreno. Il risultato finale è costituito da 10 tabelle, per ogni anno di osservazione considerato, contenenti i valori delle celle, parametri morfologici (pendenza, esposizione e quota) e le coordinate delle celle, con l'obiettivo di rappresentare le variabili in ambiente GIS.

Ogni tabella è stata impiegata per rappresentare l'andamento della copertura nevosa, in ogni anno, espressa come percentuale della superficie dell'area di studio. Successivamente si è proceduto al confronto con i dati delle stazioni.

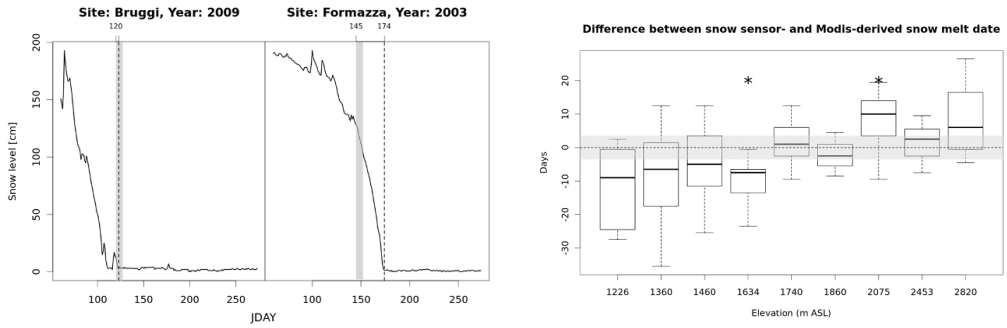


*Figura 2. A sinistra: corrispondenza tra dati MODIS (banda grigia) e delle stazioni nivo-meteorologiche (linea tratteggiata): esempio di buona (sinistra) e scarsa (destra) corrispondenza. A destra: box-plot illustranti gli scarti tra nivometri e MODIS, raggruppati per stazione e disposti in ordine crescente di quota. * = mediane significativamente differenti da 0.*

Nivometri e comparazione dei risultati

La data di scomparsa della neve risulta, secondo i nivometri, in un intervallo compreso tra il 13 marzo e il 2 agosto, con una data media corrispondente al giorno 11 maggio. Tale variabilità è spiegabile dall'influenza dell'elevata variabilità interannuale e dalla differente quota delle stazioni impiegate nell'analisi.

Il confronto tra le date di scomparsa del manto nevoso, determinate dalle due metodologie, ha portato a risultati molto differenti, con discordanze che variano da 7 a 30 giorni nel caso peggiore.

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è illustrata un'analisi complessiva degli scarti nella determinazione della data di scomparsa del manto nevoso tra MODIS e nivometri in funzione della quota delle stazioni nivo-meteorologiche: la massima discrepanza, come già anticipato, si aggira intorno ai 30 giorni.

Il 38% dei dati si colloca nell'intervallo di scarti di ± 10 giorni.

C'è una relazione debole ($r = 0.33$) ma significativa ($p < 0.01$) tra gli scarti e la quota, il che evidenzia come a quote più basse il MODIS tenda a sovrastimare la misura, mentre a quote più elevate si osserva un comportamento contrario. Questo fenomeno può essere spiegato dall'aumento della complessità morfologica e dei fattori di disturbo al crescere della quota. Siti a quota più elevata sono infatti di solito maggiormente interessati dall'erosione eolica, che influisce negativamente sulla persistenza del manto nevoso se paragonata a stazioni collocate in aree meno esposte. L'analisi non parametrica della varianza mostra che solo due delle nove stazioni sono caratterizzate da una sotto- o sovra-stima significativamente differente da zero (come mostrato dagli * in Figura 2), a sottolineare la buona corrispondenza tra MODIS e nivometri.

Inoltre, l'intervallo di confidenza al 99% calcolato su tutti gli scarti ($n = 88$) è pari a -1.6 ± 4.1 giorni, indicando che il livello di incertezza ricade nella risoluzione temporale del MODIS.

Conclusioni

La complessa morfologia delle aree montane rende difficile descrivere la variabilità spaziale della copertura nevosa e valutare i suoi effetti sull'ecologia delle zone interessate, come la composizione specifica della vegetazione e l'evoluzione del suolo (Hiller et al, 2005, Freppaz et al, 2010). Tali considerazioni incoraggiano ulteriori sviluppi nello studio comparato delle dinamiche della copertura nevosa.

Le due procedure indipendenti hanno fornito risultati paragonabili; lo studio ha evidenziato la notevole influenza della quota sulle dinamiche della copertura nevosa con siti a quote più elevate caratterizzati da una copertura nevosa più persistente.

L'impiego di linguaggi di programmazione, in sinergia con il GIS, ha permesso di sfruttare appieno l'intero dataset, ottimizzando il processamento ed ha fornito risultati incoraggianti per il prosieguo della ricerca.

Bibliografia

Paudel K.P., Anderson P., (2011) Monitoring snow cover variability in an agropastoral area in the Trans Himalayan region of Nepal using MODIS data with improved cloud removal methodology. *Remote Sensing of Environment* 115, pp. 1234–1246

Freppaz M.; Filippa G.; Caimi A.; Buffa G., Zanini E. (2010) Soil and plant characteristics in the alpine tundra (NW Italy), in B. Gutierrez and C. Pena Eds, *Tundras: Vegetation, Wildlife and Climate Trends*, Nova Publishers, Hauppauge, NY, pp. 81- 110.

Godone D., Filippa G., Terzago S., Rivella E., Salandin A., Barbero S., Garnero G., Freppaz M., (2011) Snow Cover Extent and Duration in MODIS Time Series: A Comparison with in-situ Measurements (Provincia Verbano Cusio Ossola, NW Italy), INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (ISSN:2224-7777) , pp. 7- 11, Vol. 1.

R Development Core Team (2010) R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria.

ESRI, (2009). ArcGIS Desktop Help: Release 9.2. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, www.esri.com (accessed 05 Oct. 2010)

Bates B., Kundzewicz Z. W., Wu, S. Palutikof J. P., (2008) Climate change and water. *Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC Secretariat.

Godone, D. (2008). Cryosphere dynamics monitoring by innovative geomatic methodologies. *PhD Thesis*, Turin University.

Barry R.G., Armstrong R., Callaghan T., Cherry J., Gearheard S., Nolin A., Russell D., Zöckler C., (2007) Snow. In: UNEP/GRID (Editor), *Global outlook for ice & snow*. United Nations Environment Programme, Arendal, pp. 39 - 62.

Hall D.K., Riggs G.A., (2007): Accuracy assessment of the MODIS snow-cover products, *Hydrological Processes*, 21(12):1534-1547.

Hiller H., Nuebelt N., Brollt G., Holtmeiert F., (2005) Snowbedson Silicate Rocksin the Upper Engadine (Central Alps, Switzerland) - Pedogenesis and Interactions among Soil, Vegetation, and Snow Cover. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 37 (4): 465-476.

Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V., Di Girolamo N.E., Bayr K.A., (2002): MODIS snow-cover products, *Remote Sensing of Environment*, 83:181-194.

Riggs, G., Hall D.K., Ackerman S.A., (1999) Sea ice extent and classification with the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Airborne Simulator (MAS), *Remote Sensing of Environment*, 68(2), pp. 152-163.

Terzago S., Cremonini R., Cassardo C., Fratianni S. (2012) Analysis of snow precipitation during the period 2000-09 and evaluation of a MSG/SEVIRI snow cover algorithm in SW Italian Alps, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 35, pp. 91- 99.

Web-GIS per la mappatura dell'abbandono dei rifiuti

Salvatore Greco, Giuseppe Maffeis (*), Giorgio Ghiringhelli (**),
Elisa Amodeo, Paolo Landini (***)

(*) TerrAria Srl, Via M. Gioia 132, 20125 Milano, Tel. 02.8708.5650, Fax 02.9737.6569, email: greco@terraria.com
(**) ARS ambiente Srl, V.le C. Noé 45, Gallarate (VA), Tel. 0331.777991, Fax 0331.1989992,
email info@arsambiente.it
(***) Provincia di Varese, P.za Libertà 1, Varese, Tel. 0332.252.826, Fax 0332.252.824, email pit@provincia.va.it

Riassunto
I rifiuti gettati sul suolo pubblico (littering) e le discariche abusive sono oggi un importante problema ambientale, sociale ed economico. Il progetto "*Insubria – Pulizia Sconfinata*", finanziato dal Programma di cooperazione Transfrontaliera Italia-Svizzera 2007/2013, vuole introdurre e testare nuovi strumenti per monitorare il fenomeno e sviluppare una base dati condivisa tra i diversi *stakeholder*. Il progetto, in corso di realizzazione, ha visto come elemento centrale la creazione di un'applicazione Web-GIS che consente di indicare le aree che si presentano degradate a causa dell'abbandono dei rifiuti. La mappa riguarda il territorio della provincia di Varese e del Cantone Ticino (promotori del progetto) e permette, a tutti gli Enti territoriali coinvolti, di essere informati in tempo reale sulle problematiche riscontrate al fine di attivare gli opportuni interventi di pulizia, monitorandone costi ed effetti. Il sistema gestisce il processo evolutivo delle segnalazioni (validazione, aggiornamento, reiterazione, chiusura) ed è integrato con le modalità accertamento amministrativo utilizzate dalle autorità che presidiano dal punto di vista ambientale il territorio (Polizia Provinciale e Guardie Ecologiche Volontarie). Il tool di segnalazione è affiancato da strumenti di reportistica personalizzabili (mappe tematiche, grafici e tabelle) che consentono di monitorare agevolmente il territorio e di evidenziarne le situazioni di criticità e le variazioni nel tempo. Il sistema nel suo complesso risulta un vero e proprio strumento di supporto alle decisioni (DSS) perché consente la presenza più mirata degli organi di vigilanza sul territorio e un monitoraggio puntuale dell'efficacia delle azioni di prevenzione attuate.

Abstract
Littering, which means throwing waste on public spaces, and illegal landfills, currently represent a major environmental, social and economic issue. The project "*Insubria - Pulizia Sconfinata*", funded by the Cross-border Cooperation Programme Italy-Switzerland 2007/2013, aims at introducing and testing new tools to monitor this phenomenon and to develop a common database shared between the various stakeholders.
The core of the project, currently under development, is the development of a Web-GIS application which allows to point out and monitor degraded areas subject to littering and illegal waste dumping. The map covers the province of Varese (Italy) and the Canton Ticino area (Switzerland), project partners, and allows all the local authorities involved to be informed in real time of the problems encountered in order to activate the appropriate cleaning operations, monitoring their costs and effects. The system manages the development of each alert (validation, updating, repetition, closing) and it is integrated with the procedures used by the Public authorities which address at environment control (Provincial Police and Voluntary Ecological Guards).
The Web-GIS is supported by customizable reporting tools (thematic maps, graphs and tables) that allow to easily monitor the area and to highlight the critical situations and their evolution over time. The system is a Decision Support System (DSS) because it helps the authorities to choose where to

perform controls, allowing a detailed monitoring of the effectiveness of the preventive measures put in place.

Introduzione

Oggi sempre più spesso si sente parlare di *littering* ovvero dell'inquinamento di strade, piazze, parchi o mezzi di trasporto pubblici causato gettando intenzionalmente o lasciando cadere rifiuti e abbandonandoli. Anche se in termini assoluti le quantità di rifiuti lasciate sul suolo sono relativamente ridotte, la maggioranza della popolazione percepisce il fenomeno come fastidioso. Il *littering* compromette la qualità di vita e il senso di sicurezza negli spazi pubblici, genera costi elevati per i servizi di pulizia e nuoce all'immagine delle località.

Le cause della crescente mole di rifiuti abbandonati sono molteplici. Sempre più persone trascorrono la pausa pranzo sul posto di lavoro o di formazione e mangiano per strada. La conseguenza quasi inevitabile di queste nuove abitudini di consumo, abbinate a un'accresciuta utilizzazione degli spazi pubblici, è la presenza di una quantità maggiore di rifiuti abbandonati all'aperto. Un'altra tendenza accentuatasi negli ultimi anni è il boom della diffusione di giornali gratuiti e della pubblicità condominiale, che spesso vengono subito gettati o abbandonati da qualche parte durante il tragitto. Il *littering* dalle automobili che interessa alcuni tratti di strade urbane ed extra urbane è un fenomeno diffuso che comporta l'accumulo di rifiuti in aree difficilmente ripulibili (Viale, 1994).

A questi fenomeni si somma quello più circoscritto ma grave delle vere e proprie discariche abusive o incontrollate dove vengono abbandonati quantitativi ingenti di rifiuti, urbani o speciali, pericolosi e non, soprattutto in aree periferiche e naturali.

I rifiuti gettati nell'ambiente, oltre a comportare diversi danni di natura ambientale in senso lato (danno estetico, danno civico, etc.) comportano, per le loro caratteristiche chimiche, biologiche e tossicologiche, danni anche sulla qualità dei suoli o delle acque e in ultima analisi sulla qualità della vita e sulla salute umana. Ne derivano, a vari livelli, ingenti costi economici diretti e indiretti (ARPA E.R., 2011).

La gestione del littering e il risanamento delle discariche abusive comporta costi supplementari rispetto alla normale gestione dei rifiuti urbani e dell'igiene urbana. L'entità di questi extra-costi non è nota analiticamente e finora non sono state effettuate nemmeno stime approssimative, poiché solitamente vengono ricompresi in costi generali di igiene urbana e ripianati attingendo alle casse comunali (quindi direttamente alle tasche dei cittadini attraverso le imposizioni fiscali). Il littering genera quindi costi supplementari diretti e indiretti, di cui si fanno carico per lo più i Comuni e gli Enti che gestiscono i trasporti (BAFU, 2011).

Il problema deve essere affrontato in modo attivo e continuo dalle Amministrazioni preposte, utilizzando un approccio integrato, ovvero operando sia in termini preventivi (mediante lo strumento dell'informazione ed educazione verso i cittadini) che repressivi (tramite l'applicazione delle sanzioni che l'ordinamento prevede). Infatti l'articolo 192 "*divieto di abbandono*" del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. stabilisce infatti, al primo comma, che "*l'abbandono e il deposito incontrollati di rifiuti sul suolo e nel suolo sono vietati*". Peraltro, anche il secondo comma riprende il divieto di abbandono di rifiuti, estendendone la portata alle acque superficiali e sotterranee: "*É altresì vietata l'immissione di rifiuti di qualsiasi genere, allo stato solido o liquido, nelle acque superficiali e sotterranee*".

Per agire sul fronte preventivo e soprattutto su quello repressivo occorre però conoscere il fenomeno sia dal punto di vista generale e territoriale (presenza di abbandoni rifiuti su un'area provinciale e impatto economico creato dalla necessità di ripristinare la pulizia dei luoghi) sia dal punto di vista specifico al fine di fornire agli organi competenti (corpi di Polizia e volontari) gli strumenti conoscitivi atti a permettere il coordinamento delle azioni di pattugliamento e presidio del territorio. Ad oggi non sono disponibili a livello nazionale dei sistemi specifici e organici che agevolino gli Enti di riferimento (Comuni, organi di Polizia, Provincia, etc.) nelle attività di contrasto al fenomeno.

Il progetto "*Insubria Pulizia Sconfinata*"

Il progetto "*Insubria Pulizia Sconfinata*", all'interno Piano Integrato Transfrontaliero (P.I.T.) "*Rifiuti: nuovi percorsi di responsabilità transfrontaliera*" (uno strumento dell'U.E., finanziato con fondi FESR, di cooperazione transfrontaliera tra Italia e Svizzera) si propone di estendere a livello transfrontaliero l'esperienza maturata dall'Osservatorio Provinciale Rifiuti della Provincia di Varese, che ha iniziato a monitorare l'abbandono dei rifiuti fin dal 2008 (Ghiringhelli et al., 2008). Il progetto ha come promotori la Provincia di Varese, la Repubblica e Cantone Ticino e alcune aziende come partner tecnologici.

Il progetto si pone una serie di obiettivi che possono essere distinti tra gestionali (volti alla definizione di pratiche coordinate a livello transfrontaliero per il controllo e la prevenzione del fenomeno), informativi/educativi (per la sensibilizzazione sul tema attraverso campagne di comunicazione e interventi nelle scuole) e sperimentali (utilizzo di software creati *ad hoc*).

All'interno del progetto è stato realizzato infatti uno strumento on-line che consente agli *stakeholder* di interagire in tempo reale e di condividere informazioni e immagini, analisi e considerazioni.

Il sistema Web-GIS di supporto alle decisioni

Il sistema a base del progetto è costituito da un Web-GIS che consente di mappare le aree che si presentano degradate a causa dell'abbandono dei rifiuti. L'applicazione Web prevede un *tool* di segnalazione degli abbandoni per utenti autenticati, affiancato da strumenti di analisi dei dati raccolti e di elaborazione di indicatori personalizzabili che permettono alle Forze dell'ordine e agli Enti preposti di essere coadiuvati, attraverso report di sintesi, nelle loro azioni di monitoraggio e controllo. Di seguito si riporta uno schema sintetico che riassume le principali caratteristiche dello strumento, che si può considerare un vero e proprio sistema di supporto alle decisioni (DSS).

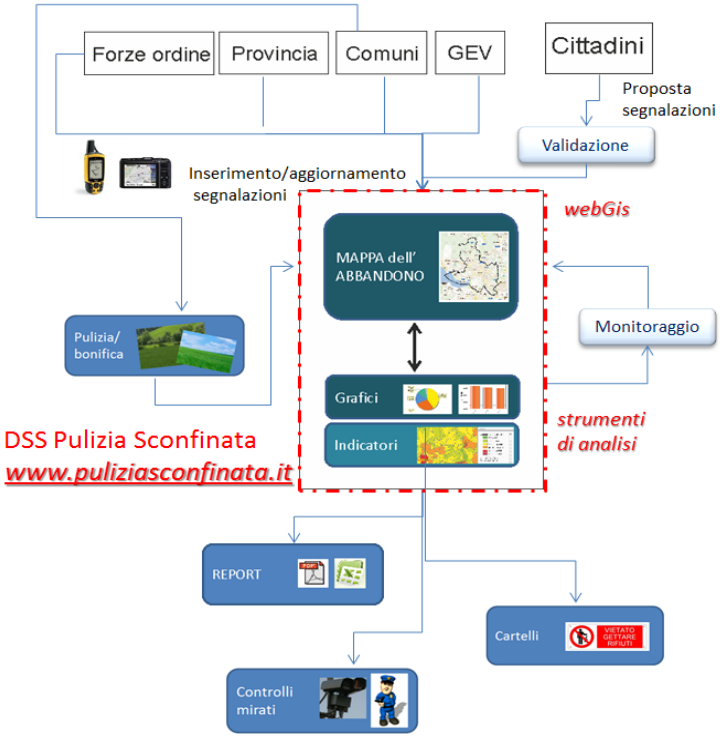


Figura 1. Schema logico del sistema di supporto alle decisioni (DSS) Pulizia Sconfinata.

Gli utilizzatori principali del sistema sono le Forze dell'ordine, i Comuni, la Provincia di Varese, il Canton Ticino e le Guardie Ecologiche Volontarie (GEV). Ciascun utente può localizzare un abbandono inserendo l'indirizzo o direttamente su mappa il punto dove il rifiuto è stato abbandonato, inoltre nel caso di piccole discariche o abbandoni diffusi è possibile disegnare su mappa l'area (vedi Figura 2) o anche il tratto di strada coinvolti (nel caso ad esempio di rifiuti gettati dal finestrino delle automobili in coda). Anche i cittadini, dopo essersi registrati al sistema, possono inviare all'indirizzo www.puliziasconfinata.it le proprie segnalazioni che verranno successivamente validate dalle GEV.

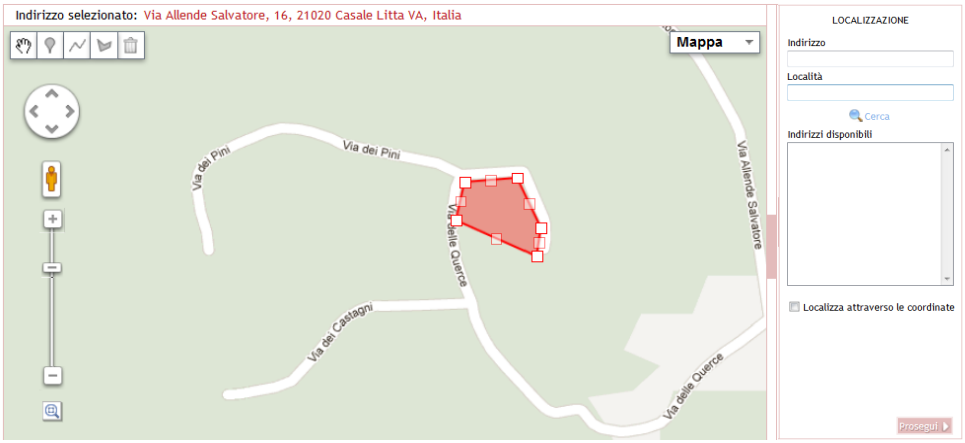


Figura 2. Localizzazione dell'abbandono su mappa nel caso di una piccola discarica.

L'utente mediante un'interfaccia a *wizard* suddivisa in passi, deve specificare le caratteristiche dell'abbandono, le informazioni variano a seconda del profilo: al cittadino viene chiesto di indicare la tipologia e la volumetria dei rifiuti, mentre per le GEV il percorso è più articolato (composto da 6 passi), al termine del quale è possibile produrre il verbale da trasmettere al responsabile di vigilanza per la validazione e da qui all'Amministrazione competente (tutto questo percorso è integrato nel sistema).

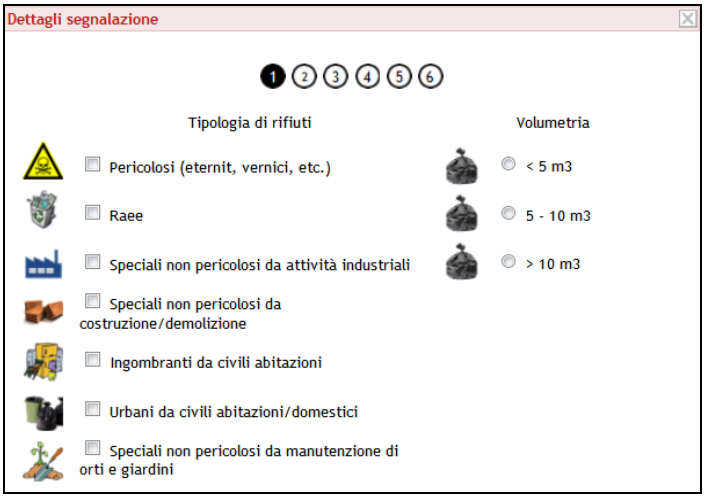


Figura 3. Specifica delle caratteristiche dell'abbandono (tipologia e volumetria).

Tutti gli utenti hanno la possibilità di associare alle segnalazioni delle fotografie e tale opzione è molto utile per monitorare l'evoluzione dei luoghi nel tempo. È possibile infatti che a seguito di un abbandono, prima che si intervenga con un'azione di rimozione, la vista di un luogo degradato induca altre persone a depositare ulteriori rifiuti. Inoltre sono frequenti dei casi in cui nel medesimo luogo (perché non in vista o con scarso passaggio) vengano reiterati degli abbandoni di rifiuti.

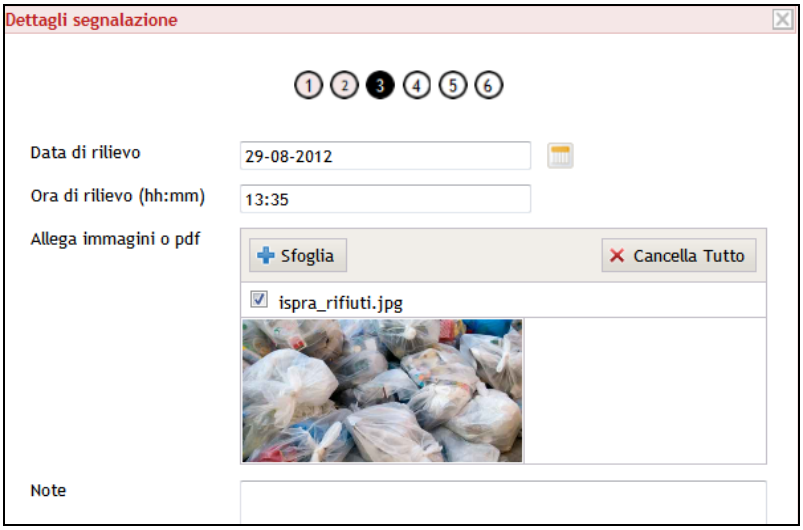


Figura 4. Possibilità di inserire immagini a corredo della segnalazione.

Ciascun utente inoltre è dotato di un proprio "*cassetto delle segnalazioni*" nel quale può ritrovare agevolmente ciò che ha inserito e monitorarne l'evoluzione o aggiornarne lo stato.

Codice	Data	Stato segnalazione	Tipo rifiuti	Indirizzo	Azioni
599	30-08-2012	Inviata	Pericolosi (eternit, vernici, etc.)	Via Benvenuto Cellini, 21020 Mornago VA, Italia	
563	30-08-2012	Chiusa	Speciali non pericolosi da attività industriali	Via Po, 886, 21050 Marnate VA, Italia	
597	30-08-2012	Chiusa	RAEE	Via Sauro Nazario, 2, 21046 Malnate VA, Italia	

Figura 5. Cassetto delle segnalazioni.

Una segnalazione può essere ovviamente anche "*chiusa*" e ciò avviene quando i luoghi sono bonificati. L'Amministrazione Comunale, che è responsabile di quest'attività ai sensi della vigente normativa, deve specificare quando l'operazione è avvenuta e i costi che sono stati sostenuti.



Figura 6. Chiusura di una segnalazione.

Reportistica dati e monitoraggio territorio

Il *tool* per la segnalazione degli abbandoni è stato attivato a dicembre 2011 (solo per i Comuni e per le GEV della Provincia di Varese) e ad oggi, si possono contare 304 segnalazioni inserite, di cui 177 da parte dei tecnici comunali e 127 da parte delle GEV.

Le segnalazioni riguardano punti o aree del territorio in cui il fenomeno dell'abbandono di rifiuti può essere più o meno ingente in termini quantitativi, ma si distingue generalmente sia per la ricorrenza nel tempo che per la concentrazione in alcune specifiche porzioni di territorio, a conferma del fatto che un luogo già "degradato" è più "invitante". Molto spesso i rifiuti sono abbandonati in aree naturali, nascoste, in corrispondenza di cavalcavia e sottopassi stradali, in prossimità di grandi arterie stradali, ma anche sul ciglio di strade di campagna, in qualche caso anche in prossimità di corsi d'acqua o dei centri di conferimento (isole ecologiche comunali). Complessivamente, sul territorio provinciale, il fenomeno è abbastanza diffuso e la densità delle segnalazioni appare piuttosto omogenea, con una certa prevalenza per l'area più a sud, ove si concentrano le maggiori attività industriali e commerciali, nonché una maggiore densità abitativa.

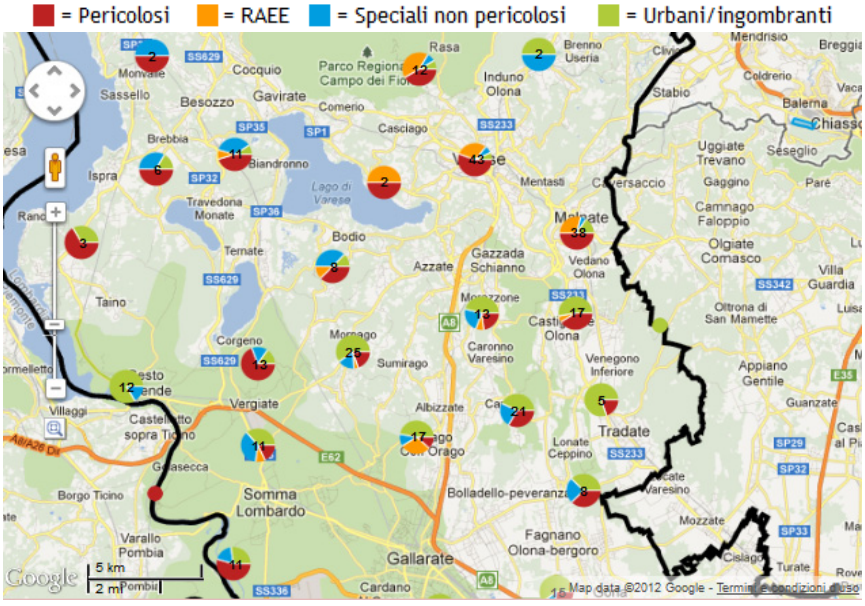


Figura 7. Segnalazioni effettuate nel territorio della provincia di Varese (aggiornamento: 03/09/2012). Il grafico a torta mostra il numero di segnalazioni e le tipologie presenti (rifiuti pericolosi, RAEE, speciali non pericolosi, urbani/ingombranti), l'utente zoomando vedrà poi la posizione esatta di ciascuna.

Gli abbandoni sono segnalati dai soggetti che pattugliano frequentemente il territorio: nel caso di segnalazioni inserite da un Comune si tratta molto spesso di agenti di Polizia Locale, degli operatori ecologici o dell'ufficio tecnico comunale. Nei territori compresi nei Parchi o Comunità Montane, il monitoraggio è compito dei Guardia Parco o dalle GEV a servizio del Parco stesso. Un importante ruolo hanno in particolare le GEV della Provincia di Varese che pattugliano i restanti 70 Comuni, non compresi nei Parchi o nelle Comunità Montane. Nella stragrande maggioranza dei casi di abbandono il responsabile non viene identificato, nelle rare eccezioni (4%) viene contestata, da parte dell'accertatore del reato, e si giunge ad irrogare una sanzione amministrativa o penale a seconda dell'entità del reato. Per il 23% delle segnalazioni inserite, è stato eseguito un intervento di rimozione dei rifiuti e di pulizia a carico del responsabile mentre, in altri casi, il ripristino dei luoghi è stato a carico del Comune di riferimento e quindi con onere per la collettività. Se l'abbandono riguarda rifiuti non pericolosi e di modesta entità, la pulizia del luogo può essere effettuata attraverso il servizio ordinario di igiene urbana e spazzamento strade, mentre, qualora si tratti di rifiuti ingombranti o pericolosi, è necessario attivare imprese specializzate con conseguente prolungamento dei tempi di ripristino e aggravio dei costi.
Per quanto riguarda invece la tipologia di rifiuti, sono i rifiuti urbani domestici ad essere più frequentemente abbandonati (33%), seguiti da macerie e inerti da attività edile (11%), ingombranti da civili abitazioni (10%) e pericolosi (9%), che, rispetto agli urbani, richiedono una procedura più onerosa per essere smaltiti a norma di legge. Nel 34% dei casi, sono stati segnalati cumuli di rifiuti di tipo misto (con la dicitura '*Altro*' nella tabella seguente): analizzando i dettagli delle segnalazioni rientranti in questa categoria si rileva comunque una rilevante presenza di rifiuti urbani e di rifiuti pericolosi (eternit, vernici, etc.).

Tipologia	**N.**	**%**	**Altro**
Urbani da civili abitazioni/domestici	101	33%	32%
Speciali non pericolosi (SNP) da attività industriali	6	2%	18%
Speciali non pericolosi (SNP) da costruzione/demolizione	34	11%	12%
Speciali non pericolosi (SNP) da manutenzione di orti e giardini	1	0%	5%
Ingombranti da civili abitazioni	29	10%	7%
RAEE	3	1%	6%
Pericolosi (eternit, vernici, etc.)	28	9%	20%
Altro	102	34%	
TOT	*304*	*100%*	

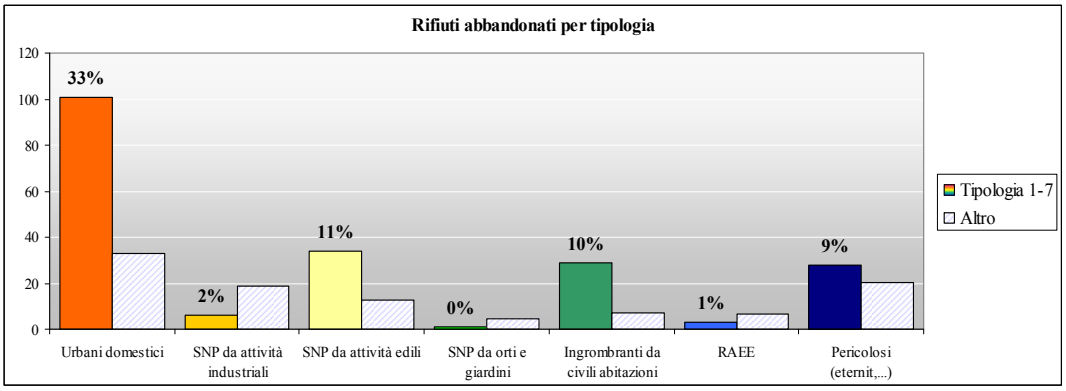


Figura 8. Rifiuti abbandonati per tipologia, con il dettaglio della categoria 'Altro'.

A partire dai punti di abbandono segnalati sulla mappa, è iniziata un'attività di monitoraggio al fine di valutare a campione l'evoluzione del fenomeno nel tempo. A breve però saranno gli stessi Enti

preposti al controllo del territorio che si attiveranno utilizzando il DSS "*Pulizia Sconfinata*" per identificare le aree più critiche e sottoporle ad un monitoraggio periodico. In tal modo sarà più facile da un lato individuare i responsabili degli abbandoni e accertarne il reato secondo i termini di legge, e dall'altro collaborare con gli Enti preposti alla pulizia e ripristino dei luoghi per intervenire prontamente in modo efficace e diretto.

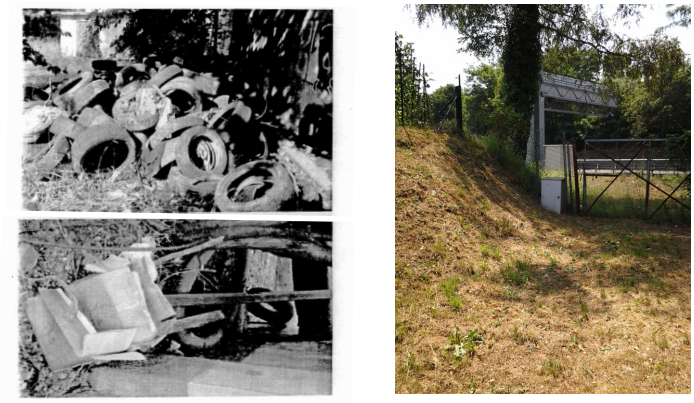


Figura 9. Abbandono di rifiuti speciali (a sinistra) e luogo ripulito (a destra).

Conclusioni

L'intento del progetto "*Insubria - Pulizia Sconfinata*" di monitorare l'abbandono dei rifiuti e di coordinare l'azione degli Enti coinvolti, è stato raggiunto attraverso l'implementazione di un DSS integrato ad un Web-GIS.

A seguito di questo primo *step*, saranno avviate una serie di azioni volte a contrastare il fenomeno degli abbandoni, monitorando il territorio attraverso sopralluoghi mirati, intervenendo su alcune aree vulnerabili come strade, aree naturali, centri storici e parchi cittadini, vie d'acqua e, coinvolgendo attivamente (con azioni mirate di sensibilizzazione ed educazione), varie fasce di cittadini in base all'età, alle abitudini alimentari (fumatori, consumatori di chewing gum o di fast food), alle scelte trasportistiche (automobilisti, utilizzatori dei mezzi pubblici, pedoni, …), ed altre variabili. Agendo quindi in modo proattivo e coordinato sul fronte repressivo e su quello della comunicazione/educazione, si mira a generare un circolo virtuoso che riduca a monte il fenomeno dell'abbandono, abbattendo quindi le esternalità negative economiche e ambientali ad esso legate.

Riferimenti bibliografici

BAFU - Bundesamt für Umwelt (2011), "Il littering costa - Costi di pulizia per frazioni di rifiuti generati dal littering in Svizzera", riassunto della pubblicazione «Littering kostet» (www.bafu.admin.ch/uw-1108-d): 16-17

ARPA Emilia Romagna e ARPA Toscana (2011), "L'impatto della plastica e dei sacchetti sull'ambiente marino", Bologna

G. Ghiringhelli, M. Giavini (2008), "L'abbandono di rifiuti nell'ambiente e il littering: il progetto "strade pulite" della Provincia di Varese, Atti di Ecomondo, Maggioli Ed., Bologna: 168-174

Viale, G. (1994), "Un mondo usa e getta. La civiltà dei rifiuti e i rifiuti della civiltà", Feltrinelli, Milano

Reticolo idrico minore: un GIS integrato al Database Topografico e alla mappa catastale

Franco Guzzetti (*), Matteo Marchetti (*), Alice Pasquinelli (*), Paolo Viskanic (**)

(*) Politencico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 21033 Milano, 02 23996523,
(franco.guzzetti, matteo.marchetti, alice.pasquinelli)@polimi.it
(**) R3-Gis S.r.l., Via Johann Kravogl 2, 39012 Merano (BZ), 0473 494949, paolo.viskanic@r3-gis.com

Riassunto

Le dinamiche legislative stanno rendendo sempre più pressante per gli Enti Locali la necessità di conoscere e governare il reticolo idrico. L'obiettivo primario è la gestione del rischio idrogeologico mediante adeguati interventi di manutenzione e prevenzione; lo scopo può essere ottenuto solo con una precisa conoscenza del territorio e con una moderna gestione dei diritti e doveri correlati ai terreni e ai fabbricati che impattano sul reticolo idrico e nella relativa fascia di rispetto.

Nel lavoro si descrive l'avvio dell'attività di polizia idraulica relativa al reticolo idrico minore di un comune lombardo. In primo luogo l'integrazione di Database Topografico con la nuvola di punti Lidar e l'ortofoto digitale ad alta risoluzione, supportata da specifici sopralluoghi sul posto, hanno permesso di creare una base geografica molto fedele al reale sia dal punto di vista metrico che informativo. È di primaria importanza nel Sit comunale un applicativo che ottimizzi l'integrazione fra base catastale e Database Topografico; nel caso specifico è stato utilizzato l'applicativo "R3 UrbanTools" realizzato dalla società "R3 GIS" su piattaforma *Open Source*.

In particolare, per gestire il *workflow* della polizia idraulica è stato implementato un ulteriore modulo, che consente la completa gestione dell'applicazione del canone di polizia idraulica, sia per quanto concerna le nuove concessioni, sia per il progressivo recupero ed adeguamento dello storico.

Oltre ad una corretta implementazione delle regole previste dalla normativa di riferimento, l'applicazione fornisce una aggiornata e completa informazione sul regime idraulico della storica rete di canali, risorgive, rogge e scoline che costituiscono la caratteristica ambientale più importante del territorio in oggetto.

Abstract

The recent evolution of the law is making more and more urgent for the Municipalities the necessity to know and govern the hydraulic network. The main goal is the management of the hydrogeological risk through appropriate interventions of maintenance and prevention; the purpose can be reached only with a precise knowledge of the territory and with a modern management of the rights and duties related to the land and buildings which have an impact on the hydraulic network and in its buffer zone.

This work describes the beginning of the activity of hydraulic policy for the minor hydraulic network of a municipality of the region Lombardy. First of all the integration of the Topographical Database with the Lidar point cloud and the high resolution digital ortophoto, supported by specific surveys, allowed to create a geographic base true to reality from both metric and informative perspectives. An application like "R3 UrbanTools", which optimizes the integration between cadastral map and Topographical Database, is fundamental in the Geographic Information System of the municipality.

The company "R3 GIS" implemented an additional module, which allows the management of the hydraulic tax, for what concerns the new permissions and for the progressive recovery and adjustment of the historical situations.
The application provides a correct implementation of the rules established by law and updated and complete information about the hydraulic regime of the network made by irrigation channels which represent the most important environmental peculiarity of the territory.

Introduzione
Da qualche anno la legislazione lombarda ha stabilito l'obbligo di provvedere allo svolgimento dell'attività di polizia idraulica al fine di incentivare la prevenzione del rischio idrogeologico e la buona manutenzione del demanio idrico. La polizia idraulica è definita come la materia che regolamenta, autorizza e gestisce la realizzazione ed il mantenimento di opere nonché le attività da realizzarsi all'interno delle aree demaniali fluviali e nelle relative fasce di rispetto. Essa si esplica mediante la vigilanza, l'accertamento e la contestazione delle violazioni previste in materia, il rilascio di concessioni relative all'utilizzo e all'occupazione dei beni demaniali, il rilascio di autorizzazioni relative ad opere nella fascia di rispetto dei corsi d'acqua.
Per un corretto svolgimento dell'attività di polizia idraulica è dunque necessario dare una risposta certa a due differenti questioni:

1. Quali corsi d'acqua appartengono al demanio idrico;
2. Come si ripartiscono tra i diversi Enti le competenze per quanto riguarda l'attività di polizia idraulica.

Una prima risposta è fornita dalla Legge Regionale lombarda n.1 del 05/01/2000, la quale sancisce che è di competenza regionale "l'individuazione delle acque che costituiscono il reticolo idrico principale e sul quale la Regione stessa esercita le funzioni di polizia idraulica" mentre "ai comuni sono delegate le funzioni relative all'adozione dei provvedimenti di polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore".
Successivamente nella D.G.R. n.7/7868 del 25/01/2002, modificata dalla più recente D.G.R. n.9/2762 del 22/12/2011, vengono individuati tutti i corsi d'acqua che costituiscono il reticolo idrico principale ed i canali gestiti dai consorzi di bonifica, mentre, per quanto riguarda il reticolo idrico minore, vengono stabiliti i criteri e gli indirizzi per la sua individuazione e per lo svolgimento dell'attività di polizia idraulica. Sono inoltre determinati i canoni regionali di polizia idraulica da applicarsi al reticolo idrico sia principale sia minore.
Rimane a carico degli Enti Locali l'oneroso compito dell'individuazione del Reticolo idrico minore. Esso è infatti costituito per la maggior parte da elementi idrici come rogge, scoline o prese irrigue, difficilmente rintracciabili a causa delle loro dimensioni e caratteristiche. È stato scelto come campo di prova un comune di pianura della zona Milano Est; utilizzando le informazioni provenienti da diverse fonti cartografiche ed integrandole con sopralluoghi mirati si è provato a definire una procedura operativa per la creazione di un GIS del reticolo idrico minore come strumento di supporto allo svolgimento dell'attività di polizia idraulica.

Individuazione del reticolo idrico minore
L'individuazione del Reticolo idrico minore parte, come detto, dalle indicazioni contenute nell'Allegato B della D.G.R. n.9/2762.

"In generale appartengono al reticolo idrico superficiale i canali e i corsi d'acqua che siano così rappresentati nelle carte catastali e/o nelle cartografie ufficiali (IGM, CTR), ancorché non più attivi."
Il reticolo idrico minore risulta "costituito da tutti quelli (corsi d'acqua NDA) che non appartengono al Reticolo Idrico Principale (individuato nell'Allegato A alla presente deliberazione), al Reticolo di competenza dei Consorzi di Bonifica (individuato nell'Allegato D alla presente deliberazione) e che non siano canali privati". Sono infatti "esclusi dal demanio idrico i canali artificiali realizzati da

privati, nei quali le acque (pubbliche) vi sono artificialmente ed appositamente immesse in base a singoli atti di concessione ai sensi del T.U. 1775/1933 … Restano, altresì, esclusi i canali appositamente costruiti per lo smaltimento di liquami e di acque reflue industriali e i collettori artificiali di acque meteoriche".

Sulla base del contenuto della normativa si è dunque deciso di individuare dapprima il reticolo idrico superficiale e di procedere solo successivamente all'estrazione del reticolo idrico minore. Dopo aver effettuato una selezione delle geometrie della carta catastale comunale indicate come "acqua", sono stati effettuati dei confronti incrociati con i corsi d'acqua riportati nelle seguenti fonti cartografiche:

- Carta Tecnica Regionale (CTR);
- Reticolo idrico provinciale;
- Database Topografico (DbT)

L'operazione di confronto può essere svolta grazie a un applicativo GIS solamente se le fonti utilizzate condividono lo stesso sistema di rappresentazione cartografica (UTM WGS84). Se questa condizione non è verificata in partenza è necessario utilizzare appositi software dedicati (VertoGis) o *tools* di rototraslazione.

Una volta terminata questa fase del lavoro è necessario verificare la presenza o meno di canali privati e di corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale o al reticolo di competenza di consorzi di bonifica; essi vanno scremati dal reticolo idrico superficiale arrivando così ad estrarre i soli corsi d'acqua che costituiscono il reticolo idrico minore.

I dati così ottenuti sono però affetti da un'imprecisione riguardante la posizione delle geometrie dovuta alla natura delle fonti cartografiche utilizzate. Sono note le grandi problematiche relative alle geometrie della carta catastale, affette da un'imprecisione non uniforme dovuta alla tecnica di rilievo utilizzata originariamente. Ad esse si aggiunge la necessità di verificare la correttezza delle altre fonti, spesso datate o create per essere utilizzate alle grandi scale. Lo strumento più affidabile, in quanto recente e costruito partendo da tecniche aerofotogrammetriche, è sicuramente il DbT, il quale però è povero di informazioni riguardanti gli elementi che vanno a costituire il reticolo idrico minore.

Bisogna dunque verificare la correttezza delle informazioni raccolte utilizzando come supporto strumenti che rappresentano più fedelmente lo stato di fatto della realtà, come ad esempio la nuvola di punti derivante da un rilievo Lidar, che fornisce una rappresentazione tridimensionale del territorio con una precisione dell'ordine dei centimetri, e l'ortofoto digitale ad alta risoluzione ottenuta con un DTM derivato dal dato Lidar, la quale permette di effettuare controlli direttamente in GIS.

Il reticolo idrico minore viene dunque sovrapposto dapprima a un'ortofoto; ciò consente di effettuare due distinti tipi di controllo, riguardanti entrambi la posizione dei corsi d'acqua, ed eventuali correzioni. Viene controllata l'effettiva presenza degli elementi idrici; qualora siano segnalati nelle carte ma non individuati sull'ortofoto vanno eliminati a meno che non si tratti di elementi intubati.

Viene anche verificata la precisione della posizione dei corsi d'acqua. Non è richiesto di utilizzare la mezzeria precisa o la linea di Thalweg ma semplicemente che la linea rappresentante un corso d'acqua sia ricompresa all'interno delle due sponde che lo delimitano.

Il rilievo Lidar permette invece di esplorare quelle aree per le quali l'osservazione dell'ortofoto non è efficace a causa della presenza di elementi di disturbo (ombra, vegetazione fitta) e le zone sulle quali non è possibile effettuare dei sopralluoghi (aree inaccessibili a causa della morfologia del terreno, proprietà private). La nuvola di punti generata dagli impulsi di ultimo ritorno del laser scanner costituisce infatti un modello digitale del terreno grazie al quale è possibile ricercare morfologicamente la presenza di corsi d'acqua di dimensioni poco rilevanti.

Sempre dalla nuvola è possibile determinare la quota degli alvei delle varie rogge e canali irrigui; in questo modo è possibile ricavare informazioni preziose riguardo al senso di scorrimento delle

acque. Questo tipo di dato, integrato da ricognizioni di accertamento volte a determinare le caratteristiche dei punti di incontro tra diversi corsi d'acqua, consente di produrre un grafo orientato del reticolo idrico minore. Il grafo è costituito da archi e nodi connessi tra di loro e permette di ricostruire il regime idraulico di tutto il sistema delle acque del territorio comunale. Questo strumento risulta particolarmente utile nella gestione di situazioni di emergenza, legate principalmente alla possibilità che si verifichino allagamenti, generate da precipitazioni intense e concentrate in un breve lasso di tempo o da una cattiva gestione e/o manutenzione dei nodi principali del reticolo. Sfruttando la conoscenza dei percorsi che le acque possono prendere e dell'ubicazione delle aree ritenute "sensibili", in quanto morfologicamente portate ad allagarsi (depressioni) e situate in prossimità di un corso d'acqua, si possono anticipare le azioni volte ad impedire il verificarsi di situazioni critiche agendo sui nodi del grafo che permettono di deviare il corso delle acque manovrando i sistemi di chiuse tipici delle zone agricole di pianura.

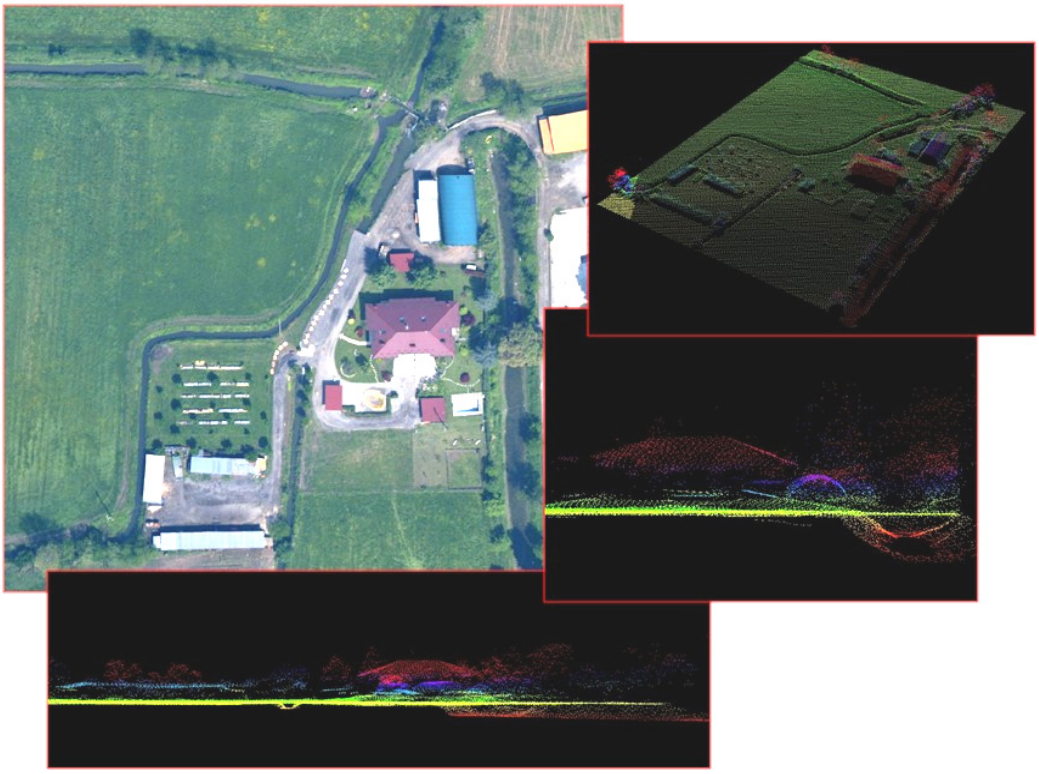


Figura 1. Individuazione degli alvei di corsi d'acqua del reticolo idrico tramite ortofoto e Lidar.

Questa prima fase del lavoro di individuazione produce solamente una rappresentazione grafica, fedele alla realtà ma povera di contenuto informativo. Essa rappresenta il punto di partenza per lo sviluppo di un GIS del reticolo idrico.
Laddove le fonti cartografiche utilizzate per la definizione del reticolo siano rese disponibili in formati diversi dallo shapefile (pdf, dwg, dxf, dgn) è necessario associare le informazioni, spesso presenti sotto forma di annotazioni grafiche, alle geometrie del reticolo. Esse vanno trasformate in attributi che vengono ospitati in una struttura dati appositamente pensata per il reticolo idrico minore seguendo il modello logico "strato-tema-classe" del DbT di Regione Lombardia.

La soluzione ipotizzata prevede l'inserimento nel tema "idrografia" dello strato "reticolo idrico minore" a cui fanno capo le due classi "elemento idrico minore" e "nodo idrico minore" coerentemente con l'esigenza del grafo di essere composto da archi e nodi connessi.
Entrambe le classi dovranno obbligatoriamente possedere all'interno della loro tabella degli attributi i campi "STRATO – TEMA – CLASSE", e i campi "ID_ZRIL" (identificativo univoco della pozione di territorio rilevato di riferimento) e "FEATURE_ID" (identificativo univoco per la classe di oggetti all'interno della porzione di territorio rilevato).
Per caratterizzare le istanze della classe "elemento idrico minore" sono stati ideati i seguenti campi aggiuntivi:

1. EL_MIN_TY: tipologia del corso d'acqua al quale l'elemento appartiene;
2. EL_MIN_SED: tipo di sede del corso d'acqua nel tratto specifico;
3. EL_MIN_COM: competenza sull'elemento idrico;
4. EL_MIN_ID: identificativo del corso d'acqua al quale l'elemento appartiene;
5. EL_MIN_FON: provenienza della geometria dell'elemento idrico;

Nella struttura dati dei nodi idrici viene inserito solamente un campo ("ND_MIN_TY") indicante la tipologia di connessione tra elementi idrici minori.

Un applicativo per l'attività di polizia idraulica

Avendo a disposizione un GIS del reticolo idrico minore è possibile pensare a una gestione informatizzata della polizia idraulica.
L'allegato C della D.G.R. n.9/2762 riporta tutte le attività e/o opere che, qualora occupino area demaniale, sono soggette al canone di polizia idraulica. Le situazioni di occupazione sono individuabili incrociando in GIS i dati provenienti da fonti quali ad esempio le mappature delle reti tecnologiche allegate al Piano Urbano dei Servizi del Sottosuolo (PUGGS) comunale o alcune specifiche classi del DbT (ferrovie, ponti e passerelle etc.) con il reticolo idrico minore e le relative fasce di rispetto. Tale procedura permette l'automatizzazione della ricerca delle situazioni riguardanti la polizia idraulica portando un notevole risparmio di tempo. Per ottenere un'ulteriore velocizzazione del lavoro ci si può avvalere nuovamente dell'ortofoto digitale e della nuvola di punti come alternativa alle ricognizioni sul posto per effettuare verifiche puntuali.

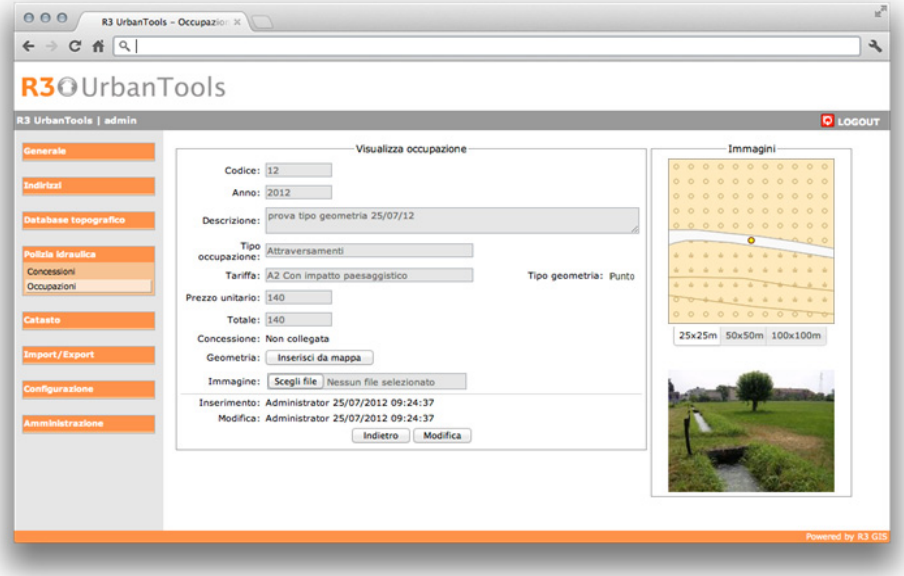


Figura 2. Scheda di un'occupazione sull'applicativo R3 UrbanTools.

Una volta rintracciata la totalità delle occupazioni diventa indispensabile poter gestire anche i provvedimenti ad esse connessi, ovvero le concessioni e i nulla osta idraulici.
A tale scopo è stato svolto uno studio specifico volto a creare un *tool* integrato ad "R3 UrbanTools", applicativo sul quale si appoggia il SIT comunale che ottimizza l'integrazione tra DbT e catasto.
Il software gestisce, oltre alle concessioni relative alle occupazioni di area demaniale, la determinazione dei canoni di polizia idraulica.
Le funzioni dell'applicativo vertono attorno al concetto di occupazione. Inizialmente, per la fase di avvio della gestione delle occupazioni, l'inserimento delle nuova occupazione avviene sempre direttamente dall'identificazione dell'oggetto in mappa. A tali oggetti è possibile poi associare le corrispondenti concessioni autorizzate mano a mano che esse vengono eventualmente recuperate dagli archivi "cartacei" esistenti nelle amministrazioni che hanno storicamente gestito il problema.
Quando l'attività giunge a regime, cioè si va a gestire l'aggiornamento delle occupazioni, viene invertita le sequenza delle operazioni; alla richiesta di nuova concessione deve corrispondere la definizione in mappa della nuova occupazione. Dalla mappa possono essere inserite solo le componenti geometriche dell'occupazione mentre le altre informazioni (richiedente, data, tipologia ecc.) devono essere inserite manualmente nella scheda occupazione.
I valori di dimensione dell'occupazione sono calcolati in automatico dalla componente geometrica lasciando però l'opportunità di modificarli qualora si abbiano informazioni di maggior dettaglio. Quando ad esempio si debba calcolare l'occupazione di demanio idrico di un'opera (in metri quadrati) non sarà possibile avvalersi del calcolo automatico in quanto la natura delle geometrie del reticolo idrico (lineari) non consente tale operazione. Sarà necessario l'utilizzo di metodi alternativi quali la misura effettuata osservando l'ortofoto o il rilievo Lidar. In alternativa potrà essere effettuata una misura direttamente "in situ". Viene effettuato infine il calcolo automatico dei canoni di polizia idraulica per singola occupazione e concessione.
Il pagamento del canone viene assegnato ad un unico referente a cui spetta il vincolo del pagamento e che deve essere specificato nella richiesta di concessione nel caso di diversi richiedenti. Dalla scheda della concessione si può risalire anche a una scheda del contribuente.
L'associazione dei canoni al contribuente per il pagamento avviene quindi sempre attraverso la concessione: l'applicativo permette di selezionare il contribuente direttamente nella scheda canoni e di accedere all'anagrafica contribuenti per associarvi una concessione.

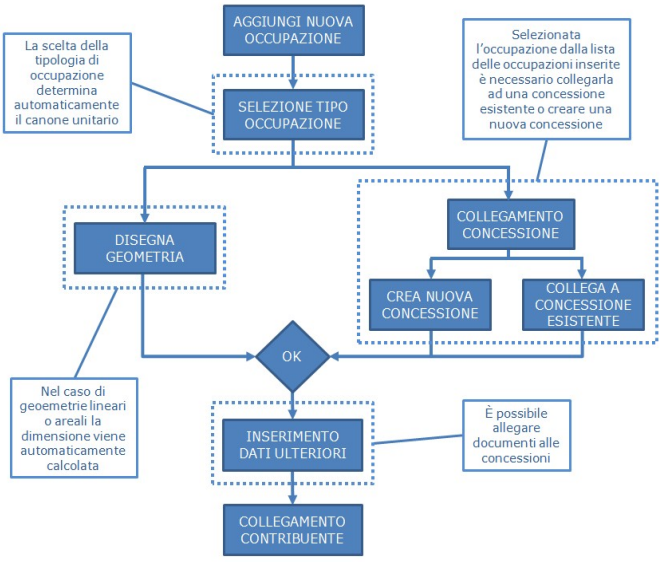


Figura 3. Schema di funzionamento dell'applicativo.

Conclusioni

La creazione di un GIS del reticolo idrico minore unita all'utilizzo dell'applicativo per l'attività di polizia idraulica rappresenta un esempio significativo di ottimizzazione della gestione delle informazioni che può risultare fondamentale per un realtà locale. Lo sviluppo di tale prassi impedisce infatti che la conoscenza necessaria all'espletamento di importanti funzioni degli Enti Locali si perda nei meandri degli archivi comunali, la cui struttura rende poi pressoché impossibile il reperimento dei dati.

Lo stesso problema è legato ad esempio alla gestione dei dati legati alle reti tecnologiche, ad oggi normata dai PUGSS di Regione Lombardia; anche in questo caso è indispensabile che le informazioni geografiche riguardanti le reti tecnologiche siano gestite in un GIS e aggiornate periodicamente per mantenere una visione di insieme della situazione del sottosuolo ed agevolare le operazioni di manutenzione delle infrastrutture legate ai sottoservizi.

L'utilizzo del GIS rende inoltre vantaggioso dal punto di vista economico lo svolgimento dell'attività di polizia idraulica nel corso degli anni. Oltre al risparmio in termini di tempo lavorativo, derivante dalla facilità di gestione delle pratiche tramite il modulo Polizia idraulica dell'applicativo "R3 UrbanTools", vi è anche un notevole taglio dei costi dovuto all'utilizzo dell'ortofoto ad alta risoluzione, del rilievo Lidar e del GIS per l'individuazione del reticolo e dei casi di occupazione di area demaniale al posto di un rilievo classico effettuato a tappeto sul territorio comunale, il quale risulterebbe molto più oneroso.

Dopo aver effettuato la sperimentazione sullo svolgimento informatizzato della polizia idraulica si è tentato di affrontare il problema della gestione dell'aggiornamento della base cartografica da parte dei Comuni prendendo spunto dal modello "FLU.T.E." (Flusso Topografico Edifici), la procedura di aggiornamento del DbT di Regione Lombardia a partire dalle procedure edilizie.

Il flusso di aggiornamento viene attivato dallo svolgimento stesso dell'attività di polizia idraulica; sono le nuove richieste di concessione a mettere in moto il meccanismo. Il soggetto responsabile della richiesta deve fornire infatti un rilievo, in formato *shapefile*, del nuovo stato di fatto che contenga geometrie e informazioni relative all'occupazione utilizzabili dall'applicativo per il calcolo dei canoni di polizia idraulica. Il documento deve mostrare anche eventuali modifiche dell'assetto del reticolo idrico dovute ai lavori compiuti.

Questa procedura permetterebbe di avere a disposizione una base cartografica sempre più fedele alla realtà e costantemente aggiornata, sulla quale basare i flussi informativi comunali.

Bibliografia

Regione Lombardia – Territorio e urbanistica (2012), "Proposta di atto di indirizzo e coordinamento tecnico per l'attuazione degli articoli 3, 35 e 42 della l.r. 12/2005 legge per il governo del territorio. Aggiornamento del database topografico. FLU.T.E. - Flusso Topografico Edifici", *Decreto n. 3870 del 07/05/2012 (Allegato A)*

Franco Guzzetti, Matteo Marchetti, Paolo Viskanic (2012), "Il gis di gestione del reticolo idrico per l'attivitá di polizia idraulica", *Atti 13a conferenza italiana utenti ESRI*

M. Marchetti (2011), "Reticolo idrico e polizia idraulica: database topografico e lidar per la costruzione del GIS di gestione del reticolo idrico minore", *tesi di laurea magistrale*

F. Di Maria; F. Guzzetti, S. Pacchiana (2010), "Canoni di polizia idraulica: progetto d'implementazione nel DBT di Regione Lombardia", *Atti VI conferenza nazionale INPUT 2010 (Informatica e Pianificazione Urbana e Territoriale),* Libria

F. Guzzetti (2007), "Database topografico: aspetti tecnici", *MONDOGIS*

IntesaGIS (2006), *Specifiche per la realizzazione dei database topografici di interesse generale*

Soluzioni software per i SIRA: aspetti tecnici e normativi

Corrado Iannucci (*), Michela Presutti (**), Michele Ricci (**). Valter Sambucini (***), Alfonso Scocca (**), Giancarlo Viola (**)

(*) Università di Roma "La Sapienza", Piazza Borghese 9, 00186 Roma,
email: corrado.iannucci@uniroma1.it
(**)ARPA Molise, Via Ugo Petrella 1, 86100 Campobasso
email: pfr_molise@arpamolise.it
(***) ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma, email: valter.sambucini@isprambiente.it

Riassunto

La realizzazione del sistema informativo regionale ambientale del Molise (SIRA Molise) viene basata sul riuso della piattaforma software ASTRID rilasciata da ISPRA come open source. Nel corso di questa realizzazione, che costituisce un'applicazione della strategia di collaborazione tra ISPRA e Agenzie regionali ambientali, sono emersi alcuni aspetti di interesse, cui far riferimento per ulteriori casi di riuso del codice tra pubbliche amministrazioni.

Abstract

The implementation of the environmental information system of Region Molise (SIRA Molise) is based upon the reuse of the ASTRID software released by ISPRA as open source. Such implementation, which is an instance of the cooperation between ISPRA and the regional environment agencies, has outlined some aspects of interest that can be taken into account for further cases of code reuse in the public administration.

Introduzione

Le Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente, indicate con l'acronimo ARPA (APPA, nel caso di Agenzie afferenti alle Provincie autonome), sono state istituite in accordo con le indicazioni della Legge 21 gennaio 1994, n. 61, che ha convertito con modifiche il Decreto Legge 4 dicembre 1993, n. 496. Questa Legge ha posto tra le attività delle singole ARPA la realizzazione di sistemi informativi e di monitoraggio ambientale; tali sistemi hanno successivamente assunto la denominazione di SIRA (sistemi informativi regionali ambientali).

La creazione dei SIRA ha utilizzato nel tempo le architetture tecniche di volta in volta disponibili, in accordo con l'evolvere degli standard applicabili. Tra questi ultimi, rilevante impatto hanno quelli relativi al SINA (sistema informativo nazionale ambientale) di competenza dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) istituito con la Legge 6 agosto 2008, n. 133 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112.

In particolare, il SINA è passato dall'iniziale approccio centralizzato ad una struttura di rete, nel contesto sia dell'integrazione nella rete EIONET (Environmental Information and Observation Network) dell'EEA (European Environment Agency) sia della conformità con SEIS (Shared Environmental Information System).

EIONET e SEIS si basano su concetto di "sistema di sistemi": lo scopo è l'interoperabilità dell'informazione ambientale. In accordo con uno dei principi accolti anche dalla Direttiva INSPIRE (recepita in Italia con il Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n. 32 "Attuazione della direttiva 2007/2/CE, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità

europea" in Gazzetta Ufficiale n. 56 del 9 marzo 2010 - Suppl. Ordinario n. 47), l'informazione è archiviata lì dove è prodotta e resa disponibile ad ogni utente sulla base di regole condivise.
Il sistema informativo nazionale ambientale ha assunto la denominazione di SINAnet proprio per sottolineare la sua architettura di sistema distribuito, cui collaborano paritariamente i sistemi di tutte le amministrazioni (tra cui le Regioni con i loro SIRA)che ai vari livelli hanno competenze sulla gestione ambientale.

Lo sviluppo dei SIRA

In accordo con gli standard SINAnet, la struttura di un SIRA è schematizzabile in due componenti funzionali:

- una prima componente è rivolta ad automatizzare l'attività propria della singola ARPA ai fini della produzione dei dati (in termini di *workflow* tecnico-amministrativo e di gestione delle reti automatizzate di sensori) nonché di analisi e pianificazione (in termini di supporto alle decisioni e di gestione della conoscenza);
- una seconda componente è dedicata al *reporting* ambientale sia verticale (verso gli elementi di aggregazione come ISPRA e EEA, sulla base di obblighi legali) sia orizzontale (diffusione dell'informazione ai cittadini, scambio di dati con altri enti operanti sul territorio).

A servizio di entrambe le componenti funzionali, deve essere disponibile una base dati che raccoglie e gestisce dati certificati (generati dalla singola ARPA oppure derivati da fonti affidabili).
I dati sono e acceduti secondo "viste" logiche corrispondenti alle usuali matrici ambientali (Aria, Acqua, Rifiuti ecc.); al contempo, la base dati è disegnata in modo tale da evitare ogni ridondanza non necessaria, al fine di mantenere un alto livello qualitativo dei dati stessi.
Da un punto di vista globale, si può affermare che, per tutte le ARPA:

- gli obblighi di *reporting* sono identici;
- i compiti istituzionali sono molto simili;
- le modalità operative tendono a uniformarsi su *best practices* riconosciute come tali a livello nazionale e anche internazionale.

Conseguentemente, le componenti funzionali di un SIRA tendono ad essere identiche in ogni ARPA. Ad oggi, si rileva che:

- circa la metà delle ARPA dispone di una soluzione informatizzata del proprio SIRA;
- i SIRA delle restanti ARPA non sono ancora sviluppati oppure risultano in fase di radicale ridisegno.

Per altro, nei SIRA già operativi le soluzioni informatiche installate nel corso del tempo differiscono anche sostanzialmente, pur assicurando all'utenza un insieme di servizi globalmente omogeneo; inoltre, tecnologie abilitanti e norme organizzative sono intrinsecamente dotate di elevata dinamicità, da cui derivano significativi interventi di manutenzione evolutiva ed adeguativa sia sul breve come sul medio termine.
Ciò comporta che, indipendentemente dal corrente stato di informatizzazione, il perseguimento delle finalità dei SIRA richiede una allocazione di risorse finanziarie continua nel tempo. Il problema è allora come ottimizzare questa allocazione di risorse.
Non è evidentemente desiderabile che, a fronte di macrorequisiti coincidenti, ogni SIRA si muova separatamente dagli altri. D'altra parte, non si può ipotizzare una condizione di stabilità, cui possa corrispondere un SINAnet strutturato su componenti identicamente mature, replicate al livello regionale.
ISPRA e le ARPA hanno preso atto della necessità di una strategia innovativa, basata sul governo delle necessarie trasformazioni di un sistema costantemente mutevole, le cui componenti evolvono autonomamente e nel rispetto di regole condivise. Ciò si concretizza non solo nell'autonomia decisionale del livello regionale e nella produzione di standard a livello centrale, ma soprattutto nella collaborazione tra i vari attori del SINAnet.

Il progetto ASTRID

Un esempio operativo di questa collaborazione è il progetto nazionale gestito da ISPRA e coordinato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), il cui fine è l'Armonizzazione e Standardizzazione delle Risorse Informative Distribuite e condivise (ASTRID) fra i soggetti che hanno competenze istituzionali in campo ambientale. Il MATTM da tempo propugna l'adozione di software *open source* in campo ambientale (Iannucci, 2006).

Scopo di ASTRID è di creare una piattaforma software comprendente strumenti di raccolta, di gestione, di analisi e di pubblicazione e condivisione dei dati di interesse ambientale e territoriale, secondo gli standard concordati a livello nazionale ed europeo.

La particolarità di questo progetto consiste nel fatto che la piattaforma software viene creata con un approccio collaborativo:

- ISPRA ha curato la produzione della componente di base di ASTRID, rendendola disponibile agli altri soggetti interessati;
- tra questi soggetti, alcuni (in particolare, le ARPA) estendono la componente di base sviluppando ulteriori insiemi funzionali (ad es. in riferimento alle diverse matrici ambientali), in accordo con le proprie competenze e priorità;
- la piattaforma evolve come risultato dell'armonizzazione dei vari contributi, che vengono fruiti nell'intero SINAnet.

Sostanzialmente, il coordinamento di ISPRA assicura una modalità di sviluppo di tipo incrementale nel suo insieme, in riferimento ad una comunità di sviluppatori che operano autonomamente.

Il progetto SIRA Molise

L'ARPA Molise è stata incaricata dalla Regione Molise di realizzare un SIRA con funzioni di Punto Focale Regionale (PFR), in grado di:

- assicurare la disponibilità e la visibilità dei dati e informazioni ambientali di interesse nazionale, prodotti all'interno del territorio regionale;
- elaborare i dati di interesse ambientale al fine di realizzare prodotti e servizi informativi per il Sistema nazionale;
- garantire il flusso delle informazioni all'interno della rete SINAnet.

Il progetto, denominato SIRA Molise, è indirizzato prioritariamente alle matrici ambientali "Aria" e "Acqua", ma viene strutturato in modo da essere esteso alle altre matrici in tempi successivi.

Il progetto si fonda su di un elaborato tecnico che ne articola gli obiettivi in una serie di macrofunzioni utente da automatizzare.

Questo elaborato costituisce di fatto la documentazione dell'analisi dei requisiti; le successive fasi del ciclo di vita del software trasformano, ove tecnicamente fattibile, i requisiti in strumenti automatizzati a disposizione dell'utente.

Nel pianificare le necessarie attività, ARPA Molise ha tradotto in scelte concrete le considerazioni qui sopra ricordate in riferimento allo sviluppo dei SIRA e al progetto ASTRID. Ritenendo non utile procedere sempre e comunque alla produzione di nuovo codice, ARPA Molise ha effettuato una indagine a livello nazionale per evidenziare la presenza di soluzioni software riusabili. Questa indagine, basata su di un profilo di analisi coerente con gli obiettivi del progetto, ha permesso di evidenziare due elementi rilevanti:

- i SIRA preesistenti possono essere funzionalmente completi ma risultano praticamente non riusabili, essendo stati realizzati in passato con strumenti per lo più proprietari o comunque con vincoli contrattuali che ne impediscono la facile esportazione a contesti organizzativi diversi;
- anche dove esistono componenti software indirizzati al riuso (in riferimento all'una o all'altra matrice ambientale), manca una infrastruttura di riferimento per ulteriori estensioni.

Di fatto, quanto proposto dal progetto ASTRID è apparso la migliore soluzione al momento disponibile. Pertanto, ARPA Molise ha ottenuto in riuso quanto predisposto da ISPRA e lo ha

utilizzato nell'ambito del proprio progetto, i cui risultati a loro volta confluiscono in ASTRID. Conseguentemente, il progetto SIRA Molise (tuttora in corso) costituisce un caso di concretizzazione della strategia di condivisione su cui si fonda ASTRID.

Elementi di attenzione

A supporto della reciproca collaborazione, ISPRA e ARPA Molise hanno istituito un tavolo tecnico di analisi e discussione degli aspetti realizzativi; a questo tavolo tecnico partecipano di volta in volta anche altre ARPA per tematiche di loro interesse. In questo contesto, si sono evidenziati alcuni punti, su cui è necessario porre attenzione per giungere a soluzioni soddisfacenti per tutti gli *stakeholders* della rete SINAnet.

Il riuso del codice

Il riuso del codice software all'interno della pubblica amministrazione è stato prescritto dalla Direttiva dei Ministro per l'Innovazione e le tecnologie del 19 dicembre 2003; successivamente, è stato incluso nel Codice dell'amministrazione digitale (art. 68 e successivi). Va notato che anche la Direttiva sul riuso dell'informazione nel settore pubblico (Directive PSI, 2003) fa riferimento al riuso del software. Escludendo il ricorso a prodotti proprietari in licenza d'uso, in accordo con le indicazioni di DigitPA (s.d.) si possono distinguere due casi principali:

- riuso di programmi informatici sviluppati ad hoc per altre amministrazioni;
- acquisizione di programmi informatici a codice sorgente aperto.

Il primo caso si attaglia bene quando il contesto organizzativo e normativo è sufficientemente stabile. Per i motivi più sopra delineati, ciò non si applica ad un SIRA, in generale.

Risulta di maggiore interesse il secondo caso, in cui le ARPA hanno la possibilità di accedere al codice sorgente per modificarlo e adattarlo alle proprie esigenze, quando e come queste si manifestano nel tempo. Tuttavia, è ben noto il fenomeno delle *forks*: un prodotto software a codice aperto (*open source*) evolve inevitabilmente in una varietà di versioni (solitamente incompatibili tra di loro) se le modifiche non sono coordinate.

In prospettiva, non è sufficiente dichiarare che la piattaforma ASTRID e le sue estensioni sono rilasciate nella modalità *open source*: se non viene approntata e gestita una struttura di governo delle versioni, in grado di indirizzare gli sviluppi e di validare i prodotti, la possibilità di effettivo riuso di ASTRID potrebbe ridursi nel tempo.

Naturalmente, non si ipotizza qui nessun intralcio burocratico all'autonomia delle entità che vorranno collaborare all'evoluzione di ASTRID. Tuttavia, un prodotto open source destinato ad un vasta platea di utilizzatori deve avere tra le sue qualità quella della *trustworthiness* che, come analizzato da del Bianco et al. (2011), può essere vista come un insieme di affidabilità e di autorevolezza, elementi questi che risultano indispensabili per assicurarne la diffusione.

Come mostrano i casi di successo (si veda ad es. l'approccio dell'EEA), la *trustworthiness* si raggiunge operando principalmente su due aspetti:

- la documentazione del prodotto, non tanto in forma cartacea quanto integrata nel codice e gestita da IDE;
- le procedure di test, adeguate ad evidenziare la correttezza funzionale del software in particolare in contesti di architetture orientate ai servizi (SOA).

Documentazione di prodotto e procedure di test sono di per sé oggetto di riuso, da un'ARPA all'altra.

La base dati

Nello sviluppo della piattaforma ASTRID, la base dati risulta molto integrata con le funzionalità utente. Ciò può ostacolare in qualche modo il riuso della piattaforma, in quanto gli utenti / esperti di dominio non sono facilitati nel condividere la propria conoscenza di settore. E' apparso necessario, nel riuso di ASTRID per il SIRA Molise, disegnare uno schema dati operativo, in grado

di esplicitare e collegare le varie competenze settoriali. Questo schema dati viene sottoposto alla valutazione degli esperti di dominio, che lo arricchiscono con le loro conoscenze. Va notato che questo schema dati, esteso alle varie matrici ambientali di interesse, confluisce nella documentazione di ASTRID e quindi viene riutilizzato da differenti entità organizzative.
A partire da questo schema dati, ARPA Molise ha costruito una base dati operativa, con lo scopo di raccogliere e sistematizzare il patrimonio informativo in possesso dell'ARPA stessa (sia prodotto al suo interno sia derivato da fonti affidabili). Opportune procedure estraggono l'informazione da questa base dati e alimentano le strutture dati integrate in ASTRID, con frequenze adeguate al tasso di variazione dell'informazione stessa.
Si è ritenuto utile creare in questo modo un *buffer* tra l'acquisizione del dato (generato dalla strumentazione automatica di campo oppure da campagne di rilevamento oppure da studi *ad hoc*) e il suo utilizzo nell'ambito del SIRA. Ciò consente di:

- applicare le procedure (automatizzate o no) necessarie per la verifica e validazione dei dati, prima dell'immissione in ASTRID; eventuali ricicli e iterazioni di queste procedure non interferiscono con i servizi resi dalla piattaforma ASTRID;
- rendere indipendente il patrimonio informativo dell'ARPA dalla specifica piattaforma software del SIRA: qualora in futuro si ritenesse opportuno passare ad una diversa piattaforma, la base dati operativa resterebbe immutata mantenendo tutto il suo valore; a variare sarebbe solo le semplici procedure automatizzate che alimentano la piattaforma stessa.

La congruenza con INSPIRE

Successivamente all'avvio del progetto SIRA Molise, nel 2010 la Direttiva INSPIRE è stata recepita nella legislazione italiana. Conseguentemente, per i temi elencati nei tre Annessi della Direttiva è iniziato il percorso di adeguamento della informazione spaziale alle norme tecniche previste dalla Direttiva stessa. Ciò ha evidentemente un impatto sullo schema dati, le cui entità e relazioni andranno conformati a queste prescrizioni tecniche (INSPIRE, s.d.). Tenendo conto delle rapide evoluzioni di queste norme tecniche (anche in conseguenza delle attività di verifica e validazione in corso), ciò costituisce un impegno significativo. Per altro, la disponibilità di una base dati operativa con funzioni di *buffer* (come descritto in precedenza) appare utile per ridurre l'impatto sul SIRA in questa fase transitoria.

Le licenze di rilascio del software

Come noto, il software viene rilasciato sempre sulla base di una licenza, cioè di un documento con valore contrattuale che passa alcuni diritti (di uso, di copia ecc.) dal produttore all'utilizzatore del software stesso. La licenza può prevedere corrispettivi in denaro a fronte di questi diritti, ma ciò non è essenziale (tali corrispettivi non sono previsti ad esempio per il software *free* e per il software *open source*). Di maggiore rilevanza è la funzione di protezione dei diritti intellettuali esercitata dalla licenza (nel contesto europeo, dove non è ammessa la brevettabilità del software). Anche (e soprattutto) nel caso del software *open source*, l'accesso in modifica e in riuso al codice sorgente deve rispettare i vincoli della licenza stessa, in particolare per gli effetti generati sull'eventuale software proprietario incluso a complemento del prodotto open source. Nel rilascio di software *open source*, problema di non semplice soluzione è l'individuazione (tra le possibili tipologie) della licenza da associare. Rimandando alla letteratura specializzata per l'analisi di pregi e difetti delle varie tipologie, qui si evidenzia che:

- la piattaforma ASTRID è rilasciata da ISPRA con la licenza GPL v3;
- l'European Environment Agency associa al proprio software la licenza MPL v1.1 (Mozilla Public License);
- si sta diffondendo l'EUPL v1.1 (European Union Public License), con alcune significative applicazioni a livello regionale (Bravo, 2009).

Non sono da trascurare i problemi di compatibilità tra le varie licenze, problemi che sorgono quando si uniscono prodotti *open source* di diversa provenienza: ad es. EUPL è direttamente compatibile con GPLv2 ma non con GPLv3 (Bastin e Laurent, 2006). Tuttavia esistono accorgimenti legali, basati sul *dual licensing* oppure sull'uso di ulteriori licenze (come la CeCILL, nel caso di EUPLv1.1 e di GPLv3, come indicato da Schmitz, 2011), che permettono spesso di superare questo tipo di incompatibilità (Bravo, 2010).
Un ulteriore elemento di possibile criticità è costituito dall'interazione di software *open source* e di software proprietario (eventualmente rilasciato come *free*) all'interno di un'unica piattaforma in rilascio: a seconda della licenza prescelta, questa interazione potrebbe essere negata o comunque avere effetti non desiderati.

La gestione della conoscenza

Nell'ambito di un sistema ambientale, un ruolo importante è assegnato alla organizzazione e diffusione dell'informazione, in forma strutturata o non strutturata. La conoscenza (spesso sostanzialmente implicita) risulta un elemento rilevante in un sistema ambientale (Meozzi e Iannucci, 2006). In merito alla conoscenza istituzionale, si fa riferimento al progetto INDEKS, proposto da ISPRA e cui ARPA Molise partecipa, insieme con altre ARPA.
SIRA Molise ha affrontato questo aspetto in riferimento a:

- articolazione dei metadati (conformi a INSPIRE per l'informazione spaziale);
- informazione al cittadino (tramite un portale web);
- gestione dell'informazione documentale (in adesione al progetto INDEKS sopra ricordato).

Particolare attenzione è dedicata al rispetto delle norme della Legge 9 gennaio 2004, n. 4 "Disposizioni per favorire l'accesso dei soggetti disabili agli strumenti informatici" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del 17 gennaio 2004, n. 13 (disponibile in DigitPA_2, s.d.), il cui regolamento di attuazione (approvato con Decreto del Presidente della Repubblica, 1 marzo 2005, n. 75) è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 101 del 3 maggio 2005).
Mentre è sicuramente possibile e doveroso pubblicare informazione testuale e grafica in pieno accordo con gli standard di accessibilità (come definiti insieme con le relative norme tecniche in DigitPA_2, s.d.), per l'informazione cartografica ciò costituisce un problema con aspetti ancora aperti, anche in connessione con la normativa INSPIRE. Pragmaticamente, si ritiene che la cartografia originale (destinata a utenti tecnici) possa essere resa disponibile nel suo formato originario; al contrario, per il generico cittadino vanno realizzati specifici cartogrammi (conformi alla legge sopra citata), se questi appaiono necessari per veicolare informazione georiferita.

La cooperazione in SPC

Per un sistema come SINAnet, che mette in rete entità prevalentemente della pubblica amministrazione, l'adesione agli standard tecnici del Sistema Pubblico di Connessione - SPC (DigitPA_3, s.d.) è un elemento fondante. Gli standard SINAnet hanno definito una architettura di cooperazione in cui ogni sistema è articolato logicamente in una regione interna (di competenza del singolo nodo) e in una regione esterna (accessibile in rete). In termini architetturali, di fatto SINAnet è conforme a SPC e conseguentemente anche ad INSPIRE, anche se si evidenziano alcuni problemi di raccordo a livello realizzativo (Dell'Amico et al., 2010). Nella realtà operativa, SINAnet e SPC rappresentano soluzioni tecnologiche abilitanti dei servizi di rete previsti da INSPIRE.

L'acquisizione di servizi di sviluppo software

Nello sviluppo di un SIRA, in particolare quando ciò avviene per riuso di codice preesistente, il ruolo dell'amministrazione pubblica si basa principalmente su:

- individuazione dei requisiti progettuali;
- governo del processo realizzativo.

Per la realizzazione, è generalmente conveniente acquisire i servizi di strutture produttive esterne. Dato che l'individuazione dei requisiti è un'attività dinamica, come più sopra evidenziato, è necessario che le modalità di acquisizione di questi servizi consentano la necessaria flessibilità di rimodulazione degli obiettivi specifici della realizzazione. Nel pieno rispetto delle norme applicabili per l'acquisizione di beni e servizi da parte della pubblica amministrazione (DigitPA_4, s.d.), ARPA Molise ha mutuato dall'EEA la modalità del contratto quadro: a fronte della certezza di costi unitari e di competenze disponibili del fornitore esterno (formalizzata nel contratto iniziale), l'amministrazione pubblica individua i contenuti di servizi mediante affidamenti specifici nel corso del tempo, fino a concorrenza del budget iniziale. In questo modo, si riduce drasticamente il tempo di ritardo tra individuazione dei requisiti e loro traduzione in soluzioni software; conseguentemente, si elimina il rischio di realizzazioni non più aderenti alla realtà corrente.
Un aspetto particolare riguarda la responsabilità della qualità del software prodotto a partire da una preesistente piattaforma di software open source. Come noto, praticamente tutte le licenze prevedono una clausola del tipo "as it is": il software viene rilasciato senza nessuna garanzia di correttezza e senza nessuna assunzione di responsabilità. Il fornitore esterni potrebbe tentare di attribuire l'eventuale difettosità dei suoi prodotti alla sottostante piattaforma in riuso. Per contenere questo rischio, come evidenziato da Bravo (2010), un approccio possibile consiste nel contrattualizzare non l'estensione di una data piattaforma software ma globalmente l'obbligo di fornire determinati servizi sulla base di questa piattaforma: in questo modo, è il fornitore esterno (e non la pubblica amministrazione) che assume il ruolo di licenziatario del piattaforma open source e provvede successivamente a passare la licenza del software realizzato all'amministrazione committente.

Conclusioni

La realizzazione di un sistema informativo ambientale (che comprende necessariamente anche dati georeferenziati) evidenzia problemi specifici che richiedono soluzioni specifiche e quindi comportano il consumo di risorse anche rilevanti. Per ottimizzare l'uso di queste risorse, il riuso del software tra amministrazioni con compiti analoghi costituisce una strategia efficace, se implementata mediante adeguate professionalità.
Il riuso del software non è una operazione solo tecnica o solo amministrativa: come desumibile da altre esperienze (ad es. quelle dell'EEA), la creazione di una rete di persone, in parallelo alla rete di sistemi, è fattore critico ai fini del successo dell'operazione.

Bibliografia

Bastin F., Laurent Ph. (2006) *Report on study of the compatibility mechanism of the EUPL v.1.0*, Advice report, European Commission (Enterprise Directorate General). Online: http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc3ef5.pdf?idec.europa.eu/idabc/servlets/Doc3ef5.pdf?id.
Bravo F. (2009). *Software Open Source e pubblica amministrazione (L'esperienza europea e quella italiana tra diritto d'autore, appalti pubblici e diritto dei contratti. La EUPL)*. Bologna. Online: www.fabiobravo.it.
Bravo F. (2010). EUPL e riuso di software da parte della pubblica amministrazione. Strategie di diritto contrattuale. *Ciberspazio e Diritto* 11(1), 53-73.
del Bianco V., Lavazza L., Morasca S., Taibi D. (2011). A survey on open source source software trustworthiness. *IEEE Software*, 28 (5), 67-75.
Dell'Amico L., Iannucci C., Marinelli M., Sambucini V. (2009). I servizi di rete INSPIRE e il Sistema Pubblico di Cooperazione SPCoop: aspetti tecnologici e realizzativi. *Rivista italiana di telerilevamento*, 41 (2): 21-32.
DigitPA_1 (s.d.) *Linee guida per il riuso delle applicazioni informatiche nelle Amministrazioni pubbliche*. Online: http://www.digitpa.gov.it/principali-attivit%C3%A0/riuso-del-software.
DigitPA_2 (s.d.) *Norme per l' accessibilità dei siti web della pubblica amministrazione*. Online: http://www.digitpa.gov.it/content/accessibilit%C3%A0.

DigitPA_3 (s.d.) *Sistema Pubblico di Connettività*. Online: http://www.digitpa.gov.it/principali-attivit%C3%A0/sistema-pubblico-di-connettivit%C3%A0.
DigitPA_4 (s.d.) *Linee guida sulla qualità dei beni e dei servizi ICT per la definizione ed il governo dei contratti della Pubblica Amministrazione per la definizione ed il governo dei contratti della Pubblica Amministrazione*. Online: http://www.digitpa.gov.it/qualita_ict/le-linee-guida.
Directive PSI (2003). Directive 2003/98/EC on the re-use of public sector information. *Official Journal of the European Union*, L345, 31 Dec 2003, 90 – 96.
Iannucci C. (2006). GIS e open source. In B. Agricola & A. Venditti (Eds.) *Sistemi informativi geografici per la pubblica amministrazione. Teoria e strumenti applicativi*. Roma: Ministero dell'Ambiente.
INSPIRE (s.d.) *INSPIRE implementing rules (Metadata, Data Specifications, Network Services, Spatial Data Services, Data and Service Sharing, Monitoring and Reporting)*. Online: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/47).
Meozzi P., Iannucci C. (2006). Facilitating the development of environmental information into knowledge: government agency perspectives to improve policy decision-making. In *Proc. 4th International Conference on Politics and Information Systems, Technologies and Applications.* PISTA '06: Orlando (Florida).
Schmitz P.-E. (2011) Building compatibility between the EUPL v1.1 and the Gnu GPLv3. Online: OSOR.eu Open Source Observatory and Repository http://www.osor.eu/communities/eupl/blog/building-compatibility-between-the-eupl-v1.1-and-the-gnu-gplv3.

La salinizzazione in Iraq: analisi del fenomeno tramite immagini satellitari

Francesco Immordino (*), Sofia Costanzini (**),
Francesca Despini (**), Sergio Teggi (**)

(*) ENEA, Agenzia Nazionale Italiana per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Via Martiri di Monte Sole 4, Bologna, Tel. 051 6098089, francesco.immordino@enea.it
(**) Università di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Via Vignolese 905, Modena

Riassunto
La salinità dei suoli è una delle emergenze ambientali di maggior rilievo in quanto è causa di degrado del suolo e desertificazione in molte regioni del mondo. In Iraq il degrado del suolo per salinità è dovuto alla concatenazione di diversi fattori: a processi naturali si sono sovrapposti fenomeni economici quali errati usi del suolo e pratiche agricole, assieme a motivi politici e sociali legati a guerre e devastazioni. Il telerilevamento da satellite è uno strumento utile per l'identificazione di suoli soggetti a salinizzazione.
Lo scopo del presente lavoro è determinare una metodologia per l'individuazione e la mappatura di aree salinizzate in territorio iracheno.
Il dataset utilizzato si compone di una serie di immagini satellitari SPOT 5 dell'area in esame. Il sensore presenta quattro bande multispettrali di cui due nel visibile, una nel vicino e una nel medio infrarosso, ad una risoluzione spaziale di 10 m. Le immagini SPOT 5 sono state innanzitutto corrette dagli effetti atmosferici. La prima elaborazione effettuata è stata la discriminazione della copertura vegetata: le diverse specie vegetali costituiscono spesso un indicatore del grado di salinità del suolo. Per distinguere spettralmente le diverse classi sono stati utilizzati alcuni classici indici di vegetazione e un'Analisi a Componenti Principali. Per la mappatura della salinità si è valutata la risposta dei suoli sia in termini di brillantezza, sia nel NIR e MIR, attraverso l'utilizzo di un Soil Index (SI3) e del Normalized Differential Salinity Index (NDSI). Mediante fotointerpretazione sono state individuate regioni di interesse ottimali sulle quali è stata condotta una nuova classificazione. Attraverso metodi statistici ed elaborazioni matematiche è stata ottenuta la mappatura della salinità del suolo. La metodologia è stata verificata mediante analisi per fotointerpretazione dimostrando la corretta identificazione degli affioramenti salini presenti nell'area.

Abstract
Salinization is one of the most important environmental emergencies because it causes land degradation and desertification in many regions of the world. In Iraq soil salinity is due to several factors: natural processes overlapped economic phenomena such as incorrect land use and agricultural practices together with political and social issues related to wars and devastation. Remote sensing is a useful tool for environmental monitoring, and can be used for the identification of saline soils.
The main goal of this work is the identification of saline areas both on bare soils and on vegetated soil using satellite data.
For this purpose, we developed a methodology for mapping saline soils on bare soil, supported by a classification of vegetation. In fact, the presence of blooming vegetation is often indicator of low levels of salinity. The area of interest is a large portion of Iraqi territory where it is already active a project aimed to optimize resources for irrigation.

1 Introduzione

La salinità del suolo porta all'accumulo nel suolo di una grande quantità di sali. Questo fenomeno può seriamente compromettere lo stato di salute della vegetazione: infatti la concentrazione di sali nel suolo influenza la crescita delle piante perché limita il loro approvvigionamento idrico, causa squilibri nutrizionali e induce tossicità. La salinità costituisce pertanto un grave pericolo ambientale: è considerata uno dei sette fattori determinanti la desertificazione (Kassas et al., 1988), erosione e degradazione del suolo in molte regioni del mondo.

Molti suoli salini sono originati ogni anno a causa di processi naturali. L'uomo, interferendo con tali processi, ha decisamente contribuito all'espansione di questo fenomeno, soprattutto attraverso la cattiva gestione dell'irrigazione (Ramani and Kannan, 1986). Nonostante la generale consapevolezza del problema in molte aree irrigue i processi di degradazione ambientale causati dall'accumulo di sali nel suolo continuano ad aumentare ad una velocità allarmante. Ciò è dovuto soprattutto allo sfruttamento del suolo, e in particolare all'espansione agricola in aree aride e depresse.

La salinizzazione dei terreni comporta un forte impatto economico, oltre che ambientale, in quanto provoca una diminuzione della produttività dei campi. In paesi come Egitto, Iran, Pakistan, Siria e Iraq dove settore trainante dell'economia è quell'agricolo la salinizzazione costituisce una vera e propria minaccia per l'economia nazionale. Occorre pertanto cercare di arginare l'avanzata di questo fenomeno anche attraverso attività di controllo e monitoraggio al fine di intraprendere un recupero ambientale delle zone degradate. A tal fine, svolge un ruolo significativo la tempestiva individuazione e la diagnosi dei processi stessi (Pàsztor and Csillag, 1995), possibile attraverso l'applicazione delle tecniche di telerilevamento. A questo scopo, la metodologia ideata è in grado di individuare aree salinizzate sia su suoli nudi che vegetati.

La metodologia è concepita per essere applicata ad un'ampia porzione di territorio iracheno nel quale è già attivo un progetto di irrigazione ed ha permesso di ottenere una mappatura delle aree soggette a maggior degrado del suolo per salinità.

2 Contesto geografico

L'area di interesse è una porzione di territorio iracheno compresa entro i confini della regione storica Mesopotamia. Il progetto si propone come scopo l'ottimizzazione delle risorse naturali destinate all'irrigazione del suolo agricolo allo scopo di attuare uno sviluppo economico sostenibile.

In Iraq il degrado del suolo per salinità è dovuto alla concatenazione di diversi fattori: a processi naturali si sono sovrapposti fenomeni socio-economici quali errati usi del suolo e pratiche agricole, assieme a motivi politici legati guerre e devastazioni.

L'Iraq è caratterizzato da condizioni continentali, con clima caldo e asciutto presente per la maggior parte dell'anno e caratterizzato dalla presenza di marcate escursioni termiche soprattutto nel periodo estivo. Durante l'estate in alcune zone si verificano alcune tra le temperature più elevate registrate al mondo. In questo scenario, la scarsità di precipitazioni unita all'elevato tasso di evotraspirazione contribuisce alla formazione di efflorescenze e croste saline sulla superficie del suolo. Inoltre, la posizione geografica dell'Iraq situato in prossimità delle aree costiere che si affacciano sul mar Mediterraneo, mar Rosso, mar Caspio e Golfo Persico, favorisce di fatto i fenomeni di salinizzazione legati all'intrusione di acque saline nel sottosuolo.

Assieme al contesto naturale occorre considerare anche la difficile situazione socio-economica in cui versa il Paese, responsabile di alcuni dei fenomeni di salinizzazione antropica.

Data la vastità dell'area oggetto di studio (7000 km^2), per ridurre la variabilià dei fattori in gioco, inizialmente l'analisi è stata condotta su un area test di dimensioni più contenute. L'area pilota, posta a 30 km a sud di Bagdad, in prossimità della città di Al-Wahda, si trova nella bassa pianura mesopotamica, sulla sponda sinistra del fiume Tigri. L'area, avente un estensione di circa 34000 ettari, è ricoperta da sedimenti alluvionali portati dalle inondazioni del fiume stesso. L'uso del suolo attuale è pressoché agricolo, caratterizzato da risaie e a nord dalla presenza di colture erbacee e da sporadici filari di palme. Da sottolineare che negli ultimi anni si è riscontrato un progressivo

abbandono delle colture probabilmente per via dell'innalzarsi del grado di salinità del terreno e per l'affioramento della tavola d'acqua salina.

3 Dataset

Il dataset utilizzato per la mappatura delle aree salinizzate si compone di due di immagini SPOT 5 che inquadrano l'area pilota di Al-Whada e i suoi dintorni (Tabella 1). Le caratteristiche peculiari del sensore in oggetto sono riportate in Tabella 2.

Id.	Sensore	Data e ora di acquisizione	Coordinate di centro immagine (E, N)		Sistema di riferimento
137/282	SPOT 5	15/05/11 - 07:58:52	484201.085	3752167.999	UTM WGS84 Zone 38 N
137/283	SPOT 5	15/05/11 - 07:59:01	469662.718	3697620.163	UTM WGS84 Zone 38 N

Tabella 1. Caratteristiche immagini SPOT 5.

Bande	Lunghezze d'onda (µm)	Risoluzione spaziale (m)
Pancromatico	0.51-0.73	5
Banda 1	0.50-0.59	10
Banda 2	0.61-0.68	10
Banda 3	0.79-0.89	10
Banda 4	1.58-1.75	10

Tabella 2. Caratteristiche del satellite SPOT 5.

4 Metodologia

Le immagini di partenza, già georiferite, sono state innanzitutto corrette dagli effetti atmosferici e convertite in riflettanza. Per le correzioni atmosferiche sono stati utilizzati come parametri in input i prodotti atmosferici acquisiti dal sensore MODIS negli stessi giorni e sulla stessa area delle immagini di riferimento.

La metodologia sviluppata permette di individuare terreni salini sia su suoli nudi che vegetati. Su suoli nudi l'analisi del comportamento spettrale del terreno permette generalmente l'identificazione di aree soggette a salinità. Invece, nel caso di terreni densamente vegetati la mancanza di visione del suolo spesso non consente di rilevare direttamente le efflorescenze saline, tuttavia l'identificazione di determinate specie fornisce informazioni direttamente correlate alla salinità di quel suolo. Per questi motivi, la metodologia per la discriminazione dei suoli salinizzati è stato integrata con i risultati ottenuti dalla classificazione della vegetazione.

4.1 Identificazione di aree salinizzate su suoli nudi

Per la classificazione delle aree salinizzate su suoli nudi si è innanzitutto valutata la risposta dei suoli in termini di brillantezza, utilizzando le due bande nel visibile del sensore SPOT 5, e un Soil Index, SI3, ritenuto il più attendibile tra altri indici spettrali in campo di studi di questo tipo (Douaoui et al., 2006). Inoltre, si è valutata la riposta del suolo nel NIR e MIR attraverso l'applicazione del Normalized Differential Salinity Index (NDSI).

Mediante fotointerpretazione sono state scelte alcune regioni di interesse caratterizzate da evidenti affioramenti salini. A partire dalle suddette è stata effettuata prima una classificazione grezza di tipo Maximum Likelihood.

Attraverso elaborazioni matematiche ed analisi statistiche sulle regole che governano la probabilità di appartenenza dei pixel alla generica classe "sale" è stata prodotta una nuova classificazione in grado di mettere in evidenza le zone a diverso grado di salinità (figura 1).

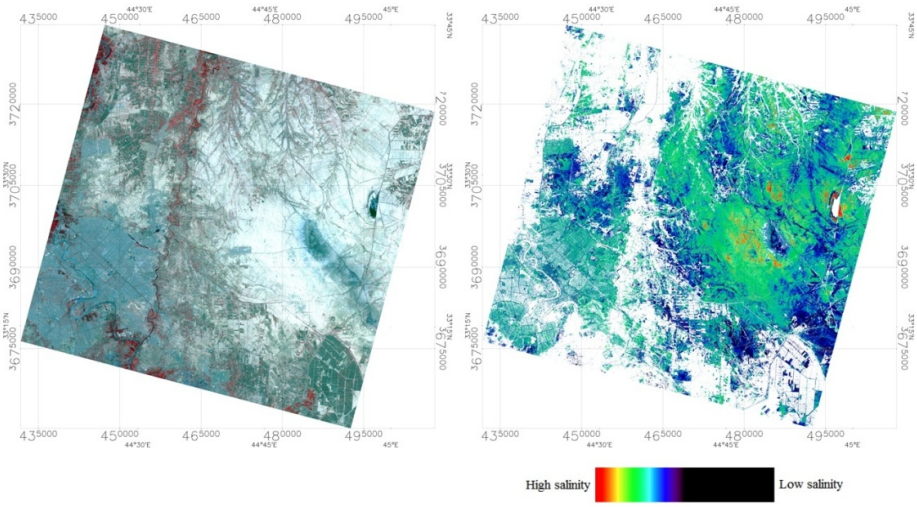


Figura 1. Immagine SPOT 5 con identificativo 137/283 dell'area pilota in falsi colori (sx), classificazione delle aree salinizzate (dx).

4.2 Classificazione della copertura vegetata

In generale, il territorio iracheno è affetto da elevati livelli di salinità. Pertanto, si può ipotizzare che la presenza di vegetazione rigogliosa, quali orticolture, graminacee e palmeti, sia correlata a bassi livelli di salinità. Dalla letteratura sono stati scelti e calcolati alcuni indici di vegetazione, al fine di discriminare spettralmente diverse classi: NDVI (Douaoui et al, 2006), PVI (Richardson e Wiegand, 1977), SAVI (Huete, 1988) e TSAVI (Baret e Guyot, 1991). Inoltre, al fine di ottenere maggiori informazioni dall'immagine di partenza è stata eseguita un'Analisi a Componenti Principali sulle quattro bande multi spettrali dell'immagine SPOT 5. Utilizzando tutte queste informazioni è stata effettuata una classificazione supervisionata di tipo Maximum Likelihood, il cui risultato è mostrato in figura 2.

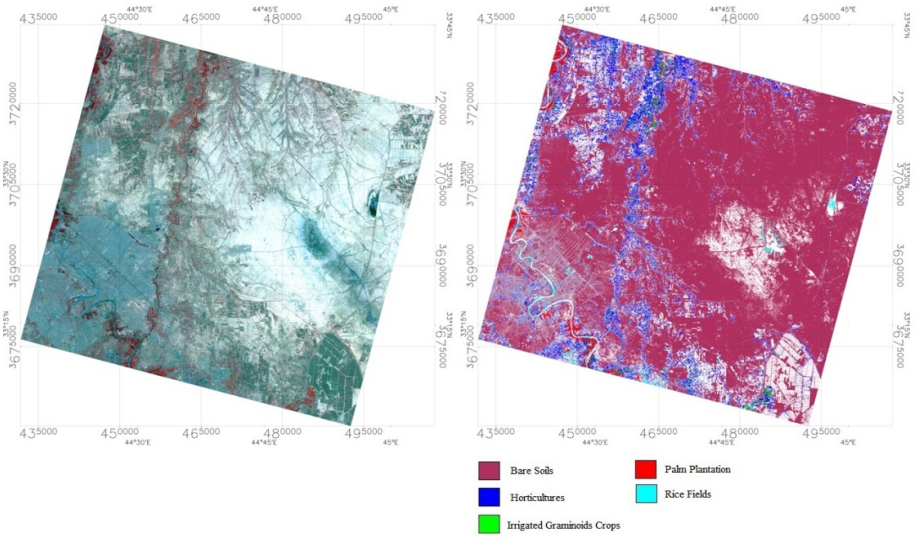


Figura 2. Immagine dell'area pilota in falsi colori (sx), classificazione della vegetazione (dx).

4.3 Identificazione di aree salinizzate su suoli nudi e vegetati

Unendo la mappatura dei suoli salini, con l'informazione ottenuta dalla classificazione della vegetazione e assumendo in caso di vegetazione rigogliosa (come orticolture, graminacee, e palmeti), di poter attribuire bassi livelli di salinità, è stata ottenuta la mappatura finale (Figura 3):

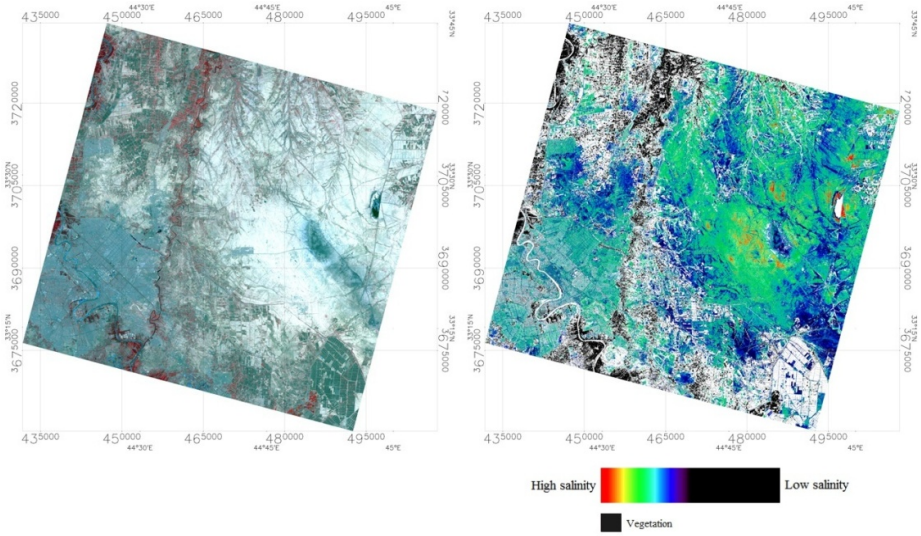


Figura 3. Immagine dell'area pilota in falsi colori (sx), classificazione delle aree salinizzate su suoli nudi e vegetati (dx).

5 Risultati e considerazioni

A causa della generale inaccessibilità del territorio iracheno non si dispone di punti di verità a terra. Pertanto, per la validazione della metodologia è stata condotta un'analisi per fotointerpretazione delle aree ad elevata salinità riscontrate nella mappatura. L'analisi per fotointerpretazione della stesse aree su Google Earth ha sancito che la metodologia identifica correttamente gli affioramenti salini presenti nella zona (Figura 4).

La metodologia implementata individua comportamenti spettrali che non dipendono unicamente dalla brillantezza del suolo: questo appare evidente dal confronto tra la mappatura ottenuta per l'immagine SPOT 5 con identificativo 137/282, che inquadra i dintorni dell'area pilota di Al-Whada, e l'immagine originale in falsi colori (Figura 5). L'informazione ottenuta dal confronto tra la mappatura dei suoli salini e la classificazione della vegetazione ha inoltre consentito di osservare che suoli coltivati, caratterizzati da un elevato degrado del suolo, spesso presentano elevati livelli di salinità (figura 6).

L'informazione ottenuta dalla metodologia sarà prossimamente verificata disponendo di punti di verità a terra. Quindi sarà possibile l'applicazione della metodologia alle restanti porzioni di territorio facenti parte del progetto.

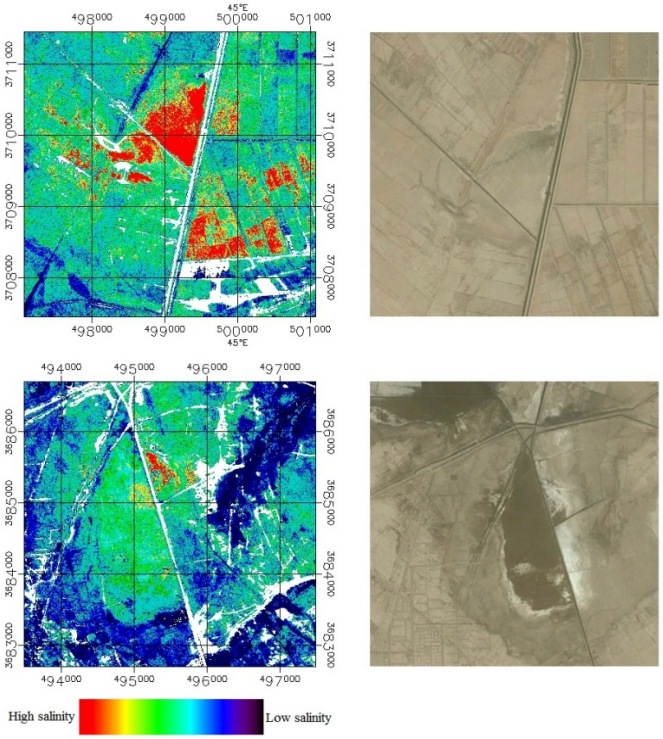


Figura 4. Confronto tra evidenti affioramenti salini (dx) e aree ad elevate salinità riscontrate nella mappatura (sx).

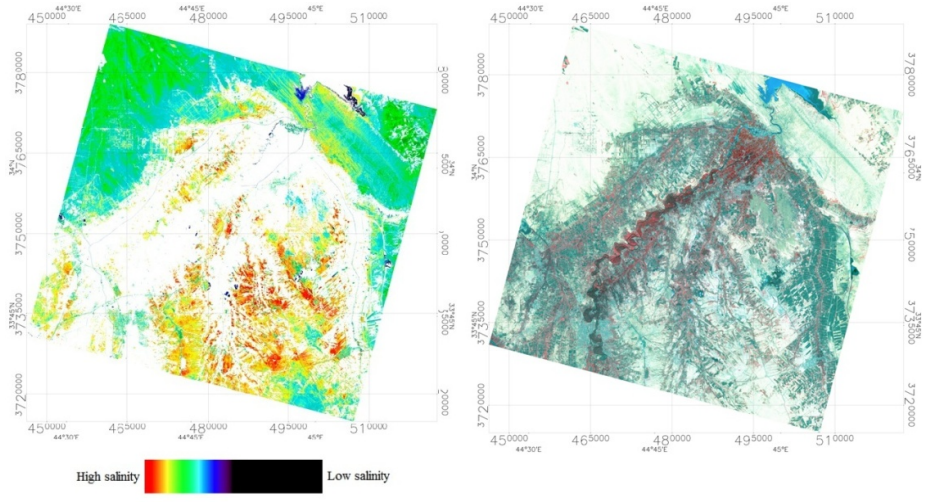


Figura 5. Confronto tra la mappatura delle aree saline per l'immagine SPOT 5 con identificativo 137/282 (sx) e la stessa immagine in falsi colori (dx).

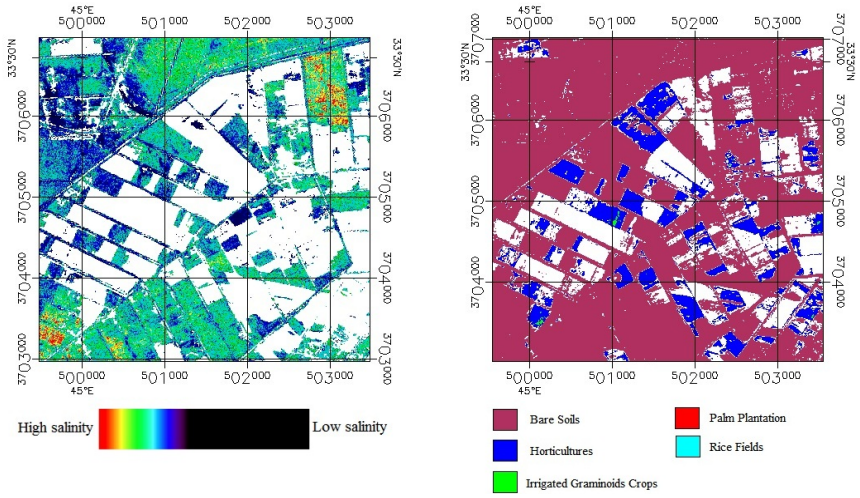


Figura 6. Dettaglio della mappatura di suoli salini (sx) e corrispondente classificazione della copertura vegetata (dx).

6 Bibliografia

Baret F., Guyot G. (1991), "Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment", *Remote Sensing of Environment*, Volume 35, Issues 2–3, p. 161-173.

Douaoui A.E.K., Nicolas H., Walter C.(2006), "Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data", *Geoderma*, Volume 134, Issues 1–2, p. 217-230.

Huete, A. (1988), "A soil-adjusted vegetation index (SAVI)", *Remote Sensing of Environment*, Volume 25, Issue 3, p. 295–309.

Kassas M., Ahmed Y.J., Rozanov B. (1988), "Desertification and drought: an ecological and economic analysis", *Desertification Control Bulletin*, 20, pp. 19–29.

Pásztor L., Csillag F. (1995), "Reduction of high resolution spectra: application to characterization of salinity status of soils", Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing, Proc. of the 14th EARSeL Symposium, Balkema, Rotterdam,393-397.

Ramani S., Kannan S. (1986), "Absorption and transport of Na and Cl in rice cultivars differing in their tolerance to salinity: An examination of the effects of ammonium and potassium salts.", *Journal of plant nutrition*, Volume 9, Issue 12, p. 1553-1564.

Richardson A.J., Wiegand C. L. (1977), "Distinguishing vegetation from soil background information", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Volume 43, Issue 12, p. 1541-1552.

La piattaforma Platform GIS

Fabio Iroldi, Gianluca Cavaliere

Abitat S.I.T., Via Roma 5, 36026 Pojana Maggiore
Tel. 0444 794127, Fax 0444 898220, e-mail: gis@abitat.it

Abstract
L'esigenza dei clienti di Abitat SIT era quella di avere un'unica soluzione che permettesse di risolvere le problematiche legate alla gestione del territorio abbinato ai dati di gestione. Per questo servivano banche dati cartografiche territoriali, disponibili in maniera semplice ed intuitiva, attraverso la rete intranet, internet e mobile.
A tal proposito i tecnici di Abitat SIT hanno studiato e sviluppato la piattaforma Platform Gis. Il sistema, utilizza il software di base MapGuide Open Source per la visualizzazione della cartografia e un database di tipo spaziale per la gestione delle banche dati alfanumeriche. Gli utenti che utilizzano Platform Gis hanno un'unica base dati centralizzata utilizzabile da più utenti contemporaneamente senza avere costi di licenze aggiuntive e costi di manutenzioni per il software di base. Agli utilizzatori di Platform Gis, non serve una formazione specifica, in quanto il sistema è semplice ed intuitivo e permette di gestire i dati in completa autonomia. E' una soluzione personalizzabile e modulare su richiesta del cliente, con costi iniziali contenuti e programmabili. Platform GIS, risolve problematiche specifiche legate a diversi settori merceologici. Si divide in Platform PA, per le Pubbliche Amministrazioni, Platform NET per tutte le società che si occupano di gestire reti di distribuzione di beni di interesse pubblico (acqua, gas, elettricità, rete fognaria), Platform LAND, per le Aziende del mondo dell'agricoltura e Platform GEO per tutte quelle aziende che sentono la necessità di gestire in maniera ottimale la propria attività territoriale di marketing e vendita.

Abstract
The demand of the customers for Abitat SIT was to have a single solution that would allow to solve the problems related to land management combined with data management. This is needed cartographic databases territorial available in a simple and intuitive interface, through the intranet, internet and mobile device.
In this regard, Abitat SIT technicals have studied and developed the software solution named "Platform GIS".
The system, using the basic software Autodesk MapGuide Open Source for displaying the cartography and a database of spatial type for managing databases alphanumeric.
Users who use "Platform GIS" have one centralized database used by multiple users simultaneously without additional licensing costs and maintenance costs for the basic software.
Users of "Platform GIS", do not need special training because the system is simple and intuitive and allows to manage data on your own.
It 's a modular and customizable solution on customer's request, with initial costs contained and programmable. "Platform GIS", solve specific problems related to different sectors.
It family is composed from: "Platform PA" for Public Administrations; "Platform NET" for all companies that deal with managing distribution networks for public goods (water, gas, electricity, sewerage); "Platform LAND", for companies of the world 'agriculture; "Platform GEO" for all those companies that feel the need to effectively manage their business local marketing and sales.

Platform PA La piattaforma di base per l'integrazione dei dati cartografici delle Pubbliche Amministrazioni

Introduzione
La gestione delle informazioni relative al territorio da parte delle Amministrazioni Pubbliche, implica il trattamento - per lo più manuale - di una notevole mole di dati e documenti. Abitat SIT ha sviluppato il software Platform PA la cui adozione da parte dell'Ente consente di proiettare sul territorio l'insieme dei dati disponibili e di visualizzare la situazione oggettiva evidenziando i punti di criticità da assoggettare all'analisi dell'Ufficio preposto. Platform PA consente dunque un migliorato controllo del territorio e una riduzione dei tempi necessari per eseguire le attività di ricerca delle informazioni cartografiche.

A quale bisogno è indirizzato
La versione di base della piattaforma Platform PA, consente ai suoi utenti di collegare i dati cartografici in un unico strumento che dà accesso integrato in visualizzazione, consultazione per criteri di ricerca e stampa di base, sia all'interno del Comune sia all'esterno dello stesso, (qualora ritenuto opportuno da parte dell'Ente) ed in presenza di condizioni tecnologiche adeguate. Platform PA rende infatti disponibili in forma integrata le diverse banche dati di cui il Comune è già in possesso e consente di costruire informazioni strutturate a partire da queste diverse basi dati come ad esempio: Carta Tecnica, Catasto, PRG (Piano Regolatore Generale) / PAT (Piano Assetto Territorio), Stradario, Ortofoto.

Funzioni principali del prodotto
Le funzionalità che sono disponibili sui dati cartografici del Comune attraverso l'interfaccia Web del prodotto, sono le seguenti:

- Collegamento semplificato alla normativa NTA con visualizzazione in formato HTML (disponibile il collegamento puntuale come servizio aggiuntivo)
- Ricerca in base a chiavi diverse: ricerca particelle catastali (foglio e mappale), ricerca per dato dello stradario (esempio: nome via)
- Stampa standard
- Menu agevolati per l'accesso alle funzionalità più usate (Misura Area, Misura Distanza, Help e Documentazione)

Grazie alla tecnologia standard con cui è stato realizzato, Platform PA consente di costituire una piattaforma informatica di base sulla quale sviluppare, nel tempo, funzionalità avanzate per una migliore fruizione del dato cartografico e delle banche dati collegate nell'utilizzo interno al Comune o per il miglioramento dei servizi al cittadino. Di conseguenza ciascun Ente ha la libertà di poter implementare (a seconda delle proprie esigenze) le funzionalità che meglio rispondono alle necessità di efficienza nella gestione dei dati territoriali.

Moduli aggiuntivi

- Gestione Piani Urbanistici Attuativi
- Gestione Illuminazione Pubblica
- Gestione Verde Pubblico
- Gestione Numeri Civici
- CDU – Certificato Destinazione Urbanistica
- Modulo Catasto
- Modulo Pratiche Edilizie (GPE)

Platform PA può essere accompagnato dalla fornitura di servizi e personalizzazioni che possono rendere più fruibile il prodotto in base ad esigenze specifiche dell'Ente. Tra i servizi è compreso la vestizione del PRG, il collegamento ad altre banche dati e l'hosting dell'applicazione presso i

server di Abitat SIT, mentre nelle personalizzazioni assumono rilievo ad esempio il collegamento puntuale della normativa NTA così come un sofisticato sistema di gestione dei profili utente e la stampa personalizzata su cartiglio del cliente.

Platform PA è basato su sistemi operativi standard e Open Source e non comporta investimenti ulteriori all'infuori della piattaforma stessa

Gestione cartografia catastale
Il modulo catasto progettato da Abitat SIT permette ai tecnici di gestire in autonomia i dati catastali nel formato fornito dell'Agenzia del territorio.
Attualmente infatti l'agenzia del Territorio mette a disposizione dei comuni che attivano un'apposita convenzione, o ad altri soggetti che possono acquistarli i dati geometrici e censuari costantemente aggiornati.

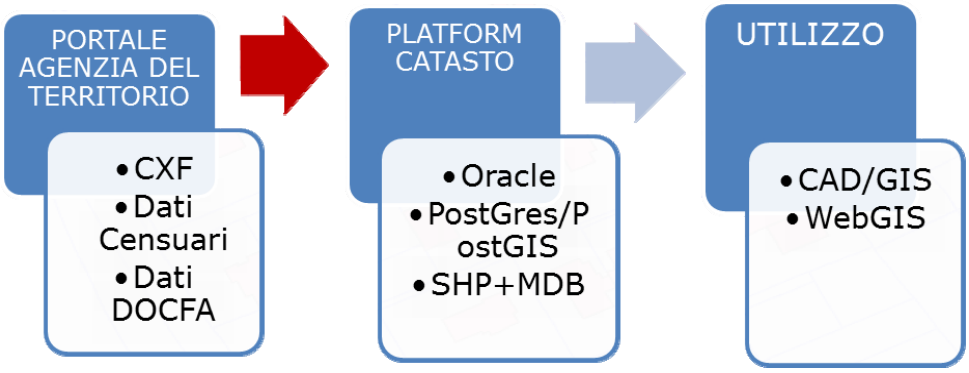


Figura 1. Integrazione dei dati catastali nel GIS.

Il modulo catasto mette a disposizione le seguenti funzionalità:
- Importazione dei dati CXF.
- Importazione dati censuari.
- Importazione planimetrie DOCFA.

Platform NET La piattaforma di base che permette agli Enti Gestori di distribuire via web le informazioni sulle reti tecnologiche

Introduzione
Per agevolare la Direzione tecnico-amministrativa degli enti che gestiscono le reti di distribuzione, Abitat SIT ha realizzato una piattaforma software di supporto alla visualizzazione ed alla gestione delle cartografie e delle banche dati ad esse collegate, che prescinde dall'utilizzo dei software gestionali di trattamento ed editing del dato come ad esempio Autocad Map.
La tecnologia GIS, su cui tale piattaforma è stata realizzata, rappresenta per le aziende uno strumento indispensabile per trattare e gestire tutti i tipi di informazione contenuti tradizionalmente in una carta ed integrarli con altri tipi di dati.

A chi è rivolto il prodotto
Il prodotto Platform Net si rivolge a tutte le società che si occupano di gestire reti di distribuzione di beni di interesse pubblico (acqua, fognatura, gas, elettricità ad esempio) e che hanno l'esigenza di rendere accessibile in modo semplice e veloce la cartografia e i dati delle reti.

A quale bisogno è indirizzato il prodotto
La famiglia di prodotti WebGIS risponde a numerose esigenze. La versione di base della piattaforma, Platform Net, consente ai suoi utenti di collegare i dati cartografici in un unico strumento che dà accesso integrato in visualizzazione, consultazione per criteri di ricerca e stampa di base sia all'interno della rete di distribuzione dell'Ente gestore sia all'esterno della stessa, qualora ritenuto opportuno da parte dell'Ente e in presenza di condizioni tecnologiche adeguate. Platform Net rende disponibili in forma integrata le diverse banche dati di cui l'Ente gestore è già in possesso e consente di costruire informazioni strutturate a partire da queste diverse basi dati come ad esempio:

- Cartografia di base
- Confini comunali
- Rete / archivio di Autocad Map
- Stradario
- Ortofoto

Per conseguenza, l'adozione di Platform Net da parte dell'Ente consente di proiettare sul territorio l'insieme dei dati disponibili su di esso e sulla rete tecnologica e quindi di visualizzare con immediatezza la situazione oggettiva e di evidenziare eventuali punti di criticità da assoggettare all'analisi approfondita dell'Ente stesso. I vantaggi immediati di tale adozione si possono quindi riassumere in un migliorato controllo e manutenzione della rete tecnologica di distribuzione e in una riduzione dei tempi necessari per eseguire le attività di ricerca delle informazioni cartografiche.

Funzioni principali del prodotto
Le funzionalità che sono disponibili attraverso l'interfaccia Web del prodotto sono le seguenti:

- Funzionalità: quelle base di MapGuide (selezione, pan, zoom);
- Selezione oggetto e vista dati associata;
- ricerche di base (materiale, diametro, comune) su elementi lineari (condotte) e punti (pozzetti) per ogni rete tecnologica (acquedotto, fognatura);
- ricerche in base a Comune e Via
- Stampa: stampa base in scala con cartiglio e legenda.

Grazie alla tecnologia standard con cui è stato realizzato, Platform Net consente di costituire una piattaforma informatica di base sulla quale sviluppare nel tempo funzionalità avanzate per una migliore fruizione del dato cartografico e delle banche dati ad esso collegate nell'utilizzo interno all'Ente gestore. Per conseguenza ciascun Ente ha la libertà di poter implementare a seconda delle proprie esigenze le funzionalità incrementali che meglio rispondono alle proprie necessità di efficienza nella gestione dei dati territoriali.

Moduli applicativi
Platform NET implementa numerosi moduli applicativi che rispondono in maniera immediata e concreta alle esigenze operative e quotidiane connesse alla gestione della rete.

- Platform NET Modulo Stampa: il modulo Stampa permette ad ogni utente di stampare un'area in scala, in diversi formati (A4, A3, A1,A0), con il cartiglio, la legenda, eventuali note e predisporre eventuali layout preimpostati
- Platform NET - FiltroDinamico: Filtro di ricerca su tutto il database delle reti, con creazione dinamica di query composte (and/or), visualizzazione tabellare dei risultati ed esportazione in excel.

- Platform NET – Modulo Report-Analisi: per avere delle reportistiche sempre aggiornate via WebGIS sulla consistenza della rete.
- Platform NET - Monografia: Generazione dinamica della monografia del pozzetto per la rete acquedotto e fognatura.
- Platform NET – Annotazioni base ed avanzate: Disegno di annotazioni in ambiente MG (testo, linea, poligono, cerchio) sincronizzate con l'ambiente di Autocad Map
- Platform NET – Annotazioni temporanee: per disegnare e stampare durante la sessione di accesso
- Platform NET – Gestione Allacciamenti: Disegno in ambiente WebGIS MG degli allacciamenti con strumenti avanzati di snap (taglio e ortogonale) e gestione degli attributi della pratica di allacciamento.
- Platform NET Videoispezioni: Il modulo gestisce il collegamento e la visualizzazione dei filmati relativi le videoispezioni effettuate sulle condotte di fognatura
- Platform NET – Modulo catasto : Il modulo catasto progettato da Abitat SIT permette ai tecnici di gestire in autonomia i dati scaricabili dal Portale per gli enti pubblici dell'Agenzia del territorio
- Platform GPS: localizzazione sulla cartografia di Platform con dispositivo GPS connesso
- Platform NET Google Maps – Gli applicativi della suite Platform GIS possono utilizzare Google Maps come cartografia di base.
- Platform NET Street View : integrazione dell'ambiente Street View in Platform NET

Modulo Google Maps e Google Street View

Il modulo Google Maps permette la visualizzazione della cartografia di Google direttamente nell'ambiente WebGIS di Platform NET.

Anche il modulo Google Street View, che è totalmente integrato in PlatformNET, permette di visualizzare direttamente nell'ambiente WebGIS la finestra di Street View. In sostanza una volta selezionata la funzionalità Street View si seleziona un punto nell'area interessata direttamente sulla mappa. Il sistema propone la finestra di Google Street View riportante l'immagine più vicina al punto selezionato. Tutti i servizi offerti si attuano nel rispetto delle politiche di licenza previste da Google.

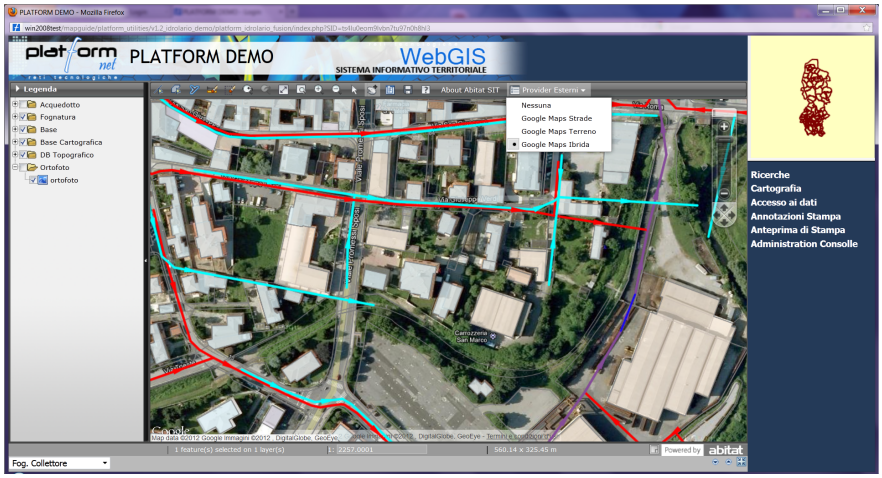


Figura 2. Integrazione con cartografia Google Maps.



Figura 3. Integrazione con Street View.

Modulo Platform NET GPS

Il modulo Platform NET GPS è un modulo dedicato ai dispositivi mobile e permette la localizzazione sulla cartografia di Platform con un dispositivo GPS connesso.

La procedura centra la mappa sulla posizione GPS in cui si trova l'utente (in quel momento) con una precisione che dipende dal ricevitore GPS (alcuni metri). La precisione non ha un'importanza rilevante in quanto ha solo lo scopo di localizzare l'operatore sulla cartografia e in prossimità del luogo.

Nel caso in cui non c'è segnale GPS l'utente può comunque posizionarsi sulla mappa sfruttando la ricerca per comune-via-civico presente in Platform NET.

L'integrazione con l'ambiente Mobile

Il mercato offre dispositivi mobili in moltissime configurazioni e caratteristiche, da tablet a smartphone, netbook e altro, moltissimi con schermi touch-screen. E' proprio questa modalità di interazione direttamente su schermo che rende poco usabili o addirittura non compatibili alcuni siti internet.

Anche le differenze sulla misura dello schermo e della risoluzione influiscono sulla navigazione e può accadere che parti del sito non siano raggiungibili.

Molti produttori hanno provveduto alla creazione di specifiche versioni mobile o applicazioni per superare queste problematiche, Abitat SIT ha scelto di creare una piattaforma GIS Desktop che risponda a tutti i tipi di richiesta: Browser Web Standard (Windows, Mac e Linux) e Browser Web Mobile (iOS, Android, ecc). L'interfaccia è costruita su framework Fusion, cioè un ambiente di sviluppo OpenSource scritto in JavaScript ottimizzato per la gestione di mappe via Web. Fusion è basato a sua volta sulle API OpenLayers, di fatto lo standard per le API Spatial, e consente di aggiungere alle interfacce widget, plugin e funzionalità in linguaggio HTML e CSS. Fusion non richiede plugin di consultazione all'interno del browser e funziona sui principali browser per Windows, Mac, Linux e Mobile.

Il risultato delle tecnologia Abitat SIT WebGIS è un ambiente di consultazione multipiattaforma, ma a seconda del tipo di richiesta viene utilizzata una interfaccia specifica. L'interfaccia standard ottimizzata per l'utilizzo da PC, che dispone di tutte le funzionalità, e l'interfaccia WebGIS mobile ottimizzata per l'utilizzo da dispositivo Mobile.

In quest'ultimo caso si possono utilizzare pulsanti accessibili facilmente con il touch, schede dati visualizzate come dal modello di settore, visualizzazione allegati, visualizzazione di Foto Aeree

incorporate oppure accesso diretto ai layer di provider commerciali come Google Maps, GPS con geolocalizzazione automatica su mappa.
Per gli utenti abilitati sono disponibili tool per l'editing cartografico come il disegno di punti, linee poligoni, anche con snap per l'aiuto all'utente. I dati vengono scritti sul database GIS aziendale oppure su copie asincrone del database.
La consultazione avviene in real-time tramite un accesso ad Internet, Wifi, 3G, ecc e l'operatore in campo dispone di uno strumento di lavoro che gli permette la continuità operativa.

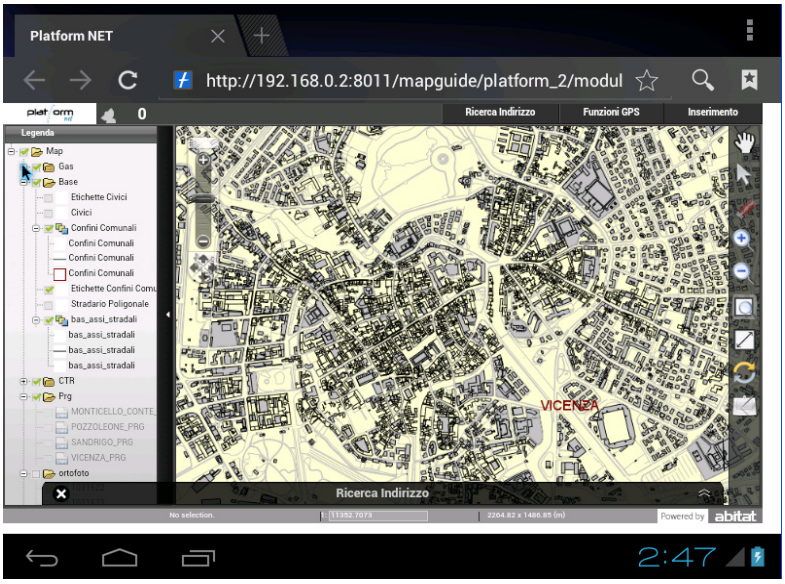


Figura 4. Interfaccia Mobile su browser Android.

Platform Modalità off-line
Abitat SIT è molto attiva nello sviluppo di soluzioni e tecnologie che interagiscono con l'ambiente Mobile ed è molto vicina agli operatori del settore.
Abbiamo constatato che gli operatori in campo non possono essere legati in modo stretto e bloccante con la connessione internet o il segnale GPS.
Sulla base delle nostre esperienze abbiamo pertanto realizzato una piattaforma di Platform in modalità "off-line" che è speculare a quella dell'ambiente WebGIS ma che non necessita di una connessione internet.
Questa piattaforma è pertanto utilizzabile come interfaccia di editing/web/mobile e utilizza in modo pieno e completo tutte le funzionalità dell'interfaccia WebGIS (è in sostanza uguale).
Tale interfaccia deve essere utilizzata su adeguati dispositivi mobile (es. Tablet corazzati per uso esterno, con monitor antiriflesso, lunga durata batteria, ecc.)

Cos'è la modalità on-line off-line?



Con il WebGIS Platform, nella modalità "classica" on-line, il computer dell'utente è connesso alla rete intranet/internet e accede direttamente alla banca dati centrale presente sul server dell'ente.

Nella modalità off-line viene fatta una copia del sistema cartografico Platform NET che viene installato su adeguati dispositivi portatili (Tablet, netbook,



notebook). In questa modalità Platform NET permette di accedere direttamente ai dati presenti sul proprio PC locale.

Pertanto il sistema "Platform off-line" permette la consultazione e l'aggiornamento delle reti in campo con dispositivi che non sono necessariamente connessi alla rete internet.

L'aggiornamento off-line:
Gli operatori dotati di Platform NET off-line possono consultare e interagire con la cartografia e apporre delle annotazioni come avviene nella modalità on-line.
Quando gli operatori rientrano in sede connettono il dispositivo alla rete e i dati vengono sincronizzati con il database centrale.
Anche queste annotazioni vengono viste e validate successivamente dal resp. dell'ufficio cartografia/SIT.

Conclusioni
La rispondenza del sistema Platform GIS a standard e normative nazionali e internazionali, nonché le sue peculiari caratteristiche (flessibile, modificabile e upgradabile nel corso degli anni con la possibilità di aggiornare tecnologicamente il software ad eventuali normative o future esigenze) lo identificano come sistema "aperto".
Il sistema "Platform GIS" fa inoltre riferimento ad un insieme di funzionalità, tecnologie e convenzioni riconosciute e svincolate dalle realizzazioni dei fornitori di hardware e software e quindi permette, in qualsiasi momento, l'espansione senza problemi di compatibilità sia per quanto riguarda la struttura della banca dati che la tecnologia informatica su cui si basa.

Cartografia geochimica ambientale: tecniche classiche vs exploratory data analysis. Il caso del cromo nell'Appennino Tosco-Romagnolo

Valerio Lancianese

IGRG (Integrated Geoscience Research Group), Università di Bologna, Via S.Alberto 163, 48100 Ravenna,
Tel. 3202141161, valerio.lancianese@unibo.it

Abstract esteso

La cartografia geochimica ambientale costituisce un valido strumento di controllo del territorio. La conoscenza della distribuzione, della diffusione e della concentrazione degli elementi chimici nell'ambiente può dare risposte importanti a problemi di carattere economico e/o ambientale per quanto riguarda: l'agricoltura, il comparto agricolo, il reperimento di risorse minerarie e il loro sfruttamento, l'approvvigionamento di acqua e l'irrigazione, l'uso del suolo, l'inquinamento industriale (Moon, 1999).

Il problema principale nell'interpretazione dei dati è la definizione dei tenori di fondo naturale degli elementi chimici (*background values*) e in secondo luogo la rappresentazione della distribuzione areale degli stessi (Lima et al., 2003). A tal riguardo lo scopo di questo lavoro è quello di mettere a confronto le tecniche statistiche e le metodologie di rappresentazione cartografica più idonee all'individuazione di correlazioni tra inquinamento ambientale e cause naturali e/o antropiche.

Questo studio utilizza due tecniche statistiche (media+2SDEV e mediana+2MAD) per l'identificazione dei valori soglia utilizzati nelle rappresentazioni cartografiche (Reimann, Filzmoser, 2005) e sfrutta dati geochimici interpolati statisticamente per ottenere due tipi di mappe : (1) mappe derivate da modelli continui di paesaggi geochimici (Cheng,1999) e (2) mappe derivate da modelli discreti di paesaggi geochimici (Bonham-Carter et al., 1987; Carranza, Hale, 1997; Spadoni et al., 2004).

I campioni di sedimenti fluviali utilizzati nell'elaborazione dati sono stati scelti tramite un campionamento effettuato sui tratti di aste fluviali ricadenti nei principali bacini idrografici (Carranza, 2004) dell'Appennino tosco-romagnolo (Figura 2). In questo caso sono stati estratti i valori del cromo (Cr) ed è stata presa in considerazione esclusivamente un'area di 207 km^2 a 10 km da Bologna (Figura 1).

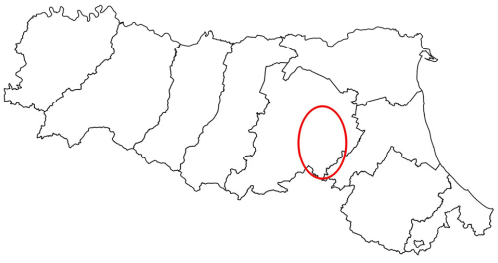


Figura 1. Area di studio.

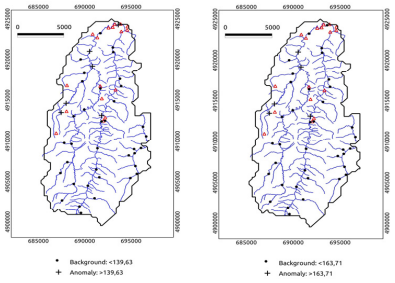


Figura 2. Punti campionati.

I risultati dello studio evidenziano come la tecnica statistica basata sulla mediana restituisca un valore soglia del Cromo (139,63 mg/kg) conforme ai limiti di legge (150 mg/kg) rispetto al valore ottenuto con la media (163,71 mg/kg).
I valori soglia sono stati utilizzati entrambi nella realizzazione delle mappe derivate da modelli continui e discreti (Figura 3). Considerando l'associazione spaziale esistente tra la distribuzione delle anomalie (in verde) e la collocazione dei depositi minerari comprendenti cave e miniere (indicate dai triangoli rossi) si può notare che il valore soglia indicato dalla mediana+2MAD restituisce mappe in cui le anomalie si estendono in corrispondenza dei depositi minerari. Inoltre mettendo a confronto il modello continuo con il modello discreto si nota che quest'ultimo evidenzia maggiormente una correlazione spaziale tra le macchie verdi e i triangoli rossi.
In conclusione, i risultati conseguiti dimostrano che l'*exploratory data analysis* è superiore alla tecnica classica in quanto i valori soglia indicati dalla mediana rispettano i valori di legge. In secondo luogo, se la soglia ottenuta dal calcolo della mediana+2MAD viene utilizzata nell'interpolazione di mappe geochimiche, i modelli discreti si mostrano più efficaci rispetto ai modelli continui.

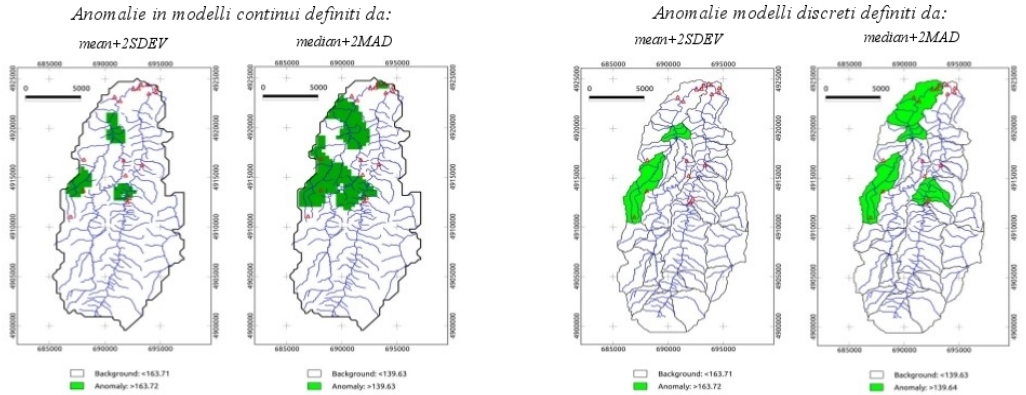


Figura 3. Rappresentazione dei valori anomali in modelli continui e discreti.

Bibliografia

Bonham-Carter et al. (1987), "Catchment basin analysis applied to surficial geochemical data, Cobequid Highlands, Nova Scotia" Journal of Geochemical Exploration, 29: 259–278.
Carranza E.J.M., Hale M. (1997), "A catchment basin approach to the analysis of geochemical-geological data from Albay province, Philippines", *Journal of Geochemical Exploration*, 60: 157–171.
Carranza E.J.M. (2004), "Usefulness of stream order to detect stream sediment geochemical anomalies", *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 4: 341–352.
Cheng Q. (1999), "Spatial and scaling modelling for geochemical anomaly separation", *Journal of Geochemical Exploration*, 65: 175–194.
Lima A, De Vivo B, Cicchella D, Cortini M, Albanese S. (2003), "Multifractal IDW interpolation and fractal filtering method in environmental studies: an application on regional stream sediments of (Italy), Campania region". *Applied Geochemistry*, 18: 1853–1865.
Moon C.J. (1999), "Towards a quantitative model of downstream dilution of point source geochemical anomalies", *Journal of Geochemical Exploration*, 65: 111–132
Reimann C, Filzmoser P. (2005), "Background and threshold: critical comparison of methods of determination", *Science of the Total Environment*, 346: 1–16.
Spadoni M, Cavarretta G, Patera A. (2004), "Cartographic techniques for mapping the geochemical data of stream sediments: the "sample catchment basin" approach", *Environmental Geology*, 45: 593–599.

Monitoraggio satellitare della qualità delle acque dei mari Toscani: l'attività del progetto MOMAR

Chiara Lapucci (*,**), Fabio Maselli (**), Carlo Brandini (*,**),
Luca Massi (***), Caterina Nuccio (***), Alberto Ortolani (*,**), Bernardo Gozzini (*)
Francesca Polonelli (***)

(*) Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica ambientale per lo sviluppo sostenibile (LaMMA), Firenze
(**) Istituto di Biometeorologia, Consiglio nazionale delle Ricerche (IBIMET-CNR), Firenze
(***) Laboratorio di Ecologia e Fisiologia Vegetale, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica,
Via Micheli 1, 50121 Firenze

Abstract
Nell'ambito del progetto MOMAR l'attività di monitoraggio satellitare ha previsto la messa a punto di un sistema semioperativo di valutazione della qualità delle acque dei mari Ligure e Tirreno antistanti la Toscana, basato sulle concentrazioni della biomassa fitoplanctonica, stimata mediante la concentrazione della clorofilla (Chl), della sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM) e del materiale particellato non fitoplanctonico (NAP). Sono state misurate *in situ* sia le proprietà ottiche del mare che le concentrazioni dei principali componenti attivi nel determinare il colore del mare e sono state valutate le loro relazioni con la biomassa fitoplanctonica con lo scopo di calibrare localmente algoritmi esistenti o proporne di nuovi per migliorare l'efficienza delle stime di Chl, CDOM e NAP. In particolare è stata valutata la stima della Chl da satellite tramite l'applicazione di diversi algoritmi ad immagini MODIS. Gli algoritmi considerati (OC3M, MedOC3, OC5, SAM_LT) hanno mostrato diversi livelli di accuratezza nelle acque costiere ed in quelle al largo. Questo studio ha consentito di definire alcune linee guida preliminari che saranno utili per il monitoraggio operativo dell'area marina in esame.

Abstract
In the framework of the Momar project, the activity concerning satellite monitoring concerned the developement of a semioperational system of water quality monitoring of the Ligurian and Tyrrhenian Seas in front of Tuscany. The system is based on the concentrations of phytoplankton biomass, estimated by Chlorophyll (Chl), Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) and Non-Algal Particulate Matter (NAP). Optical properties of the sea were measured *in situ*. The concentrations of the main active components in determining the color of the sea were evaluated together with their relationships with phytoplankton biomass, in order to calibrate locally existing algorithms or proposing new ones, with the aim to improve the estimation efficiency of Chl, CDOM and NAP. In particular, satellite Chl estimation through the application of different algorithms to MODIS images was evaluated. The algorithms taken into consideration (OC3M, MedOC3, OC5, SAM_LT) showed varying degrees of accuracy in coastal waters and in those offshore. This study made allowed to define some preliminary guidelines that will be useful for operational monitoring of the studied area.

Introduzione

Il progetto MOMAR (sistema integrato per il MOnitoraggio e il controllo dell'ambiente MARino) è un progetto di cooperazione transfrontaliera che ha avuto luogo nel periodo 2010-2011, ed ha avuto come obiettivo quello di creare un percorso unico sul monitoraggio marino e costiero tra la Toscana, la Liguria, la Sardegna e la Corsica. In questo contesto, in collaborazione tra LaMMA,

Università di Firenze e CNR-IBIMET, è stato creato un sistema di monitoraggio delle acque nell'area marina di fronte alla Toscana, tra mar Ligure e Tirreno Settentrionale, che prevede sia attività monitoraggio puntuale in situ, ossia la valutazione delle concentrazioni della biomassa fitoplanctonica, stimata mediante la concentrazione della clorofilla (Chl), della sostanza organica disciolta cromoforica (CDOM) e del materiale particellato totale (SPM), che il monitoraggio satellitare, una catena operativa che tratta i dati satellitari di oc*ean color* e fornisce mappe di concentrazione di clorofilla. Le più recenti Direttive Quadro europee, la Water Framework Directive (2000/60/EC) e la Marine Strategy (2008/56/EC) richiedono la caratterizzazione dello stato ecologico del mare, e indicano la clorofilla *a* come un parametro utile a tale scopo.

Campagne di misura, area di studio ed analisi effettuate

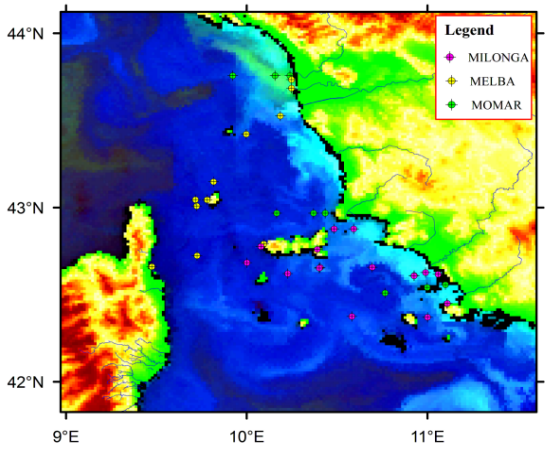


Figura 1

Le acque dell'Arcipelago Toscano mostrano evidenti peculiarità ottiche in gran parte legate alle caratteristiche geomorfologiche ed idrodinamiche dell'area dell'Arcipelago Toscano. Queste acque insistono sulla piattaforma continentale che si estende molto davanti alla costa toscana, costituendo un bacino con ridotti idrodinamismo e scambi rispetto alla circolazione generale tirrenica e ligure. In questa situazione gli apporti dei principali fiumi della Toscana ed i fenomeni di risospensione danno un contributo significativo di SPM, CDOM e nutrienti nelle acque superficiali. Questi contributi influenzano quindi l'ecologia e le proprietà ottiche dell'area.
Durante il progetto MOMAR sono state svolte alcune campagne di rilevamento, durante le quali sono stati analizzati diversi parametri biogeochimici e correntometrici, qui riportiamo solo quelli utili ai fini di questo studio. L'Università di Firenze ha effettuato 5 campagne stagionali (definite qui "campagna MOMAR") su tre transetti per ciascuno dei quali sono state effettuate misure e campionamenti in tre stazioni poste a 3, 10 e 30 km dalla costa Toscana: in prossimità della foce dell'Arno, di fronte a Piombino e nella zona di Talamone (Figura 1).
Il LAMMA, in collaborazione con l'Università di Firenze, il CNR Ibimet e l'Ifremer, ha partecipato a due campagne oceanografiche all'interno del progetto MOMAR, MELBA e Milonga, che sono state strutturate allo scopo di monitorare la variabilità dei principali parametri oceanografici (temperatura, salinità, correnti marine) e biogeochimici (clorofilla a, CDOM, SPM, fitoplancton, nutrienti) dell'area oggetto dello studio. In Figura 1 si riportano le stazioni in cui sono stati fatti rilievi biogeochimici sia per le campagne MELBA e Milonga che per la campagna MOMAR. Le analisi di tutti i campioni sono state effettuate dal Laboratorio di Ecologia e Fisiologia Vegetale dell'Università degli Studi di Firenze. Nel corso della campagna MELBA i rilievi biogeochimici

sono stati effettuati nella prima settimana di maggio 2011, nella zona di mare che va dalla foce dell'Arno verso l'isola di Capraia, fino alla parte nord est della costa di Corsica (Figura 2), e sono stati raccolti campioni biogeochimici in 11 stazioni. Nel corso della campagna Milonga, i campionamenti biogeochimici sono stati effettuati durante l'ultima settimana di settembre e l'ultima settimana di ottobre 2011(Figura 2), e sono stati raccolti 34 campioni nella zona dell'arcipelago Toscano a sud del Golfo di Follonica, completando così le misure fatte durante la campagna MELBA. Per tutte le campagne i campioni di acqua di mare (di superficie) sono stati raccolti tramite una bottiglia Niskin. Sono state effettuate le seguenti analisi: l'analisi quali-quantitativa dei pigmenti algali (Clorofilla a e altri pigmenti algali mediante HPLC, fluorimetro e spettrofotometro), assorbimento del particellato (fitoplancton e NAP "Non Algal Particle"), SPM (Suspended Particulate Matter), Colored Dissolved Organic Matter (CDOM), solo per la campagna MOMAR sono state effettuate misure di irradianza quantica PAR superficiale e sottomarina; spettri dell'irradianza discendente sulla superficie marina ed a varie profondità nella colonna d'acqua (5, 10, 25 e 50 m) e spettri dell'irradianza ascendente a 5 e 10 m (spettroradiometro LI-COR LI 1800UW). Da queste misure in ogni stazione sono stati ricavati il coefficiente di attenuazione verticale dell'irradianza ($k(\lambda)$) e la riflettanza subsuperficiale ($R(\lambda)$).

I dati satellitari

I dati satellitari utilizzati in questo studio sono stati acquisiti dal sensore multispettrale MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) installato sul satellite NASA Aqua. Il sensore MODIS è costituito da 36 bande spettrali ed acquisisce dati in un'area compresa fra 400 e 14400 nm, dal visibile all'infrarosso. La risoluzione spaziale per canale va da 250 (per poche bande) a 1000m. I canali comunemente utilizzati per l'osservazione dell'ocean color sono nello spettro del visibile e nel vicino infrarosso, che hanno un'alta sensibilità e una risoluzione spaziale di 1 km circa al nadir. In questo studio sono stati utilizzati prodotti standard di livello 2 (riflettanza, Remote Sensing Reflectance), e sono stati acquisiti 16 file (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/) contenenti l'intera area di studio o una parte di essa, in corrispondenza ai giorni in cui sono avvenuti i campionamenti durante le tre campagne oceanografiche.

Confronto tra riflettanze in situ e satellitari

Allo scopo di affiancare il monitoraggio satellitare al monitoraggio classico è necessario valutare la bontà dei dati osservati dal satellite ed elaborati come riflettanze. Così si confrontano i dati di riflettanza misurati a livello della superficie del mare durante la campagna MOMAR con i corrispondenti dati di riflettanza provenienti dal satellite MODIS. I dati di rifletanza sono utili per valutare l'effetto della correzione atmosferica: circa il 90% del segnale elettromagnetico che arriva dal mare al satellite, infatti, deriva dalle interazioni di esso con l'atmosfera stessa. Tale processo, la correzione atmosferica, per la sua complessità rende necessaria una verifica tramite rilievi di riflettenza *in situ* effettuati al momento del passaggio satellitare. Le riflettanze misurate sopra la superficie del mare, qui chiamate "riflettanze *in situ*", si possono così confrontare con le riflettanze da satellite, qui chiamate "riflettanze MODIS".

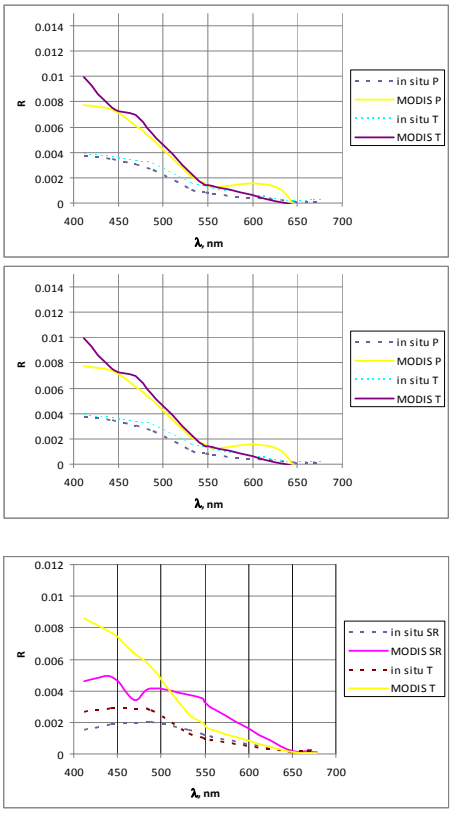


Figura 2. Confronto tra riflettanze in situ e MODIS, le linee tratteggiate corrispondono ai dati in situ, le linee continue corrispondono ai dati MODIS.

Le forme spettrali in cui sono state raggruppate le riflettanze *in situ* trovano una buona corrispondenza con le forme spettrali delle corrispondenti riflettanze MODIS. Come si vede nella Figura 2, nelle lunghezze d'onda rosso e blu si verificano le maggiori discrepanze tra dati di riflettanza *in situ* e satellitari. Nelle lunghezze d'onda blu i dati MODIS sovrastimano fortemente rispetto a quelli *in situ* (Figura 2), e ciò è dovuto a problemi nella correzione atmosferica: a tali lunghezze d'onda infatti lo scattering atmosferico è difficilmente eliminabile. Inoltre per quel che riguarda le lunghezze d'onda nel rosso ci sono molti valori di riflettanza satellitare addirittura negativi, dovuti all'*atmospheric overcorrection*. Dato che a queste lunghezze d'onda i valori di riflettanza delle acque marine sono molto bassi il contributo dell'atmosfera diventa dominante e difficile da correggere tramite procedure standard. Gli spettri MODIS di alcuni campioni mostrano dunque valori negativi di Rrs alle lunghezze d'onda più alte, e tali valori sono stati conservati al fine di valutare la robustezza dei quattro algoritmi nei confronti di queste fonti di errore.

Confronto tra algoritmi per la stima della clorofilla

Algoritmi selezionati

Allo scopo di individuare un algoritmo per la stima della clorofilla *a* adatto per l'area di studio del progetto MOMAR, confrontando i dati di clorofilla *a* stimati da algoritmi con i dati *in situ* di clorofilla *a* rilevati durante le campagne oceanografiche, sono stati selezionati quattro algoritmi:

OC3M, MedOC3, OC5, e SAM – LT. OC3M è un algoritmo globale messo a punto dalla NASA, su dati satellitari MODIS, calibrato su un dataset scelto su tutti i mari del globo, valido solo per le acque di caso 1 (O'Reilly et al., 2000). L'algoritmo OC3M è un algoritmo bio-ottico empirico, basato quindi su semplici relazioni statistiche che mettono in relazione il *rapporto di riflettanza* con la concentrazione di clorofilla *a*. I dati di clorofilla *a* ottenuti con l'algoritmo OC3M sono distribuiti dalla NASA insieme agli altri prodotti di Livello 2. MedOC3 è una versione dell'algoritmo OC3M ricalibrata sul Mar Mediterraneo, su dati satellitari MODIS, (Santoleri et al., 2008) valido solo per le acque di Caso 1. OC5 è un'estensione dell'algoritmo globale OC3M alle acque di Caso 2 proposto da Ifremer (Gohin et al., 2002). Tale algoritmo prende in considerazione altri due canali oltre ai tre dell'OC3M: il canale a 412 nm, che permette di valutare il contributo della CDOM, e quello a 555 nm, che permette di valutare il contributo del SPM. SAM – LT è un algoritmo bio-ottico semianalitico (Maselli et al., 2009), che si basa su relazioni matematiche tra proprietà ottiche inerenti e proprietà ottiche apparenti, tramite inversione di modelli bio-ottici. L'algoritmo SAM_LT è valido solo per le acque di Caso 2, è regionale (calibrato solo su dati di acque costiere toscane), e permette di ottenere dati di clorofilla *a*, SPM e CDOM. È in corso una ricalibrazione dell'algoritmo anche sulle acque di Caso 1 da parte degli autori di tale algoritmo.

Dati *in situ*

Campagna	Periodo	Numero di stazioni	[Chl_a] Media (mg m^{-3})	[Chl_a] Deviazione standard (mg m^{-3})	[Chl_a] minimum (mg m^{-3})	[Chl_a] maximum (mg m^{-3})
MOMAR (Università di Firenze)	16 aprile 2010 – 29 luglio 2011	28	0.4360	0.6556	0.0407	2.7869
MELBA	02 – 06 maggio 2011	11	0.2081	0.1499	0.0787	0.5107
MILONGA	21 – 22 settembre, 12, 18 ottobre 2011	18	0.1837	0.1622	0.0492	0.6677

Tabella 1. Statistiche relative alle concentrazioni di clorofilla rilevate durante le tre campagne: MOMAR, MELBA, Milonga.

Le tre campagne (Figura 1) sono state caratterizzate da diverse condizioni ambientali e stagionali, che si rispecchiano nella presenza di diversi livelli di concentrazione di clorofilla *a*. I dati di clorofilla *a* rilevati nella campagna MOMAR sono stati analizzati per HPLC, mentre quelli rilevati nelle campagne Melba e Milonga sono stati analizzati per spettrofotometro e fluorimetro. Statistiche riassuntive di queste concentrazioni sono riportate nella Tabella 1. La campagna MOMAR svolta nel mare antistante la regione Toscana presenta la più alta concentrazione di clorofilla *a* trovata, questi valori appartengono specialmente alle stazioni più costiere (3 Km) ed in prossimità della foce dell'Arno nel periodo invernale. La campagna MELBA è stata condotta nel Mar Ligure, che presenta normalmente caratteristiche di acque oceaniche durante la maggior parte dell'anno, ed anche agli inizi di maggio, periodo durante il quale si è svolta la missione. I valori più alti di clorofilla *a* tra questi campioni sono stati rilevati vicino alla foce dei fiumi Arno e del Serchio, stazioni neritiche dove la concentrazione di clorofilla *a* risente dell'apporto fluviale. La campagna Milonga è stata effettuata nel settore nord del Mare Tirreno tra la fine di settembre e la fine di ottobre 2011, in stazioni per la maggior parte situate in mare aperto, e mostrano concentrazioni di clorofilla *a* basse, simili a quelli della campagna MELBA; i valori di clorofilla *a* più alti che coincidono con i massimi riportati nella Tabella 1, si trovano in corrispondenza di due stazioni situate vicino alla foce del fiume Ombrone.

Confronto tra dati *in situ* e telerilevati relativi alla campagna MOMAR

Analisi di regressione sono state effettuate per confrontare le stime di concentrazione di clorofilla *a* *in situ* e telerilevate. In particolare, *scatter plot* sono stati elaborati (Figura 3 a-d) per tutti e quattro gli algoritmi considerati, e la precisione corrispondente è stata valutata utilizzando il coefficiente di determinazione (R^2), il Root Mean Square Error e il Mean Bias Error percentuale (RMSE e %MBE, rispettivamente). In generale, le stime di concentrazione di clorofilla *a* ottenute da tutti gli algoritmi sono significativamente correlate con le corrispondenti misurazioni *in situ* al livello di confidenza del 99%. Questi algoritmi, tuttavia, mostrano diversi livelli di accuratezza. In generale, l'R^2 è simile per tutti. L' errore quadratico medio (RMSE) è più alto è per il MedOC3 (1.1 mgm^{-3}). Il %MBE mostra che OC3M e MedOC3 sovrastimano più degli altri (rispettivamente del 21 e 41%), mentre l'OC5 sovrastima poco (8%) e il SAM addirittura sottostima del 4%.

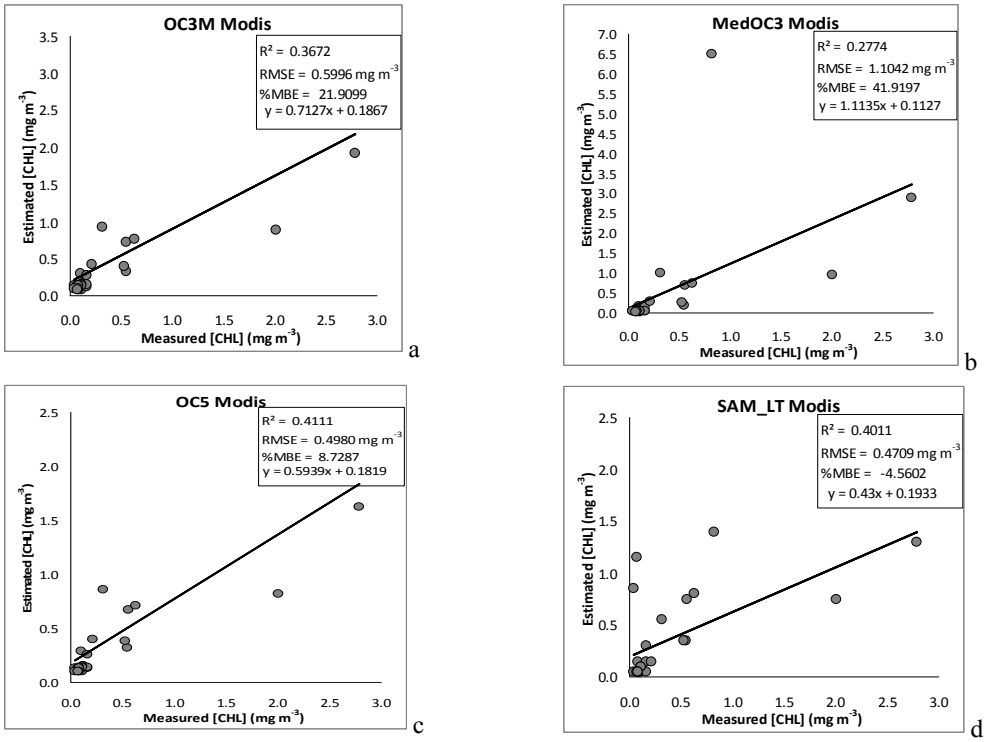


Figura 3 a-d. Scatter plot – confronto di dati di clorofilla a ottenuti tramite HPLC con valori di clorofilla a ottenuti da dati satellitari MODIS tramite 4 algoritmi (OC3M, MedOC3, OC5, SAM_LT).

L'ultimo *scatter plot* evidenzia poi la scarsa sensibilità dell'algoritmo SAM a concentrazioni basse di clorofilla *a*, tipiche di acque oligotrofiche. Gli algoritmi MODIS che stimano la clorofilla *a* dal colore dell'oceano, basati sul rapporto di riflettanza (Rrs) nel blu e nel verde, sono noti sovrastimare nella zona del Mediterraneo. Questi risultati confermano infatti una certa tendenza degli algoritmi convenzionali (OC3M e MedOC3) a sovrastimare la concentrazione di clorofilla *a*. Tale tendenza è tuttavia meno accentuata di quella riscontrata in lavori precedenti (Lapucci et al., in stampa). I due algoritmi considerati mostrano infatti prestazioni migliori in questi casi, mentre tendono a sovrastimare fortemente la concentrazione di clorofilla *a* in acque costiere. A tale riguardo bisogna ricordare che i campionamenti della campagna MOMAR selezionati per i confronti sono prevalentemente estivi, quando le acque del Mediterraneo, avendo caratteristiche più oligotrofiche,

somigliano maggiormente a quelle oceaniche: queste sono appunto le condizioni in cui OC3M e MedOC3 hanno performance migliori. Per quanto riguarda gli altri due algoritmi, essi mostrano in genere prestazioni soddisfacenti, producendo errori quadratici e globali piuttosto ridotti. La sovrastima è inferiore infatti nel caso dell'OC5 che, al contrario di OC3M e MedOC3, è calibrato anche per le acque di Caso 2. L'algoritmo SAM_LT, in particolare, produce stime più basse degli altri e generalmente più vicine alle misure *in situ*, soprattutto per le acque più torbide. Tuttavia l'algoritmo è scarsamente sensibile a concentrazioni di clorofilla *a* medio – basse, infatti è localmente calibrato per acque di Caso 2 del mar Ligure – Tirreno. Per tale ragione sono stati recentemente effettuati ulteriori studi tesi a migliorare le prestazioni dell'algoritmo in acque di Caso 1, particolarmente per quanto riguarda la stima della concentrazione di clorofilla *a*. Una sintesi di tali studi, che sono ancora in corso, è riportata in Massi et al., (2011).

Confronto tra dati *in situ* e telerilevati relativi alle campagne MELBA e Milonga

Riportiamo qui *scatter plot* tra dati di clorofilla in situ ottenuti per spettrofotometro e dati ottenuti dai quattro algoritmi tramite riflettanze satellitari. I risultati osservabili negli *scatter plot* (Figura 5 a – d) sono solo parzialmente in accordo con quelli ottenuti in precedenza. I due algoritmi classici sovrastimano in maniera notevole la concentrazione di clorofilla *a*. Questo problema è ridotto dall'OC5, e del tutto eliminato dal SAM_LT, che però mostra la consueta scarsa sensibilità a basse concentrazioni di clorofilla *a*. Tali diversi risultati possono in parte essere attribuiti al diverso sistema di misura delle concentrazioni *in situ* (spettrofotometro invece di HPLC). Un'altra parte delle differenze riscontrate può essere attribuita alle diverse caratteristiche ottiche delle acque indagate rispetto a quelle delle campagne MOMAR, legate verosimilmente alle relative differenze stagionali.

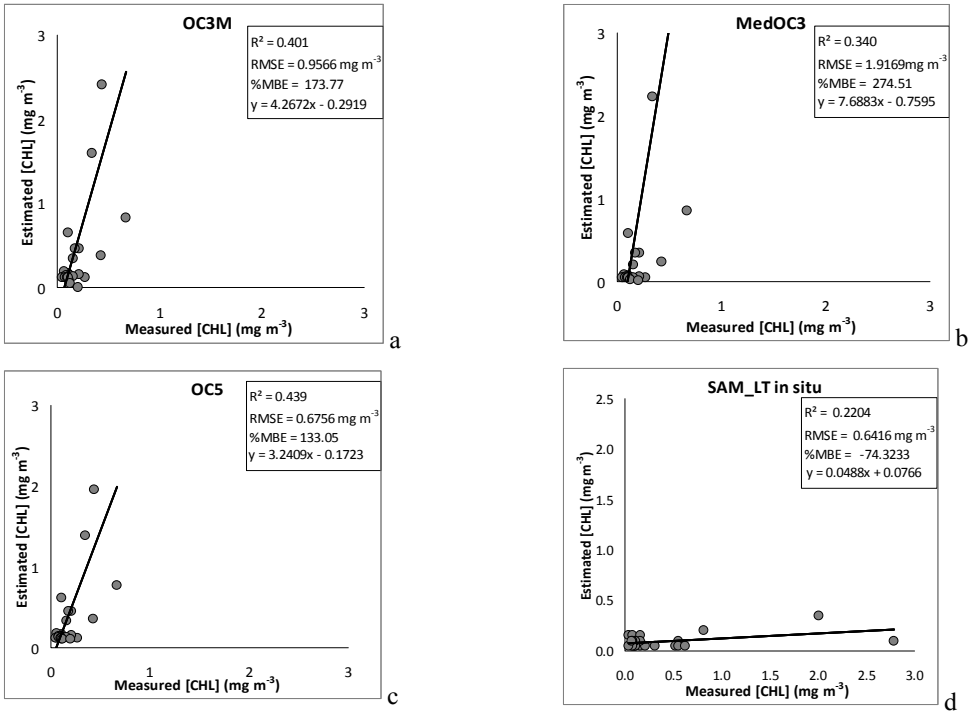


Figura 5 a-d. Scatter plot – confronto di dati di clorofilla a ottenuti tramite HPLC con valori di clorofilla a ottenuti da dati satellitari MODIS tramite 4 algoritmi (OC3M, MedOC3, OC5, SAM_LT).

Conclusioni

I risultati confermano che gli algoritmi standard OC3M e MedOC3, calibrati su dati di acque oceaniche con basse concentrazioni di clorofilla, non danno buone stime di clorofilla nell'area di studio presa in considerazione: ciò è vero soprattutto per le acque costiere e nei periodi primaverili e invernali (Lapucci et al., in stampa). Gli algoritmi OC5 e SAM_LT mostrano performance migliori rispetto ai primi due, e sono perciò buoni candidati per essere utilizzati a fianco del monitoraggio puntuale. L'algoritmo OC5, costruito sia per acque di Caso 1 che per acque di Caso 2, potrebbe essere reso ancora più adatto all'area del Mediterraneo, in quanto mostra buoni risultati nonostante che la *look up table* su cui si basa comprenda solo pochi dati del Mar Meditarreneo (Gohin, 2011). L'algoritmo SAM_LT, calibrato per acque costiere, dovrebbe pure essere reso più sensibile alle basse concentrazioni dei costituenti ottici. Le considerazioni sopra esposte indicano comunque che entrambi gli algoritmi OC5 e SAM_LT potrebbero essere resi più appropriati nell'area di studio MOMAR, in modo da per poter produrre stime accurate di clorofilla *a*.

Ringraziamenti

Si ringraziano l'ARPAT e l'Istituto Tecnico Statale Alfredo Cappellini di Livorno.

Bibliografia

Gohin F., DruonJ. N., Lampert L. (2002), "A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters", *Int. J. Remote Sensing* 23, 8, 1639 – 166.

Gohin F. (2011), "Annual cycles of chlorophyll-a, non-algal suspended particulate matter, and turbidity observed from space and in-situ in coastal waters", *Ocean Sci.* 7, 705-732, doi:10.5194/os-7-705-2011.

Lapucci C., Ampolo Rella M. , Brandini C., Ganzin N., Gozzini B., Maselli F., Massi L. , Nuccio C., Ortolani A., Trees C. (2012), "Evaluation of empirical and semi-analytical chlorophyll algorithms in the Ligurian and North Tyrrhenian seas", *Journal of Applied Remote Sensing*, *in press*.

Maselli F., Massi L., Pieri M., Santini C (2009) , "Spectral angle minimization for the retrieval of optically active seawater constituents from MODIS data", *Photogramm. Eng. Rem. S.* 75 (5): 595-605 .

O'Reilly J. E. , and 24 Coauthors (2000),"SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses, Part 3", *NASA Tech. Memo. 2000-206892, Vol. 11*, S.B. Hooker and E.R. Firestone, Eds., NASA Goddard Space Flight Center, 49 pp .

Santoleri R. , Volpe G. , Marullo S. , Buongiorno Nardelli B. (2008), "Open waters optical remote sensing of the Mediterranean Seas", *Remote sensing of the European Seas*, 103-116, Springer Netherlands.

SILVA SILA NET: un SIT per la valorizzazione del paesaggio Silano (Calabria, Italia)

S. Larosa (*), D. Uzunov (***), A. Mazzei (*), P. Brandmayr (*), G. Roma (**), F. Papparella(**), C. Gangale (*)

(*) Università della Calabria, Dipartimento di Ecologia
(**) Università della Calabria, Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti
(***) Chlora sas, chlora@chlora.org, autore di corrispondenza

Riassunto

Il progetto SILVA SILA NET si colloca nel filone delle proposte volte a valorizzare l'identità di luoghi e del patrimonio pubblico, attraverso l'utilizzo di modelli innovativi di gestione e di fruizione dell'informazione. In quest'ottica ciò che è prioritario è svolgere un'analisi preliminare volta ad individuare elementi di pregio da assumere come fondamentali nella caratterizzazione paesaggistica dei luoghi. Tutto ciò al fine di promuovere e valorizzare ricchezze e risorse paesaggistiche presenti nel territorio silano e, in particolare, nelle aree cosiddette marginali nelle quali tali risorse possono rappresentare occasione di sviluppo sostenibile.

La sperimentazione proposta, considera il territorio del Parco Nazionale della Sila come un caso pilota e prevede la suddivisione dello studio in fasi essenziali, relative rispettivamente all'approfondimento conoscitivo, alla descrizione e alla valutazione dei dati del sistema storico-ambientale, insediativo, funzionale e relazionale di questo territorio.

La messa a punto di matrici, costituite da una serie di elementi descrittivi del paesaggio, è capace poi, di restituirne le specificità naturalistico-ambientali e storico-archeologiche dei luoghi, e rappresentare, similmente, la base documentale di progetti e iniziative per lo sviluppo sostenibile. Punto centrale in un tale approccio è non solo l'analisi dei dati territoriali, ma lo sviluppo di modelli di sintesi caratterizzanti i luoghi nella loro complessità potenziando le capacità comunicativi da una parte e individuando i punti di forza nella progettazione della fruizione sostenibile dall'altra. Il sistema sarà progettato in modo da poter gestire dati di diversa tipologia - ambientali, naturalistici e storico-culturale. Il Sistema Informativo Geografico (G.I.S.) è una delle tecniche per l'interpretazione di sistemi territoriali interagenti basata su dati ambientali qualitativi e quantitativi con grandi capacità di analisi spaziale delle proprietà strutturali del paesaggio in funzione di diversi gradienti naturali ed antropici. Il GIS non è solo uno strumento illustrativo della situazione reale, ma è anche in grado di fornire la descrizione grafica ed elaborare i dati statici e dinamici relativi alle diverse componenti ambientali sia di situazioni reali che simulate, permettendo l'analisi di scenari alternativi e in questo modo supportare il processo decisionale per il governo del territorio.

Abstract

The project SILVA SILA NET stands in the mainstream of proposals aimed at enhance the identity of places and its heritage, through the use of innovative approaches to the management and use of information. With this in mind what is a priority is to carry out a preliminary analysis to identify valuable elements to be taken as fundamental in its landscape of places. All this in order to promote and enhance wealth and scenic resources in the area of the Sila National Park and, in particular, in the so-called marginal areas in which these resources can represent opportunity for sustainable development.

The metodology proposal considers the territory of the Sila National Park as a pilot case study and

provides a breakdown of the essential steps in, respectively, for the deepening of knowledge, description and evaluation of system data and historical environment, settlement, and functional relations with this area.
The development of matrices, consisting of a set of descriptions of the landscape, is able then to give back the specific natural-environmental, historical and cultural sites, and represent, similarly, the evidence base of projects and development initiatives sustainable. Central point in such an approach is not only the analysis of spatial data, but the development of synthesis models characterizing the places in their complexity by enhancing communication on the one hand and identifying the strengths in the design of sustainable use other . The system will be designed to handle different types of data - environmental, natural and cultural history. The Geographic Information System (GIS) is one of the techniques for the interpretation of territorial systems interact based on environmental data quality and quantity with a great capacity for spatial analysis of the structural properties of the landscape according to various natural and anthropogenic gradients. The GIS is not only a tool illustrating the real situation, but it is also able to provide graphic descriptions and process the static and dynamic data for the various environmental components of both real and simulated situations, allowing the analysis of alternative scenarios and thus supporting the decision-making process for the government of the territory.

Introduzione
Il paesaggio funzionale con i suoi elementi caratterizzanti interpreta l'interconnessione fra l'attività umana e il sistema ambientale a una scala più ampia considerando le componenti naturali e le risorse ambientali, i fattori culturali e storici e i trend di sviluppo socio-economico che hanno guidato nel tempo la trasformazione territoriale. Una corretta lettura delle caratteristiche del paesaggio è determinante per l'individuazione degli elementi di pregio e la valorizzazione delle risorse che, in particolare nelle aree cosiddette marginali, possono rappresentare occasione di sviluppo sostenibile. Da qui l'esigenza di definire percorsi volti ad esaltare la presenza nella trama del paesaggio degli elementi del patrimonio naturale e culturale da includere nelle strategie di *governance* territoriale a breve e lungo periodo. Per interpretare l'eterogeneità e la diversità dei sistemi territoriali si sono diffusi due approcci che permettono la costruzione del modello informativo territoriale in due modi diversi. Il primo considera l'organizzazione delle componenti ambientali in modo gerarchico e subordinato, composti da insiemi di sistemi stratificati aperti, di diversi livelli, nei quali ad ogni livello superiore corrispondono un numero limitato di proprietà emergenti. L'ambiente in questo modo è visto come un sistema funzionale a diversi livelli di integrazione ed è interpretato attraverso un numero limitato di variabili, con le quali si esprimono le relazioni che consentono la costruzione di un modello informativo in grado di rappresentare e simulare il funzionamento dei sistemi a diverse scale. L'altro approccio interpretativo studia la complessità ambientale attraverso metodi statistici confrontando dati di diversa natura e dettaglio cercando le relazioni semplici e multiple tra i singoli elementi e in questo modo individua ambiti territoriali con caratteristiche simili.
Il presente studio attraverso l'applicazione di entrambi gli approcci, sia nella fase analitica che di sintesi, cerca di valorizzare l'identità di luoghi e del patrimonio pubblico attraverso una più moderna gestione e fruizione dell'informazione. Essendo una categoria ambientale di grandi dimensioni con ricadute nel processo di pianificazione e gestione territoriale, il paesaggio dovrebbe essere interpretato e definito per prima a larga scala sintetizzando le principali caratteristiche fisiche, biotiche e antropiche del territorio sulla base di un sistema integrato delle conoscenze e su analisi approfondite e sintesi esaustive ed efficaci, legate ad una integrazione dei due modelli. L'analisi, in questo modo, necessita di contributi interdisciplinari da diverse competenze specialistiche con l'obiettivo di normalizzare e ottimizzare gli apporti informativi nella definizione del modello logico dei dati. Lo studio considera il territorio della Sila come un caso pilota e prevede la suddivisione della ricerca in fasi essenziali, relative rispettivamente all'approfondimento conoscitivo, alla descrizione e alla valutazione dei dati del sistema storico-ambientale, insediativo,

funzionale e relazionale di questo territorio in funzione della scala alla quale si manifestano i principali fenomeni del paesaggio.

Materiale e metodi

Per l'individuazione dei tematismi si è fatto riferimento ai portali cartografici nazionali, regionali e provinciali (utilizzando i diversi servizi offerti dal Geoportale Nazionale – WMS, WFS, WCS) e sono state utilizzati altre tematismi che riguardano la reazione del biota ai principali fattori ambientali da una parte e all'influenza antropica dall'altra. La definizione delle principali tipologie e unità del paesaggio è stata elaborata su una base cartografica 1:100 000 con l'uso delle informazioni litologiche, geomorfologiche e i dati vegetazionali e bioclimatici che esprimono al meglio le caratteristiche fisionomiche del territorio. Le specie vegetali e le fitocenosi sono eccellenti indicatori in quanto la composizione e la struttura della vegetazione è la risultanza del complesso di fattori ambientali e dei loro gradienti. Per la spazializzazione degli indicatori vegetazionali è stata elaborata una mappa della vegetazione partendo dal CORINE Land Cover a IV livello, definendo attraverso la fotointerpretazione (facendo uso di fornitori di ortofoto come Google e Bing) e sopralluoghi mirati le tipologie forestali a V livello. La mappa della vegetazione attuale è stata analizzata e riclassificata per la definizione del grado di naturalità/artificialità (Rossi et al., 2000) sulla base del quale è stato possibile stabilire il grado di antropizzazione, nonché il tipo di utilizzo attuale del territorio. La mappa della vegetazione attuale, interpolando le unità di bassa naturalità, è stata riclassificata in modo da ottenere una mappa della vegetazione "potenziale attuale". La mappa della vegetazione potenziale è stata correlata al gradiente altitudinale, usando un DTM a 20 m, per individuare le classi altitudinali in relazione con le principali discontinuità vegetazionale. In questo modo sono state definite le fasce della vegetazione con il corrispettivo *range* altitudinale e bioclimatico (Rivas-Martinez et al., 1999). Il bioclima, infatti, rappresenta una sintesi della risposta da parte del biota ai principali fattori climatici che, combinati alla geomorfologia, definiscono le principali tipologie ambientali. I cambiamenti nella struttura e nella composizione della copertura vegetazionale non correlabili a fattori altitudinali ed climatici sono stati correlati alle principali tipologie litologiche. Per tale analisi è stata utilizzata la mappa geologica 1:25.000 (Carta Geologica Ufficiale della Calabria - EX *CASMEZ*) individuando a valle i litotipi che hanno maggiore influenza sulla fisiologia delle specie vegetali e condizionano la composizione delle fitocenosi. La mappa litologica usata per l'analisi comprende 16 unità litologiche estrapolate dalla Carta Geologica sopra menzionata. Molte unità di partenza sono state accorpate in un unico macrogruppo per dare loro un significato utile al fine di eseguire le successive analisi spaziali. Tale scelta è dovuta per il fatto che molte unità litologiche sono rappresentate da aree piccole quindi non significativi rispetto alla scala di analisi (100.000).

Nella tabella 1 vengono riportate le unità litologiche utilizzate nell'analisi spaziale. A tali dati si aggiunge la componente faunistica per poter interpretare gli aspetti funzionali e i processi ecologici che caratterizzano il paesaggio.

Infine, nel sistema, per poter analizzare le relazioni tra diversi gradienti naturali, antropici e paleo-antropici nel ottica delle proprietà strutturali del paesaggio sono stati inseriti i dati relativi al patrimonio storico-archeologico L'altopiano della Sila, infatti, presenta numerose evidenze monumentali ascrivibili a differenti epoche, che attestano una presenza antropica sin dalla Preistoria.

1	Granito e granito a grana fina
2	Rocce intrusive acide eluviali e colluviali
3	Granito fogliettato
4	Gneiss, gneiss leucocratie, gneiss basici, scisti biotitici e granatiferi
5	Scisti filladici
6	Calcari
7	Calcari cristallini marmorei
8	Conglomerato
9	Arenarie
10	Argilla
11	Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente
12	Alluvioni mobili ciottolose e sabbiose di letti fluviali
13	Prodotti di soliflussione, misti a materale alluvionale, sabbie e conglomerati
14	Rocce ultrabasiche e vulcaniche, serpentiniti
15	Gessi
16	Felsite, Filoni, Pegmatiti, Porfidi e Sienite

Tabella 1. Unità Litologiche estrapolate dalla Carta Geologica della Calabria (EX-CASMEX).

Il territorio Silano

- caratteristiche naturalistiche ed ambientali

Il massiccio montuoso della Sila è formato essenzialmente da due gruppi di litologie: rocce magmatiche e rocce metamorfiche, che occupano l'area centrale costituita essenzialmente da rocce granitiche, attorno alla quale si estendono margini collinari calcarei formati da rocce sedimentarie terziarie e quaternarie.

La Sila, fa parte geologicamente del massiccio granitico-cristallino che costituisce l'arco calabro-peloritano cioè di queste più antiche entità paleozoiche attualmente disseminate nell'area del Tirreno ed in cui sono annoverate anche la Corsica e la Sardegna, che si sono formate a partire da circa 300 milioni di anni fa, in un'area del Mediterraneo dove si accumulavano enormi spessori di sedimenti.

La natura petrografica dei graniti è piuttosto variabile, di rado si tratta di veri e propri graniti s.s., si dovrebbe parlare in realtà di rocce di tipo granitico, ossia di granodioriti, monzoniti, tonanti, apliti, dioriti quarzifere con filoni di pegmatiti, di età tardo paleozoica.

Le rocce metamorfiche come il nome suggerisce (letteralmente cambio di forma) derivano dalla trasformazione (metamorfismo) di altre rocce preesistenti dovuta principalmente a due fattori che possono agire contemporaneamente o singolarmente: aumento di temperatura e/o aumento di pressione dovuta al seppellimento e alle spinte di natura orogenetica che la roccia di partenza subisce. Le rocce metamorfiche presenti in Sila sono gli gneiss, le granuliti, le migmatiti, i marmi, le filladi, gli scisti, le metabasiti e le oficalci.

Le rocce sedimentarie affiorano nell'area di Longobucco-Caloveto e sono costituite da una successione di età compresa tra il Giurassico e l'Eocene. I litotipi più importanti affioranti in questa zona sono: conglomerati e arenarie, calcari grigi e calcari marnosi rossi ammonitici.

In Sila al clima tipicamente mediterraneo delle aree più basse, segue un clima temperato umido che caratterizza i territori a partire dai 1100 m di quota. Nelle aree montane, le piogge sono piuttosto abbondanti (Camigliatello Silano 1636 mm/anno) e gli inverni risultano particolarmente rigidi, con le temperature medie minime mensili che, scendendo al di sotto dello zero, danno origine a precipitazioni nevose abbondanti e persistenti.

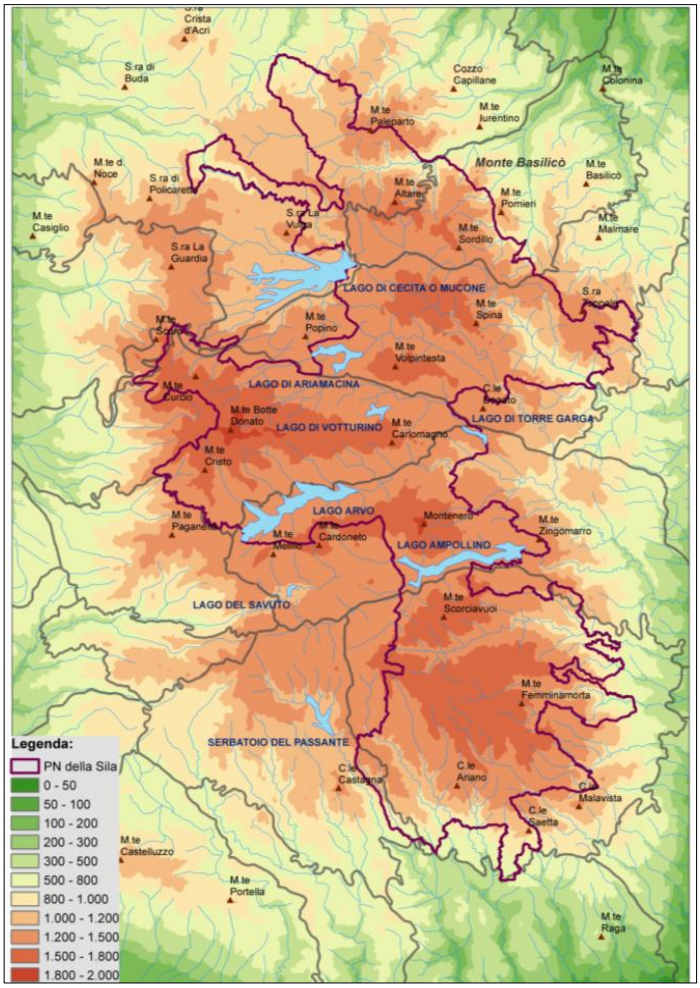


Figura 1. Mappa delle fasce altitudinali.

La flora silana comprende ca. 1000 specie con un ricco e peculiare contingente endemico (Brullo *et al*., 2007). In Sila i boschi decidui occupano gran parte del territorio e costituiscono l'elemento che maggiormente caratterizza fisionomicamente il piano montano e submontano, rappresentando la vegetazione potenziale. Le faggete rappresentano gli aspetti più mesofili e occupano la fascia altitudinale più alta a partire dai 1100-1200 m. Le faggete, al loro limite inferiore, si alternano ad aspetti forestali dominati da *Pinus nigra* ssp. *calabrica*. Il pino calabro è l'elemento vegetale che più di ogni altro caratterizza il paesaggio silano, sia per l'estensione delle formazioni che per il suo significato fitogeografico. A quote inferiori, in una fascia compresa tra i 600 e i 1000 (1200) m di quota, la vegetazione forestale è costituita prevalentemente da querceti decidui mesofili. In questa fascia, inoltre, abbondano boschi cedui monofitici a *Castanea sativa*, la cui espansione è stata favorita dall'uomo. Gli ambienti aperti, favoriti dalla persistenza del pascolo, sono caratterizzati nella fascia montana, da praterie aride e vegetazione orofila ad arbusti nani (Brullo et al. 2004) e da un complesso mosaico di praterie e pascoli meso-igrofili. A quote superiori ai 1500 m sono presenti depressioni umide le cui caratteristiche ecologiche favoriscono la formazione di prati torbosi e sfagnete che rappresentano stazioni di rifugio per molte specie a distribuzione settentrionale. La

grande abbondanza di corsi d'acqua determina una notevole ricchezza di fitocenosi riparie sia forestali che erbacee (Gangale, 2000).
Al fine di evidenziare l'importanza conservazionistica delle singole aree del Parco, attraverso valutazioni oggettive, basate su dati faunistici, è stato elaborato un data base (dati rilevati da: Database CKMap_2005, Brandmayr et al. 2005, Mazzeia et al., 2011A, Mazzei et al., 2011B, Collezione Brandmayr Università della Calabria) contenente i dati distributivi degli Invertebrati presenti nell'area di Studio.
Il database elaborato di 4555 record, raggruppa l'elenco di 1513 specie (1 Mollusca; 7 Annelida; 1448 Arthropoda; 57 Vertebrata) distribuite in 183 località (quadranti chilometrici della griglia UTM di riferimento), nell'area del Parco.
Il database è corredato da una Tabella Specie (revisione della Checklist del gruppo di competenza, Minelli et al., 1993-95), comprendente codice, nome scientifico, autore, note. In cui i dati della check-list sono completati con dati corologici ed autoecologici per le singole specie, quali corotipo (secondo la classifiazione di Vigna Taglianti et al., 1995, 1999), habitat, regime alimentare, stato di conservazione secondo categorie IUCN semplificate, valore come bioindicatore.

- caratteristiche culturali e storico-archeologico
La Sila, *Silva Sila,* è nota già in diverse fonti antiche, come Cicerone, Strabone, Cassiodoro, Gregorio Magno, solo per citare qualche esempio. Tali fonti ci informano sul tipo di sfruttamento del territorio in età antica. Difatti, si apprende che la Sila era ricca di pece (*pix bruttia*), di legname, di vene aurifere, nonché di pascoli, come testimonia un noto passo di Cassiodoro quando narra dell'ottimo formaggio silano che arriva sulla tavola del re Teodorico.
L'analisi dei dati a disposizione ha evidenziato una gran quantità di evidenze monumentali ascrivibili a diverse epoche e testimoniano una presenza antropica sin dall'età preistorica come documentato nel sito di Forge di Cecita, oggetto di indagine archeologica. Ad età protostorica è ascrivibile il sito di Cerasello di Caloveto, dove ricognizioni di superficie hanno portato all'individuazione di materiale ascrivibile all'età del Ferro o il sito di Brogliaturo nel comune di Pietrapaola, caratterizzato dal recupero di materiali, quali un'urna biconica d'impasto, un rocchetto in ceramica, anelli e fermatrecce in bronzo, vaghi in ambra. Ma tra i più importanti e suggestivi insediamenti antichi risalta il sito di Castiglione di Paludi, in cui è attestata una lunga frequentazione, dall'età del Ferro con la presenza di una necropoli che ha restituito numerosi corredi funerari, all'età brettia, testimoniata dall'insediamento fortificato costituito da torri, cinta muraria con diversi edifici dall'impianto rettangolare, all'Altomedioevo con il recupero di monete.
Nell'ambito del VI-VII secolo d.C., tuttavia, poche sono le tracce materiali che attestano la presenza antropica sul territorio, quasi un paradosso rispetto alle numerose fonti scritte citate. Infine, nel vasto panorama del patrimonio culturale silano non si possono non segnalare monumenti come alcuni importanti edifici di culto, quali il Patirion di Rossano e S. Adriano a San Demetrio Corone, nonché i suggestivi palazzi nobiliari dislocati in diverse aree dell'Altopiano.

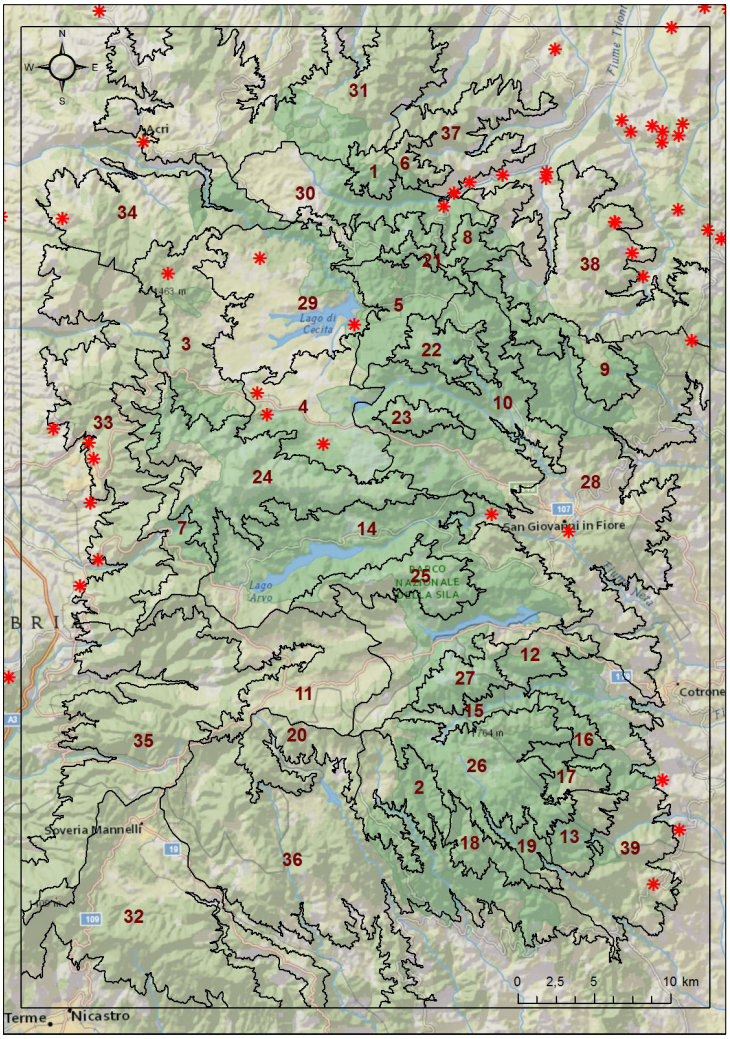
Modello logico dei dati ed analisi spaziali
La struttura logica e fisica su cui si basano i Sistemi Informativi Geografici (G.I.S.) è costituita da un sistema per la gestione dei dati, il database. L'elemento caratterizzante il *database* è il modello dei dati ovvero una rappresentazione semplificata di una realtà, di un evento, di un luogo (Boffi M., 2004). I software utilizzati per gestire i dati, sia spaziali sia non, si basano per lo più su un modello per la gestione dei dati noto come modello concettuale.
Per il presente lavoro i dati sono stati organizzati in un *database* relazionale PostgreSQL, la cui struttura è stata progettata per garantire la congruenza e la qualità dei dati inseriti e, allo stesso tempo, la facilità di aggiornamento e la possibilità di inserire in futuro nuove aree e dati relativi a nuove tematiche. Il *database* è strutturato in tabelle dove ad ogni record viene attribuito un codice univoco "*gid*" incrementale, il quale è usato come riferimento delle tabelle stesse. In questo modo è possibile aggiungere nuovi elementi senza modificare l'organizzazione del *database*.

Uno degli aspetti più vantaggiosi nell'utilizzare un database relazionale è quello relativo alla possibilità di effettuare delle *query* sui dati, sia spaziali che semantici, attraverso l'utilizzo del linguaggio standard SQL, permettendo facilmente di mettere in relazioni informazioni di origine diversa. PostgreSQL è un DBMS relazionale ad oggetti *open source* che di per sé non implementa funzionalità spaziali , ma quest'ultime sono gestite da PostGIS. PostGIS è l'estensione spaziale di PostgreSQL per le analisi spaziali su dati vettoriali e *raster*. Entrambi appartengono alla categoria di Free Open Source Software (FOSS).
La maggior parte dei dati cartografici di partenza erano in formato SHP i quali sono state opportunamente elaborati (con processi di normalizzazione) e resi omogenei nel sistema di proiezione. Dopo esser stati validati (geometricamente e semanticamente) sono trasferiti all'interno del *database* PostgreSQL/PostGIS. Ad ogni *layer* vettoriale è associata la tabella contenente gli attributi archiviati sul server in formato *geodatabase*, ossia con la parte grafica ed alfanumerica entrambe archiviate in tabelle nel db.
Tutte le elaborazioni sui dati spaziali sono state eseguite attraverso l'uso di QuantumGIS, anch'esso *open source*, e ArcGIS. L'utilizzo delle molteplici funzionalità messe a disposizione da questi software ha portato alla creazione della carta delle unità di paesaggio, target del presente lavoro.
Un aspetto chiave sull'analisi dei dati spaziali è l'autocorrelazione delle osservazioni nello spazio del loro dominio: "Osservazioni che sono vicine spazialmente tendono ad essere più simili di quelle che sono maggiormente lontane tra di loro" (Legge della geografia di Tobler). È questa la chiave di analisi su cui è basato il presente lavoro. Questo tipo di analisi viene facilmente eseguita utilizzando i GIS. Il sistema così creato ha portato ad una metodologia tale da poter gestire dati di diversa tipologia - ambientali, naturalistici e storico-culturale. L'utilizzo dei G.I.S. è una delle tecniche per l'interpretazione di sistemi interagenti territoriali basata su dati ambientali qualitativi e quantitativi con grandi capacità di analisi spaziale delle proprietà strutturali del paesaggio in funzione di diversi gradienti naturali ed antropici. Una base cartografica aggiornata in scala adeguata alle esigenze di un G.I.S. specializzato, ma nello stesso tempo generalista, come quello riguardante le interpretazioni del paesaggio, costituisce senza dubbio la base del sistema. La scelta della base cartografica adottata ha tenuto conto della disponibilità di dati a diverse scale di riferimento per l'interpretazione territorial. Inoltre, nella gestione dei tematismi da inserire nel G.I.S., a volte ci si trova di fronte a dati (per es. carte elaborate sulla base di interpolazione di pochi dati) per cui non si dispone di informazioni topografiche esatte, fondamentali per una corretta conversione geografica. Ne consegue che la scelta di una base cartografica di larga diffusione garantisce la massima probabilità di compatibilità con i dati.
Per completare l'analisi territoriale si propone una zonizzazione del territorio in diverse unità ambientali paesaggistiche omogenee. Questa fase della metodologia è finalizzata all'elaborazione della base per un modello che recepisca lo stato attuale delle scelte gestionali, ottimizzi l'uso delle risorse territoriali a varie scale e interpreti in questo modo i luoghi come risultato di coesistenza storica delle popolazioni locali con il territorio.

Discussione e conclusione

Il presente lavoro parte da una segmentazione territoriale utilizzando i dati litogici e geomorfologici da una parte ed interpretando le discontinuità della vegetazione, ha permesso di individuare le principali unità paesaggistiche nel territorio della Sila (fig. 2). Tali unità risultano omogenee alla scala dell'analisi (1:100.000) e come criterio per la definizione dei perimetri sono stati usati i principali elementi fisiografici. Per una più agevole lettura della mappa alle unità sono stati attribuiti nomi derivanti dalla toponomastica dando priorità ai toponimi di più ampio uso attuale.
Il SIT ospita una nutrita serie di dati sia di carattere naturalistico che storico e archeologico, ed è progettato come sistema aperto in fase di ottimizzazione per la pubblicazione e l'utilizzo attraverso metodologie di WebMapping e interrogazione attraverso protocolli OGC e consultazione sulla base di standard WMS.
Come fase successiva del progetto è prevista l'integrazione dei dati di maggiore dettaglio (scala

1:25.000 fino a 1:5.000) in modo da permettere l'analisi ad una scala di progettazione esecutiva. Riconoscendo il ruolo, sempre maggiore dei nuovi approcci di comunicazione e condivisione dell'informazione, si stanno progettando applicativi per dispositivi mobili (tablet e smartphone) sia per supportare dal punto di vista informativo la fruizione del territorio, che per apportare aggiornamenti dei dati in tempo reale valutando l'opportunità/necessità di sviluppo di un'applicazione di tipo Web 2.0. L'utilizzo della tecnologia GIS cosiddetta 2.0 per gli aspetti di integrazione nelle piattaforme Web 2.0 relative all'interscambio e interoperabilità dei dati e delle applicazioni, fornirà un notevole valore aggiunto all'usabilità del sistema, favorendo le politiche di diffusione della conoscenza a livello scientifico e del pubblico, contribuendo a diffondere la coscienza ambientale oltre che geografica.
Già all'inizio del XX secolo, Paul Vidal de La Blache, considerato uno dei fondatori della moderna geografia, definisce che "… il carattere particolare di un paese si esprime attraverso la totalità della sua fisionomia, attraverso le diversità sociali associate alle diversità dei luoghi". In tal senso l'individuazione e la caratterizzazione dei luoghi riveste notevole importanza per la definizione dell'identità culturale e sociale di un territorio.



N°	Altitudine (m s.l.m)	Unità di Paesaggio			
1	1200_1500	Versante occidentale di M. Paleparto	21	1500_2000	M. Altare e M. Sordillo
2	1200_1500	Alta valle del Fiume Simeri	22	1500_2000	M. Pettinascura
3	1200_1500	Serra La Guardia	23	1500_2000	M. Volpintesta
4	1200_1500	Pianori di Silvana Mansio	24	1500_2000	M. Botte Donato e M. Carlomagno
5	1200_1500	Valle del Cecita	25	1500_2000	M. Nero e Colli Perilli
6	1200_1500	Versante orientale di M. Paleparto	26	1500_2000	M. Gariglione e M. Femminamorta
7	1200_1500	Pendici di M. Botte Donato	27	1500_2000	M. Scorciavuoi
8	1200_1500	Pendici di M. Altare e M. Sordillo	28	700_1200	Valle del Fiume Neto
9	1200_1500	Serra Toppale	29	700_1200	Piana del Lago Cecita
10	1200_1500	Alta valle del Fiume Neto	30	700_1200	Valle del Fiume Trionto
11	1200_1500	Pianori di Ciricilla	31	700_1200	Serra Crista d'Acri e Serra Castagna
12	1200_1500	Timpone Zacarogno	32	700_1200	M. Contrò e M. Mancuso
13	1200_1500	Pendici di M. Femminamorta	33	700_1200	Basse pendici di M. Botte Donato
14	1200_1500	Alte valli dell'Arvo e Ampollino	34	700_1200	Valle del Fiume Mucone
15	1200_1500	Alta valle del Fiume Tacina	35	700_1200	Valle del Fiume Savuto
16	1200_1500	Pendici di M. Gariglione	36	700_1200	Valle del Fiume Alli
17	1200_1500	Alta valle del Fiume Soleo	37	700_1200	Pendici di M. Paleparto
18	1200_1500	Colle Ariano	38	700_1200	Serre di Bocchigliero
19	1200_1500	Alta valle del Fiume Crocchio	39	700_1200	Basse pendici di M. Gariglione e M. Femminamorta
20	1200_1500	Alta valle del Fiume Alli			

Figura 2. Mappa delle unità del paesaggio (stralcio) con le evidenze storico – archeologiche (asterischi rossi) – Tabella associata alle unità di paesaggio.

Le evidenze archeologiche contestualizzate attraverso il sistema di lettura degli elementi funzionali del paesaggio permettono di svelare l'inserimento delle comunità umane del passato nel territorio. La conoscenza dei modelli di organizzazione economica del passato (lontano e prossimo) dà un notevole contributo per la definizione dell'identità dei luoghi e può suggerire ancora oggi modelli di sviluppo vincenti. Le decisioni operate a scala di paesaggio influenzano la qualità della vita di tante persone avendo ricadute sostanziali sull'utilizzo razionale delle risorse naturali e sulla qualità dei servizi ecosistemici.

Oggi, circa un secolo dopo de La Blache, l'ecologia del paesaggio, potenziata dall'applicazione di moderni sistemi di raccolta, archiviazione e analisi dei dati spazializzati, può dare il suo contributo nella formalizzazione del concetto del "luogo" trasformandolo in un potente strumento di programmazione e pianificazione territoriale.

Bibliografia

Brullo S., Gangale C. & D. Uzunov, (2007) - Taxonomic remarks on the endemic flora of Sila Massif (S Italy). Bocconea 21 p. 5-14.

Brullo S., Gangale C., Uzunov D., (2004). The orophilous cushion-like vegetation of the Sila Massif (S Italy). Bot. Jahrb. Syst. 125(4):453-488.

Gangale C., (2000). La vegetazione della Sila (Calabria). Tesi di dottorato, triennio 1996−1999. Università degli Studi di Catania (ined.).

Rivas-Martinez S., Sanchez-Mata., Costa M., (1999): North American Boreal And Western Temperature Forest Vegetation. Itinera Geobot. 12: 5 – 316.

Rossi G., Tomaselli M. e Gualmini M., (2000). Messa a punto metodologica sul problema dell'indicizzazione del valore naturalistico delle comunità vegetali. Arch. Geobot. 5 (1-2): 129-134.

Mazzei A, Bonacci T., Contarini T., Zetto T., Brandmayr P., 2011A - Rediscovering the "umbrella species" candidate Cucujus cinnaberinus (Scopoli, 1763) in Southern Italy (Coleoptera Cucujidae), and notes on bionomy – Italian Journal of Zoology, June 2011; 78(2): 264–270

Mazzei A., Bonacci T., Contarini E. & Brandmayr P., 2011B - Coleotteri saproxilobionti del Parco Nazionale della Sila - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 32:81-93 (giugno 2011) ISSN 1123-6787. [online] URL: http://www.ssnr.it/index.html

Ruffo S., Stoch F. (eds.), 2005. Checklist e distribuzione della fauna italiana. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2.serie, Sezione Scienze della Vita 16.

Minelli A., Ruffo S., La Posta S., (eds.), 1993-95. Checklist delle specie della fauna italiana. Calderini, Bologna, fascicoli 1- 110.

Vigna Taglianti A., Audisio P.A., Belfiore C., Biondi M., Bologna M.A., Carpaneto G.M., De Biase A., De Felice S., Piatella E., Racheli T., Zapparoli M., & Zoia S., 1993 -Riflessioni di gruppo sui

corotipi fondamentali della fauna W-paleartica ed in particolare italiana. Biogeographia (n.s.) 16: 159-179.
Fiaccadori G. (1994), *Calabria tardoantica*, in S. Settis (ed.), *Storia della Calabria antica*. *Età italica e romana,* II, Gangemi Editore, Roma-Reggio C., pp. 707-762.
Givigliano G.P. (2004), *La Sila in età romana. Prime note*, in *Artissimum memoriae vinculum*, Scritti di geografia storica e di antichità in ricordo di Gioia Conta = Biblioteca di "Geographia antiqua", 2, Olschki Editore, Firenze, 2004, pp. 209-216.
Marino D., Taliano Grasso A. (2008), In Magna Sila. *Dai primi uomini al tardo impero nel cuore della Calabria*, in *Ricerche archeologiche e storiche in Calabria*. *Modelli e prospettive*. Atti del convegno di studi in onore di G. Azzimmaturo fondatore e presidente emerito dell'Istituto per gli Studi Storici di Cosenza (Cosenza, 24 marzo 2007), Progetto 2000, Cosenza, pp. 65-92.
Taliano Grasso A. (2000), *La Sila greca*, Edizioni Corab, Gioiosa Jonica.
Boffi M., (2004), *Scienza dell'Informazione Geografica,* Zanichelli

WebGIS per il censimento dei fabbisogni e dei consumi energetici degli edifici di proprietà della Pubblica Amministrazione Locale

Alberto La Manna (*), Alessandro Ferrara (*), Luca Alferi (*),
Gaetano Fasano (**), Paolo Morgante (**), Rosario Lanzafame (***)

(*) Mediterranea IGEA S.r.l., info@mediigea.com
(**) ENEA Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, gaetano.fasano@enea.it
(***) Università degli Studi di Catania, Facoltà di Ingegneria, Prof. Ordinario di Macchine e Sistemi per l'Energia, e l'Ambiente - Presidente APEA Catania, rlanzafa@diim.unict.it

Riassunto

La politica energetica a livello internazionale punta fortemente su iniziative sia di tipo normativo che operativo finalizzate al conseguimento della riqualificazione e della razionalizzazione della domanda energetica dell'utente finale. Alla Pubblica Amministrazione, in particolare, è richiesto di attuare il miglioramento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto del proprio patrimonio edilizio unito ad una maggiore accuratezza nella gestione e monitoraggio del rendimento degli impianti. L'obiettivo deve attuarsi anche attraverso la messa in campo di tecniche innovative di censimento e controllo dei fabbisogni energetici oltre che assumendo un comportamento realmente esemplare nei confronti dei cittadini che modifichi il loro stile di vita (Direttiva 2002/91/CE e successive).

La Mediterranea IGEA S.r.l., in collaborazione con ENEA e con l'Agenzia Provinciale per l'Energia e l'Ambiente (*APEA*) di Catania ha implementato una piattaforma *WebGIS* finalizzata a sostenere e sviluppare il processo di reperimento dati inerenti i consumi energetici degli edifici di proprietà della Pubblica Amministrazione Locale.

Lo scopo dell'azione proposta è dunque fornire un quadro generale delle attività necessarie da sviluppare al fine di dotare l'Ente Pubblico di una base dati informativa che fornisca supporto all'implementazione delle linee guida per lo studio e l'attuazione del Piano Energetico Provinciale.

Si è ritenuto opportuno predisporre una modalità di censimento "*on-line*" che sopperisca, laddove possibile, agli onerosi ed insostenibili costi dell'attività diretta su un territorio sovracomunale vasto e articolato, limitando l'azione dei tecnici di settore solo ad una modesta percentuale dei Comuni interessati.

Tramite l'autenticazione al *WebGIS*, i Responsabili degli uffici tecnici comunali hanno la possibilità di implementare il geodatabase selezionando direttamente in mappa l'edificio da censire e compilando la scheda relativa ai consumi energetici specifici. Inoltre agli operatori abilitati è data facoltà di integrare queste informazioni, allegando allegati tecnici utili alla migliore comprensione delle impronte energetiche dichiarate.

Il censimento è tutt'ora in corso e nelle fasi successive, saranno indagate le dinamiche dei consumi e delle prestazioni energetiche degli edifici attraverso cui potranno essere esitate le necessarie informazioni finalizzate a supportare le scelte gestionali che dovranno essere operate dalla classe dirigente sul tema energetico-ambientale.

Abstract

The International Energetic Policy points at enterprises to requalify and rationalize the energetic need of final customers. Particularly it asks Public Administration to improve the energetic efficiency of its own building property and a better care with the management and monitoring of the

efficiency of the plants. The goal must be implemented even through new technique for census and control of energy consumption behaving in the best way in front of its citizens (Directive 2002/91/EC and subsequent).
Mediterranea IGEA S.r.l., in cooperation with the Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (*ENEA*) and the Provincial Agency of Energy and Environment (*Apea*) of Catania has implemented a WebGIS to support and develop the process of finding data flow about energy consumption of buildings, owned by Local Public Administration.
The aim of our action is to show a general situation of what is necessary to do in order to give the Public Administration a database that could support the study and the realization of the Provincial Energetic Plan. It was considered appropriate to use the method of census "on-line" to reduce, where possible, the expensive and unsustainable costs of one census "on field" on a large scale and complex territory, limiting the action of the technical experts only at a small percentage of towns concerned.
Through authentication to the WebGIS, heads of technical departments have the option of implementing the geographic database by selecting the building to survey directly in the map and compiling the census form about energy consumption associated with it. In addition they have the possibility to complete this information with all those useful technical annexes to the understanding of these data.
The census is in progress and at later stage the dynamics of energy consumption and the energetic performance will be investigated taking the necessary information that can support the decision-making and managerial of administrators on environmental and energetic policy.

Introduzione
È ormai dimostrato che le strutture politiche a livello locale possono esercitare un ruolo fondamentale nella lotta al cambiamento climatico, in virtù delle competenze di governo del territorio e grazie al forte legame con tutti gli stakeholder della società civile (imprese industriali, aziende agricole, attività terziarie e del commercio, associazioni di categoria, consumatori, ambientalisti, comuni cittadini). È inoltre necessario considerare che una parte consistente delle emissioni di gas serra sono il risultato di attività condotte all'interno di settori che hanno origine proprio nell'ambito urbano e che sono spesso soggette a strumenti di governo messi in campo dalle Amministrazioni provinciali e comunali, dal settore civile al settore dei trasporti e fino al settore industriale.
Le Amministrazioni locali, in particolare i Comuni, rappresentano anche il livello amministrativo più vicino ai cittadini e, pertanto, possono orientare anche gli stili di vita dei singoli individui verso modelli di consumo più sostenibili. Appare opportuno citare a questo scopo il "Patto dei Sindaci", un'iniziativa sovranazionale sottoscritta dalle città europee che si impegnano a raggiungere - e possibilmente superare - gli obiettivi della politica energetica comunitaria in termini di riduzione delle emissioni di CO_2, attraverso una migliore efficienza energetica e una produzione e un utilizzo più sostenibili dell'energia.
Al fine di poter diffondere una maggiore consapevolezza energetica unita ad una più elevata sensibilità ambientale, la Provincia Regionale di Catania ha istituito l'Agenzia Provinciale per l'Energia e l'Ambiente (APEA) che, fra gli altri, ha il compito di guidare le strutture tecniche preposte nei 58 Comuni della provincia, al fine di avviare rapidamente, come primo passo irrinunciabile, il censimento dei loro edifici e il monitoraggio dei loro fabbisogni energetici. In seconda battuta, l'APEA sarà disponibile a sostenere, attraverso una specifica consulenza tecnico-scientifica, i Comuni nella preparazione dei loro Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES/SEAP).

Lo Studio
Finalità dello studio sono la creazione di un'unica base informativa georeferenziata, aggiornabile periodicamente, che possa essere utilizzata per individuare le dinamiche di consumo e riconoscere

gli edifici energivori più critici, in modo da programmare interventi puntuali e mettere in atto strategie di riduzione degli sprechi energetici. Ciò permetterà alle singole attuali Amministrazioni locali di munirsi di uno strumento semplice ed efficace per analizzare e monitorare i consumi energetici nel tempo, onde pervenire ad una più attenta programmazione energetica inerente anche vaste aree sovra comunali, con l'obiettivo di poter giungere, in breve tempo, a stilare le linee guida per lo studio e l'attuazione del Piano Energetico Provinciale.
La Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia cita *"il rendimento energetico degli edifici dovrebbe essere calcolato in base ad una metodologia, che può essere differenziata a livello regionale, che consideri, oltre alla coibentazione, una serie di altri fattori che svolgono un ruolo di crescente importanza, come il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di fonti di energia rinnovabili e le caratteristiche architettoniche dell'edificio"*.
L'allegato relativo alla Direttiva "Quadro generale per il calcolo del rendimento energetico degli edifici" esplicita i seguenti aspetti cui deve fare riferimento la metodologia di valutazione della prestazione energetica:

- Caratteristiche termiche dell'edificio;
- Impianto di riscaldamento e di produzione acqua calda;
- Sistema di condizionamento dell'aria;
- Ventilazione;
- Impianto di illuminazione;
- Posizione e orientamento degli edifici;
- Sistemi solari passivi e protezione solare;
- Ventilazione naturale;
- Qualità climatica interna;
- Impiego di sistemi solari attivi e altri impianti di generazione di calore ed elettricità a partire da fonti energetiche rinnovabili;
- Impiego di sistemi di cogenerazione;
- Impiego di sistemi di riscaldamento e condizionamento a distanza;
- Impiego di illuminazione naturale.

Si può quindi affermare che sono possibili, a livello di principio, almeno quattro diverse metodologie di approccio al problema della determinazione dei consumi energetici degli edifici : rigorosa, pragmatica, estimativa, storicista", e che in questo studio si è seguita la metodologia storicistica.
La classificazione di tutti gli elementi che compongono la scheda per il censimento segue la metodologia per l'inventario di base delle emissioni (IBE) inserita nei Piani di Azione per l'Energia Sostenibile, lanciati dal Patto dei Sindaci.
L'analisi condotta ha preso in considerazione gli edifici pubblici (adibiti ad uso scolastico e ad uffici comunali) di ciascuno dei 58 Comuni della Provincia di Catania.

Il WebGIS

Si è adottata un'interfaccia tipica dei siti web per ottimizzare l'efficienza d'uso, favorire l'accesso al massimo numero di utenti (anche non tecnici) nonché facilitare la comprensione, cioè la capacità di trovare rapidamente e facilmente le informazioni necessarie, nella navigazione dei dati territoriali.
Sono state tenute in considerazione le omologhe strutturazioni del Sistema Informativo Territoriale Provinciale, già implementato ed in uso presso il nodo *SITR* provinciale, nell'ottica di favorire un agevole aggiornamento e interscambio dati.
Il *WebGIS* dell'Agenzia Provinciale per l'Energia e l'Ambiente di Catania è raggiungibile direttamente all'URL http://www.apea.ct.it/webgis/ (Figura 1).

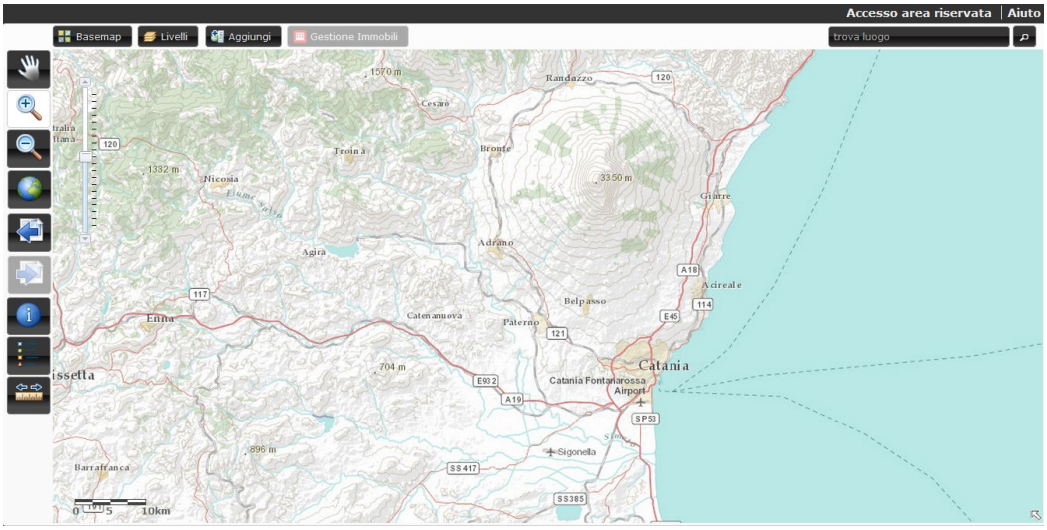


Figura 1. Interfaccia pubblica del WebGIS.

I servizi territoriali erogati e le funzionalità implementate sono accessibili agli utenti in base al profilo loro assegnato; la parte riservata del *WebGIS* consente agli utenti registrati (i tecnici comunali e/o i loro consulenti) di inserire e gestire i dati relativi agli edifici presenti nel proprio territorio. (Figura 2)

L'architettura di sistema prevede, oltre ai comandi di navigazione tipici dei *WebGIS* (pan, misura lineare/areale, zoom in, zoom out, identifica, legenda), la funzione di *geocoding,* che permette di risalire facilmente all'edificio attraverso il suo indirizzo e numero civico, e la funzione di *map select*, che permette all'utente di scegliere la base cartografica più adatta alle proprie esigenze selezionandola da un set di mappe a disposizione.

E' stato implementato un modulo che consente di scegliere gli strati informativi tra quelli messi a disposizione da altri Enti e Organizzazioni attraverso i servizi di interoperabilità OGC WMS o attraverso servizi ArcGIS Server; attualmente sono precaricati i servizi del Geoportale nazionale, del Geoportale della Regione Siciliana, del SINAnet, del Servizio geologico d'Italia e del Sistema Informativo Forestale della Regione Siciliana, ma è comunque possibile caricare qualunque altro servizio di cui si conosca l'*URL.* (Figura 3)

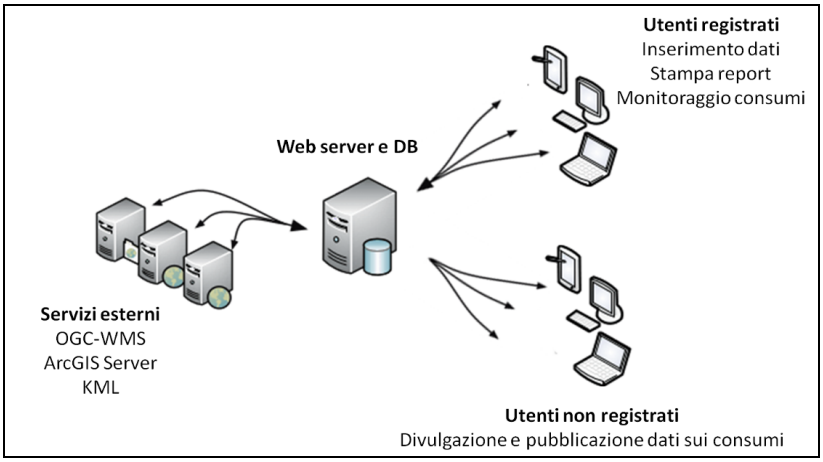


Figura 2. Architettura funzionale del WebGIS.



Figura 3. Catalogo dei servizi.

A ciascun immobile comunale, una volta individuato in mappa tramite un'entità puntuale da parte del tecnico incaricato, è associata una scheda che riporta le seguenti classi di informazione:

- Anagrafica e destinazione d'uso dell'edificio, ed inserimento in mappa dello stesso;
- Caratteristiche tecniche e costruttive;
- Tipologie dell'edificio;
- Descrizione degli impianti termici ed elettrici presenti e relativi consumi;
- Documentazione tecnica;
- Immagini e foto utili all'analisi.

Il Geodatabase utilizzato è MySQL che consente sia la generazione, la conservazione e l'analisi delle entità geografiche, sia la gestione di tutte le informazioni sui consumi degli immobili, sulle tipologie edilizie, sugli impianti termici, sugli impianti elettrici, oltre a tutta la documentazione tecnica disponibile. (Figura 4)

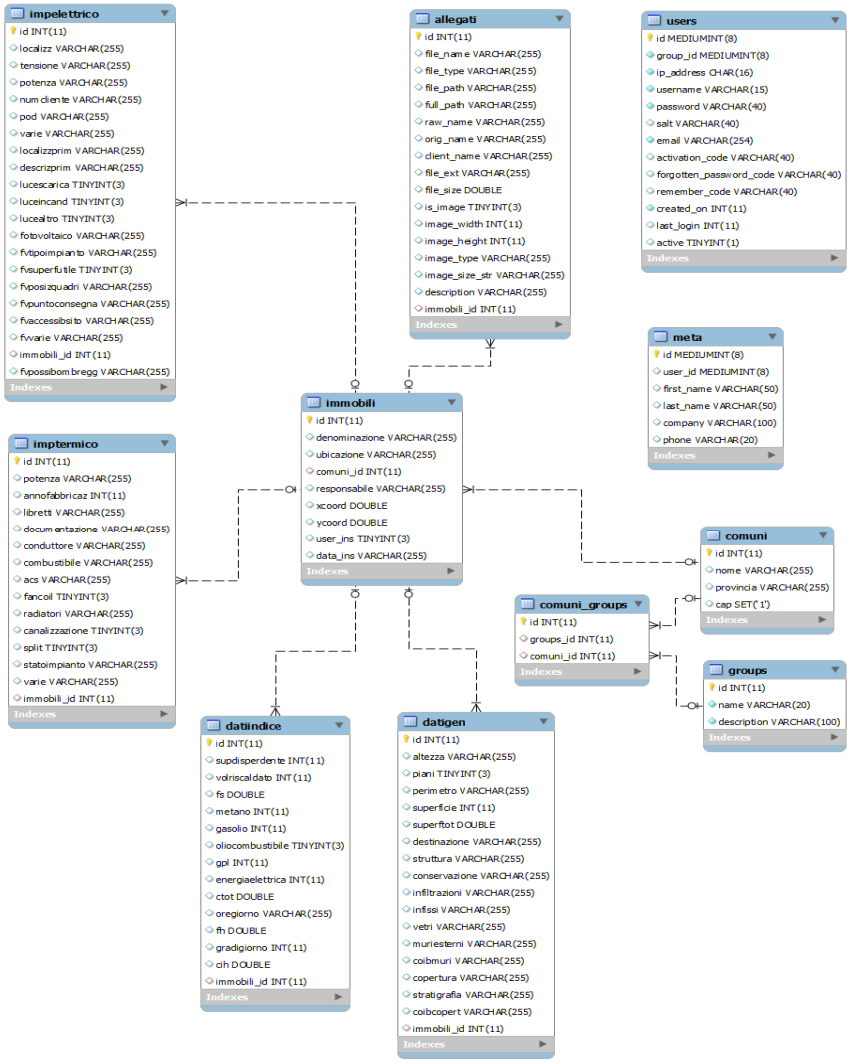


Figura 4. Modello logico del Geodatabase.

La scheda per il censimento

Il settore dell'edilizia rappresenta il 40 % del consumo totale di energia nell'Unione Europea (UE). La riduzione del consumo di energia in questo comparto è quindi una priorità nell'ambito degli obiettivi europei «20-20-20» in materia di efficienza energetica.

Il decreto legislativo n. 115 del 30 maggio 2008 e la legge 99 del 23 luglio 2009 hanno assegnato all'ENEA le funzioni di Agenzia Nazionale per l'Efficienza energetica. L'ENEA svolge tale ruolo tramite l'Unità Tecnica per l'Efficienza Energetica (UTEE). Obiettivi indicati nel decreto legge sono lo sviluppo e il trasferimento di conoscenze, sistemi, metodi e tecnologie per il risparmio, nonché l'efficienza energetica nei settori edilizia residenziale e terziaria, nell'industria, nell'agricoltura, trasporti e nei sistemi dei servizi energetici e della generazione distribuita, vitali per la crescita e competitività del Paese.

La sezione UTEE ERT (Unità Tecnica per l'Efficienza Energetica Edilizia Residenziale e Terziario) ha redatto il questionario inserito nella piattaforma *WebGIS*, per il censimento energetico dei fabbricati ed è il risultato di una serie di studi di adattamento alle richieste della P.A. (e non solo) per l'analisi energetica degli edifici. L'esperienza in questo campo ci ha indotto a calibrare la difficoltà dei quesiti in base al livello di professionalità delle persone che concretamente risponderanno al questionario. Questo è il presupposto fondamentale per non indisporre i nostri interlocutori e ottimizzare la qualità delle risposte. In altre parole avere un numero minore di informazioni attendibili è sicuramente più importante di averne tante che dovranno successivamente essere verificate.
La scheda è formata da tre sezioni, nella prima vengono richiesti i dati catastali, schematici e geografici dell'edificio, nella seconda si identificano e si valutano la qualità dello scheletro del fabbricato e di tutti i suoi componenti (porte, persiane, finestre, ecc.) per stabilire lo stato di manutenzione dell'edificio. Sempre in questa stessa sezione vengono misurati i consumi elettrici e idrici o in alternativa vengono valutati in base agli importi fatturati relativi alle bollette energetiche pagate degli anni precedenti. Nell'ultima parte si domanda se il fabbricato in esame ha impianti di produzione di energia e, solo nel caso affermativo, si scende nel dettaglio.
I dati raccolti verranno inseriti in sistemi software (es. ENEA Docet per gli edifici del residenziale e sw certificati dal CTI) per calcolare le prestazioni energetiche e per definire le eventuali azioni di riqualificazione energetica dell'edificio.

Risultati e conclusioni

La metodica di *georeferenziare* i dati relativi alle caratteristiche strutturali ed energetiche di un edificio, proposta dalla Mediterranea IGEA S.r.l. ha trovato immediata applicazione sia in APEA che in ENEA. La possibilità di localizzare geograficamente, in tempo reale, un edificio valutando nel contempo le sue caratteristiche energetiche e strutturali, attenzionando inoltre il registro degli interventi eseguiti nel passato, rappresenta una innovazione concreta di indubbio valore tecnico e sociale. Questo nuovo modo di affrontare il complesso problema gestionale riscuoterà grande attenzione da parte degli Amministratori locali, che hanno il compito di attuare una attenta programmazione anche valutando le spese di esercizio e manutenzione delle diverse strutture pubbliche. L'obiettivo finale conduce ad una lista di interventi che eviterà l'effettuazione di lavori ridondanti e collocherà le risorse nel miglior modo possibile. In definitiva questo strumento deve essere considerato come un procedimento concreto per abbattere i costi dei Comuni legati al consumo energetico e non solo. L'attenzione fin qui mostrata dalle singole amministrazioni locali alla realizzazione del progetto pilota proposto e sviluppato dalla Provincia di Catania, lascia ben sperare e prefigura lo sviluppo di un coordinamento regionale, auspicabile, in questo strategico settore.

Bibliografia online

Codice Amministrazione Digitale
http://www.digitpa.gov.it/amministrazione-digitale/CAD-testo-vigente
Direttiva 2002/91/CE
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:IT:PDF
Direttiva Inspire
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/
Obiettivo Efficienza Energetica
http://www.enea.it
Patto dei Sindaci
http://www.eumayors.eu/
The OGC's Role in Geosciences and the Environment
http://www.opengeospatial.org/domain/geosciences_and_environment

La geomatica nella cultura di interazione fra le professioni per il supporto a problemi planetari emergenti

Mauro Marco Langfelder (*), Edoardo Zanaboni (**)

(*) Comitato Parcelle, Ordine Ingegneri, Corso Venezia 16, 20121 Milano, Cell. 335 6278046
(**) Federarchitetti, Corso Venezia 16, 20121 Milano, Cell. 335 242139

Riassunto. La comunicazione parte dalle libere professioni di area tecnica per muoversi verso altre al fine di analizzare l'importanza della cultura geomatica per la promozione e lo svolgimento della propria attività, soprattutto se orientata a progetti internazionali. Quindi presenta alcuni movimenti ed associazioni, sorti per favorire lo sviluppo della cultura professionale e intergenerazionale, riportando risultati ottenuti su problemi concreti, quali la progettazione energetica dei fabbricati, programmi urbanistici e territoriali, metodiche di aggiornamento GIS, progettazione remota come tecnologia di sviluppo di opere in Paesi lontani …
La seconda parte si concentra su un possibile azzonamento dei Paesi africani dell'indigenza, e, partendo dalla Dieta Mediterranea che coinvolge il Marocco (MD, nord ovest del continente), intende considerare quattro altre aree, perché siano analizzate (attraverso regioni campione) le possibili crescite nutrizionali, in un'autonomia di sviluppo promossa nello spirito di Erice e delle emergenze planetarie della WFS, attraverso le competenze nutrizionali e culinarie della scuola di Colorno. Le aree sono: orientale sull'Oceano Indiano (EI), occidentale sull'Atlantico (WA), meridionale (SA), e centrale senza sbocco al mare (CF) e completano la MD, per proporre una verifica tesa allo sviluppo tendenzialmente autoctono di produzioni agrarie ed ittiche compatibili a basso costo. Ne sono infine proposti parametri sanitari, nutrizionali, agroalimentari che possano incentivare tale sviluppo fondato sulle specificità monitorate in via geomatica.

Abstract. The paper starts by considering the independent professionals of the technical area in order to analyse the relevance of the geomatic culture to promote and accomplish their own activities, chiefly if oriented towards international projects. Then the considerations are extended to other not technical professions. Some associations and movements, which have been created to encourage the development of professional and intergenerational culture, are then presented to introduce their positive results achieved on some concrete problems, such has the building energetic design, urban and territorial planning, GIS methodological updating, remote design as to technology for building construction in far foreign countries ……
The second part of the paper concerns a likely zoning of indigent African countries to face nutritional possible growth, starting from the Mediterranean Diet, which involves Morocco (MD, north west of continent) and aims at considering four other areas to be analysed (throughout sample regions). The autonomous development is inspired by Erice spirit and its WFS planetary emergences by nutritional and cooking Colorno schooling competences. The defined areas are: eastwards on the Indian Ocean (EI), westwards on the Atlantic (WA), southwards (SA), and central without limits on the sea (CA) and fulfil the MD; the proposal is so for the development of agrarian and fishing productions compatible and low costing. At end the sanitary, nutritional, food parameters are proposed to promote such development based on local geomatic specialities.

1. Introduzione

1.1 Geomatica e cultura fra professionisti, oggi e ieri

La spontaneità dell'apprendimento della geomatica, implicitamente satellitare, per molte professioni intellettuali, partendo da quelle libere di area tecnica (ingegneri, architetti, agronomi, paesaggisti, geometri, visuristi,…), ma considerando anche le altre più disparate (avvocati e commercialisti, ecologisti e ambientalisti, ragionieri e immobiliaristi, giornalisti …) ha fatto riflettere su quanto questo linguaggio di informazione e comunicazione possa essere utile per favorire il colloquio, quindi il trasferimento di cultura fra persone di disparata esperienza, di varia età e condizione sociale, di competenza informatica difforme, di residenza o domicilio alquanto dispersi.
La riflessione, recentemente dibattuta presso istituzioni universitarie, su come portare l'insegnamento dell'interoperabilità come materia presso diversi indirizzi dei corsi di laurea nelle facoltà di ingegneria e di architettura, perfezionata attraverso il coinvolgimento di dipartimenti competenti, ci ha ulteriormente incoraggiato nell'approfondimento della stesura di questo contributo, moltiplicando i temi di interesse per la nuova geografia emergente, proposta come base di innovazione per l'insegnamento della materia a tutti i livelli di scolarità, partendo dagli insegnanti, cioè dai formatori.
Tale insegnamento può essere particolarmente mirato sui Paesi di tutto il mondo, dove la cultura si diffonde in modo molto dispari, e tende a frenare l'emersione di alcuni, definiti perciò anche come emergenti, da uno stato di sottosviluppo. E ci riporta a studi precedenti di circa un terzo di secolo.
Il sistema economico costruito intorno all'imprenditorialità dell'area industriale di Prato verso gli ultimi decenni del Novecento marcava già la storia delle relazioni internazionali, particolarmente quando la locale Cassa di Risparmio è stata al centro delle sue attività innovative; ed anticipava di qualche lustro le prime ricerche qualificanti di ASITA. Fra le iniziative supportate nel settore editoriale (accanto agli storici testi di educazione civica della fiorentina Sandron) ricordiamo un libro, risultato di una ricerca sulle relazioni con i **Paesi ACP**, che intendeva far conoscere in Italia lo spirito degli accordi di Lomè incoraggiati dalla Comunità Europea.
Fra quei paesi di Africa Caraibi e Pacifico quelli africani già assorbivano la maggior parte delle risorse d'intervento, che furono parametrate nella ricerca. Vi si praticava un'analisi segmentata per gruppi (est ed ovest, nord e sud, con e senza sbocco sugli Oceani) che potrebbe essere ancora di attualità, giacchè gli accordi di Cotonou, vigenti almeno fino al 2020, ne rispettano l'accorpamento. E dunque si prestano a configurare oggi un confronto fra i Paesi che andiamo ad esaminare con la logica della Geomatica territoriale, suggerendo anche sviluppi metodologici che potrebbero favorire lo sviluppo attuale per la soluzione delle emergenze del pianeta, focalizzate dalla scienza di **Erice**.
Lo facciamo ancorchè l'evoluzione delle professioni da allora sia stata dirompente e meriterebbe una premessa di confronto, che non è qui ovviamente sviluppata. Il riferimento può essere probante per sostanziare studi geomatici e ricerche di maggior respiro, come riprenderemo nelle conclusioni.

1.2 Storia e scienza di Erice ed emergenze planetarie

Poiché il sottocosta del promontorio di Erice è il luogo dove il nostro progenitore Enea sostò per seppellire il padre Anchise, conferendo al gesto mitologico un rilievo sacrale; e quello stesso borgo ha assunto oggi per la scienza un rilievo globale attraverso il Centro di Studi (che avvicina Galileo a Majorana) ed una Federazione di Scienziati di tutto il mondo (**WFS**), che è lustro poco conosciuto del nostro Paese… diviene spontaneo parlarne. Anche perchè il **Manifesto** basale di Erice propugna la diffusione della cultura verso i Paesi dell'indigenza, poco conosciuti e affatto serviti da sistemi geomatici compiuti, per i quali l'interprofessionalità, a ciò asservita, può oggi invece mettere a disposizione risorse sperimentate e qualificate.
Quel manifesto individua quindici classi di emergenze planetarie, ad alcune delle quali intendiamo riferirci qui, non sottacendone sin d'ora la tredicesima, quella dell'**inquinamento culturale**, che certamente ben distingue anche l'Italia che ne deve saper emergere, attraverso i *media* di diffusione, la stampa, la convegnistica …. In questo articolo intendiamo muoverci entro lo schema fedele di

talune organizzazioni mondialiste, come la stessa WFS ed i rammemorati ACP (Africa Caraibi Pacifico)… E potremmo anche limitarci alle prime tre classi (**acqua**, **cibo**, **suolo**) delle quindici, e ci piacerà ricercare parametri integranti un po' tutti gli aspetti alimentari e nutrizionali con quelli agroalimentari, consolidati sul territorio per un monitoraggio geomatico ottimale.
Il tema 41 della corrente ASITA vicentina, cioè le applicazioni non convenzionali della Geomatica, ci favorisce, o quanto meno ci giustifica nell'esserci mossi, entro l'approccio proposto.

2. L'interazione delle professioni in Italia

2.1 Interprofessionalità oggi su temi di geomatica

Gli esempi diretti, che qui succintamente riprendiamo, si rifanno ad esperienze di progetto, sospese o vigenti, che hanno più o meno coinvolto le specializzazioni accennate nell'introduzione. Il laboratorio di sperimentazione interprofessionale, che in Lombardia è stato sviluppato intorno alla Consulta Domotica, attivo per oltre un quinquennio, accompagnato mensilmente da una newsletter bilingue, ha toccato o sfiorato quasi in modo sistematico gli argomenti oggi ripresi.
Si è trattato di risorse di architettura ed ingegneria, ma soprattutto di agronomi, pur con il vigilante supporto di tutte le categorie di progettisti tecnici; le stesse che si riconoscono associate nel Capitolo italiano dell'Alleanza Internazionale per l'Interoperabilità del BEST, dipartimento del Politecnico di Milano. I singoli collegati talora detengono rapporti diretti con gli associati di altri capitoli nazionali europei, asiatici e nordamericani; spesso si tratta di giornalisti professionali.
E tali connessioni verranno riprese nelle nostre conclusioni, pur senza riferimenti diretti, per essere meglio propositive; qui tuttavia sviluppiamo sinteticamente quelle più direttamente coinvolgibili.

2.2 Prospettive nella progettazione energetica

Il ricorso a diverse forme di energia ha favorito in una proposta di piano energetico formulata dalla predetta consulta (che fu definita anche Geodomotica) ed approntata in digitale, quasi anticipazione di un e-book non divulgato, … attesa la decisione di continuare ad essere un Paese che non ha sviluppato il proprio piano energetico nazionale. L'occasione per farlo in modo compatibile con la conservazione e la valorizzazione dell'ambiente e del patrimonio paesaggistico, considerando anche la partecipazione civica a tutti i processi, ora si presenta in modo maturo perché *de facto* un po' tutte le professioni tecniche e quelle cosiddette intellettuali (per esempio, gli avvocati ed i notai) sono state interessate a tutte le manifestazioni congressuali pertinenti.
Fra i professionisti più impegnati in questo processo, non possiamo prescindere da una considerazione sul territorio nazionale, per due serie di motivi**:** il diverso livello di consistenza di piani territoriali regionali (il modello della valle del Po e quelli specifici delle regioni attraversate ha fatto storia) e l'attività di divulgazione locale svolta dagli ordini professionali territorialmente competenti nonché da sindacati, collegi, organizzazioni diverse … Allora emerse soprattutto la necessità degli standard, o almeno di modelli condivisi, che incoraggiò la partecipazione a progetti internazionali nei settori industriali dell'auto, delle costruzioni navali ed aeronautiche, ma anche della componentistica abitativa; ricordiamo in particolari gli interruttori elettrici, e (da Varese) la loro progettazione remota, cioè a distanza, interattiva fra tecnici di Paesi di un po' tutto il mondo.

2.3 Urbanistica programmata per il territorio

Alcuni studi compiuti in regioni remote o travagliate (tipicamente l'Azerbaigian) anche a cura del dipartimento BEST del Politecnico di Milano, hanno comportato l'analisi territoriale, attraverso passaggi storici di rilievo, e quella ambientale in una logica di risparmio energetico che consideri le differenze climatiche fra le quote di pianura agricola e quelle di montagna (dai 2000 ai 4000 metri) per un'edificazione condivisa. L'esplorazione ha coinvolto implicitamente alcuni periodi della storia dell'Est europeo nella fase antecedente il crollo del muro di Berlino, quindi particolarmente coerente con i principi ispiratori degli scienziati della WFS e del Centro di Ricerche di Erice.

Gli strumenti di osservazione satellitare GIS hanno consentito di preparare il primo sopralluogo fisico in Azerbaigian in modo eccezionalmente conveniente; quindi di redigere un piano di lavoro e di monitoraggio degli sviluppi progettuali, che per il futuro stesso saprà ben avvalersene; anche attraverso un'informativa sistematica e cosciente a tutta la popolazione locale, a dispetto di lingue e culture di notevole disparità, anche nello stesso ambiente promiscuo dei territori interessati.

2.4 Aggiornamento e condivisione: il progetto Atl@nte

Il progetto Atl@nte interessa le più disparate professioni, non solo libere, e coinvolge come capofila lo stesso dipartimento BEST, quindi ingegneria ed architettura, allargate dalle associazioni di laureati, che peraltro sviluppano un programma di aggiornamento permanente assai pregevole ….
Ma il coinvolgimento del **Catasto** e delle attività **demaniali** ha determinato un salto di qualità notevole soprattutto nei processi di semplificazione, necessari nella complessità orografica e strutturale dell'Italia; nonché della sua storia multiforme. Il riferimento alle figure professionali emergenti di visuristi e della loro associazione appare emblematico.
Direttamente in seno all'**AVI** dei visuristi, sentitasi quasi esautorata dal progetto, ma con forte rilievo del mondo dell'informazione, quindi dell'AICA stessa, presente anche in PIU', assai varia e multiforme … Si è così diffuso un processo di approfondimento culturale destinato a benefici diffusi, soprattutto per la base istituzionale che lo ha generato come progetto trasparente a tutti coloro che intendano accedere al sito, per controllare il collegamento fra i vari Catasti che hanno fatto la storia del Paese, i differenti modi e forme di rappresentazione nei vari (addirittura) secoli, date di cessione e cambiamento, misure ed estimi, … Pur essendo partiti solo da un lembo di **Lombardia**, si sono poste tutte le premesse, scientifiche tecnologiche ed istituzionali, per uno sviluppo diffusivo. Infatti ogni analisi specifica degli strumenti GIS fungibili troverebbe spazio nella divulgazione corrente delle attività legate a tutte le attività riferibili al Catasto e comunque suggerite dalla competenza professionale, in particolare verso le nuove generazioni.

2.5 Ciclo di vita e monitoraggio remoto

Esempi di costruzioni, nelle più varie zone di Paesi europei, ed esperienze di monitoraggio con precisione millimetrica, fruibili in altri continenti, senza spostamenti *in loco*, hanno contraddistinto la realizzazione di diverse prodotti industriali, accompagnati per lo più ad impianti di generazione e distribuzione energetica o di ricerca ed estrazione mineraria. Di fatto lo sviluppo integrato di linee di distribuzione dello stesso prodotto (automobile, velivolo, nave) distribuite in modo finalizzato a dimensione internazionale, ha portato esempi ed arricchito esperienze, che potrebbero essere replicate in vari paesi del mondo, tipicamente nel continente africano, soprattutto se accompagnate e favorite da pertinenti rappresentazioni territoriali, costruite in modo mirato al coinvolgimento pieno di strutture e risorse autoctone, sia nella formazione pertinente che in lingue e dialetti locali.
Naturalmente sarebbe particolarmente opportuno riferirsi a queste esperienze e programmi, correlandosi a tutto il ciclo di vita del processo edificatorio o di stabilimento dell'opificio agroalimentare o nutrizionale, così come a quello dello sviluppo rurale. Questo messaggio è particolarmente indirizzato alle imprese alimentari; ed agli organismi internazionali che dovrebbero contemperare il cosiddetto sfruttamento con il beneficio locale. Il monitoraggio remoto dovrebbe essere accompagnato da quello di controllo autoctono, vissuto da autorità democratiche preparate ed assistite dalle organizzazioni competenti.

3. Una rete di supporto a professionisti: Atl@nte e i visuristi dell'AVI

Consistono dunque i presupposti perché si possa pensare ad una rete di reti, diciamo pure sociali, fruibili per i professionisti, che certamente qualificherebbe, promuoverebbe (anche internazionalmente) le specifiche competenze in una logica di rigore territoriale e catastale giungendo a porsi come servizio *de facto* interprofessionale ….Quindi già questa prima parte ci ha indotto ad anticipare per amore di compattezza e di sintesi, delle conclusioni pertinenti.

Appare come piuttosto spontaneo, ed è qui proposto, il disegno di considerare la mappa catastale come esempio complementare di visione di ogni mappa del territorio, almeno per le Regioni che mano a mano se ne verranno a dotare. La **Lombardia** in occasione dell'Expo 2015, nel proprio padiglione sul decumano oppure direttamente a Palazzo Italia, ove fosse accettata la proposta, potrebbe far conoscere ai visitatori, quindi agli operatori lo stato di completamento del servizio, considerando la pianta della sua isola, come esempio diffuso di qualità dell'informazione catastale, certamente nobilitata dalla consistenza delle vie d'acqua e della storia dei Navigli.
Il territorio appare come base, rigorosa all'estremo, di una Geomatica facilitante ed esportabile.

4. Erice e i problemi planetari emergenti

4.1 Le piramidi del BCFN di Barilla e la Dieta Mediterranea

Pur senza un coinvolgimento diretto, che avrebbe comportato una preventiva analisi comune, sempre plausibile nelle prossime edizioni di ASITA (2013, 2014, e pur meno realisticamente anche 2015, sempre che venga ripetuto il discusso svolgimento nell'autunno inoltrato) intendiamo qui ricordare alcune evoluzioni del settore nutrizionale a dimensione globale, stante la qualificazione e la competenza del **BCFN**, cioè il centro della Barilla per il cibo e la nutrizione, che peraltro nei suoi forum bocconiani annuali ha tendenzialmente eluso il rapportarsi ad Erice ed alle sue emergenze …
Il riferimento alle due piramidi, **alimentare** ed **ambientale**, del BCFN, che qui può giovare considerare, si lega ai problemi planetari emergenti dalle prime tre classi (fra le altre dodici alcune potranno essere oggetto di sviluppi successivi, entro e fuori **ASITA**) e può essere consolidato dalla formalizzazione della sua competenza alimentare, mirando ad una logica di risparmio, e qualificando alcuni parametri riconoscibili, anche attraverso le esperienze maturate nel contesto degli ACP e della qualificazione sia dell'associazione che del centro. Proviamo a vederlo, scorrendo le due piramidi (ogni riferimento può essere visto attraverso il sito o le ricche pubblicazioni).
La piramide **alimentare** semplificata di fatto in un triangolo equilatero suggerisce un'alimentazione crescente dal vertice verso la base formata da trapezi regolari di uguale altezza: dolci e carne rossa; carne bianca pesce e biscotti con uova formaggi; latte yogurt; olio d'oliva; pane pasta riso patate, legumi; frutta ed ortaggi … Appare evidente la compiacenza nutrizionale con la **Dieta Mediterranea**, che si riferisce al modo di stare a tavola ed è costruita intorno all'olio d'oliva; tanto da farci qui anticipare, se e come l'olio di palma o altri oli gli si possano assimilare …
La piramide **ambientale** guarda all'assorbimento di risorse energetiche per sostanziare una nutrizione compatibile e si struttura su un triangolo (quindi anche piramide) identico, ma rovesciato, a raffigurare i vari trapezi: carne rossa, formaggi e pesce, carne bianca e dolci, legumi olio pasta riso uova, ortaggi pesce patate, frutta. La spesa energetica qui ci fa di fatto riferire al **costo**, e ci instrada sul percorso di individuare tante diete, *meditarraneamente* compatibili, coerenti con la migliore economia nella loro producibilità nei gruppi di paesi africani, sfruttando l'esistente ed il pianificabile secondo la proposta; quasi fossero delle ***release*** dello stesso standard di prodotto.
Dunque in coerenza con i principi di Erice, guardando ad un azzonamento di tipo ACP, pensiamo ad individuare le grandezze od i parametri per costruire una struttura conforme, disciplinata, trasparente, che sia facile principio ed oggetto per dare corpo a progetti compatibili, economici, finanziabili, quindi meritevoli di approfondimento e diffusione.

4.2 La dottrina di Lomè, esperienza fra gli *agreement* di Yaoundè e Cotonou con gli ACP

Per comprovata omogeneità suggeriamo il riferimento alla pubblicazione da Prato sulla dottrina di **Lomè**, per dirla con il titolo del libro qui riproposto, ma tuttavia questa può essere anche il punto per un riferimento generale, pure per il momento particolare che le vicende europee stanno vivendo.
Nel 1980 la Casa Editrice Sandron, nell'ipotesi che l'educazione civica divenisse materia di insegnamento scolastico nella media superiore, e con l'attribuzione di un voto specifico a sé disgiunto da quello di storia, commissionò i libri di testo pertinenti. Invitò l'autore prescelto a

recarsi in Comunità Europea per approfondire i temi ed i programmi del nascente piano di studi: ciò che avvenne puntualmente. Poi chiese ad Arturo Carlo Jemolo di farne la presentazione (e fu l'ultimo scritto formale del maestro). Nel primo dei volumi ("Educazione civica e solidarietà internazionale") si leggerebbe così. "*Supponiamo che sorgano, occupando consistentemente la manodopera locale, ma controllate dai tecnici della FAO, delle piccole aziende agricole su vasta scala, assistita da una sana meccanizzazione per consentire sì risultati pregevoli in tempi stretti, ma senza penalizzare l'occupazione. Gli Stati di quella regione riceverebbero il fabbisogno alimentare sufficiente per una nutrizione normale della propria popolazione*."…. "*L'intervento sussidiario delle Nazioni Unite, tecnico … e di protezione …*".
Quel libro fu poi adottato come testo di fatto da molte scuole private italiane e contribuì alla formazione di una generazione di scolari e studenti, nell'attesa (poi sfumatasi) che la materia venisse di fatto inserita formalmente nei programmi didattici ufficiali.
Il titolo, qui ripreso, considerando che gli accordi di Lomè, si collocarono dopo quelli di **Yaoundè** e prima degli *agreement* di **Cotonou** (vigente fino al 2020), intese far pesare il ruolo dell'impegno comunitario. L'evoluzione odierna si può far consistere nel fatto che si è positivamente passati da una forma di assistenza ricchi-poveri ad una collaborazione comunque fra stati sovrani. Forse anche per questo i problemi di Africa Caraibi Pacifico appaiono ora di fatto come un po' negletti, correnti.

4.3 L'azzonamento degli ACP in Africa apre prospettive geomatiche

Ai fini della negoziazione gli ACP dell'Africa sono accorpati istituzionalmente in cinque gruppi per gli accordi di *partnership*, che sono confrontabili con la configurazione del libro di riferimento, qui proposto. Le trasformazioni strutturali di singoli Paesi e la lieve diversità nell'azzonamento non paiono tuttavia tali da far dissuadere dalla sostanza di queste pagine.
Oggi per gli ACP, come insieme strutturato e formale di Stati sovrani, si considerano di fatto qui quattro gruppi: **SADC** è il gruppo della Comunità di Sviluppo del Sud Africa, formato da sette Paesi; il gruppo dell'Africa occidentale, formato dai quindici Paesi (il Togo per noi capofila) più la Mauritania è l'**ECOWAS**; il gruppo **CEMAC** otto Paesi insieme ai cinque dell'**EAC** con il Camerun a farci da capofila forma quelli del centro dell'Africa; infine con Zaire e Zambia la dozzina mancante di paesi, il **COMESA**, che pone le questioni finali.
Il raggruppamento del Sud Africa (SADC o SA) appare come quello per cui non si pongono di fatto problemi rilevati, per arrivare a conformare diete praticabili, avendo un po' di tutto fra cereali ortaggi e frutta; ma anche perché vi consistono le note miniere di oro e diamanti …
L'ECOWAS potrebbe trovare intorno alle strutture di Lomè e del Togo il riferimento, non solo storico, per stimolare la pesca fluviale, di fatto quella nettamente più diffusa, anche se praticata in vicinanza del mare, come processo culturale per tutti i paesi interni, affinchè sviluppino insieme alla cultura **ittica** fluviale, quella da propugnare contemporaneamente per uno sviluppo **ittico** marinaro, assistito proprio dalla compiacenza Comunitaria. Questo infatti si pone di fatto come il problema di maggiore complessità tecnologica ed organizzativa, forse semplificato dalla presenza viciniore sul golfo di Guinea di molti Paesi.
Per la stessa zona si pone il problema della già citata sostituibilità dell'**olio** d'**oliva**, base non solo culturale della dieta mediterranea, con gli oli corrispondenti dell'Africa, ed in particolare con l'olio di palma. Il ciclo di vita di tutti gli oli dalla loro coltivazione alla raccolta, ma soprattutto alla conservazione ed al trattamento, richiede ulteriori approfondimenti. Con molte probabilità potremo affrontare, seppure informalmente, questo problema specifico prima dell'incontro di Vicenza, che quindi consentirebbe una risposta meglio aggiornata e più confacente al problema.
Lo stesso olio di palma nella grande Nigeria è assai diffuso e, come riso e mais, nello Zaire.
La canna da zucchero dell'Etiopia si pone anche in termini di interesse consistente, a testimoniare della notevole complessità del problema; ed in generale, per portare un esempio finale, ci fa riflettere sugli stessi caffè e cacao, assai diffusi come colture, che dovrebbero essere posizionati nell'alimentazione e nelle nostre piramidi con proprietà.

Insomma la questione presuppone forse quell'intervento della **FAO** che, dopo Vicenza, potrebbe essere stimolato. Ma sin d'ora potremmo ripartire proprio da Colorno, e dagli ex-allievi di ALMA, l'ateneo locale che ne ha formati oltre 500, su problemi internazionali e globali, utili e propensi ad approfondire studi e sperimentazioni di ***release*** di **diete**, cosiddette appunto di **Colorno**.

4.4 Parametri sanitari, nutrizionali, agroalimentari guardando alla FAO e a Roma

Pur considerando che la scienza sta evolvendo verso lo studio e la misura di originali parametri funzionali delle sostanze nutrienti (come l'**indice glicemico** per fare un riferimento puntuale), in questo contesto preferiamo riferirci a parametri più convenzionali relativi all'**apporto calorico**, quindi anche alla misura Paese per Paese delle calorie mediamente disponibili su base giornaliera.
La Dieta Mediterranea fa spesso riferimento a 1500 calorie giornaliere come parametro soglia di base per separare o accorpare i Paesi da confrontarsi, ma in una logica dietetica. Le statistiche ufficiali fanno riferimento a 2500 per definire un'alimentazione sufficiente. Alcuni paesi in considerazione superano la soglia, come il Marocco ed il Sud Africa giungendo a circa 3000, Ghana e Senegal sono intorno alla soglia, Camerun e Niger sono sul 10% in meno del fabbisogno, mentre l'Etiopia lo è del 25%. In fondo troviamo la Somalia con circa 1500 per un alto rischio di morte da sottoalimentazione. Questi dati sono riferiti all'inizio del 2010, e sottolineano il livello di gravità dei problemi qui presi in considerazione in un particolare momento di crisi economica e comportamentale di Paesi che sono costati cifre rilevanti per finanziare la riunificazione dopo la caduta del muro di Berlino, separatore delle due Germanie.
La questione e l'evento, fondanti per le emergenze di Erice, sono oggi attuali perché condizionano i Paesi della Comunità dell'Europa, la loro moneta, la loro vita politica, il benessere e la sanità di tutti … gli interventi della **FAO**, che pure è a Roma, quindi anche il sostegno ai paesi meno sviluppati e tutti i parametri nutrizionali. Ed il richiamo ai testi proposti da Sandron e Jemolo non è casuale.

4.5 Suolo coltivato, risorse idriche, stagionalità …, ma soprattutto cultura

Le prime tre (delle quindici) classi di emergenze di Erice sono state attribuite al benessere nell'accorpamento del cosiddetto sillabo; esse (ripetiamo) sono: acqua, cibo, suolo. Dunque gli aspetti che abbiamo inteso parametrare sono quasi l'*abc* dei problemi del pianeta.
La Geomatica consente di misurare e monitorare con continuità sistematica il suolo, che è stato a vario titolo coltivato. Le risorse idriche possono essere stimate dalla lunghezza e conformazione delle coste, atteso che proprio la desalinizzazione è una delle sottoclassi monitorate dagli scienziati della **WFS** e gestite dai *panel* **PMP**; la portata dei maggiori corsi d'acqua, naturali ed artificiali, può essere misurata (ma anche monitorata da satellite) in modo organico; la piovosità (oggi drammatica) potrebbe essere altrettanto gestita.
Atteso che per ogni coltura agricola (ed alcune possono essere replicate più volte all'anno a seconda delle caratteristiche morfologiche locali) si può misurare la durata stagionale del ciclo di vita, dall'inseminazione al raccolto e riassetto del terreno, si può pensare anche di approfondire lo studio della possibilità di conservazione attraverso un disciplinato **stoccaggio**. Quindi stimare i costi locali. Questa cultura delle colture, doppia base delle emergenze di Erice, può essere uno degli obiettivi strategici della formazione a distanza di tutti gli operatori coinvolti nei vari processi. La fruibilità di formatori edotti nelle lingue di base (inglese e francese, per esempio) delle materie selezionate, così come nelle lingue o dialetti o parlate indigene, può favorire il processo di crescita culturale generale nel più puro *geist* di Erice. Nello **spirito** del Sillabo che vede la **Geomatica** come materia ispirata dalla geografia, comunque e dovunque insegnata, si può ben conciliare questa attività scolastica con altri programmi, comunitari e non, praticati per lo sviluppo locale, e sostenuti da un adeguato *panel*.

5. Conclusioni propositive

La Dieta Mediterranea è patrimonio immateriale dell'Unesco (e dell'Umanità), quindi possiamo affermare che il *paper* si muove nelle direttrici di sviluppo meglio accreditate a livello mondiale, se opportunamente prospettate, considerando WFS, ACP, Unesco come enti interessati in pari luogo.

Tutto ciò é coerente con il ruolo internazionale, più o meno riconosciuto, che l'Italia si accinge a vivere (quindi oggi promuovere) con il ruolo di EXPO 2015 anche in questo senso, fondando sul peso della federazione ASITA o almeno di una sua associazione come AM^FM GIS.
Così l'Italia, leader mondiale nella graduatoria dei beni materiali patrimonio dell'Unesco, si propone anche in un ruolo sempre più significativo per quello dei beni immateriali, fra cui (ribadiamo) c'é la Dieta Mediterranea della quale é co-promotrice, insieme a Spagna e Grecia e Marocco. Il Marocco, a sua volta come Libia, Egitto, Algeria e Tunisia non fa parte degli ACP, quindi viene escluso dalle nostre riflessioni propositive dirette… Ma ci sono gli altri gruppi di Stati.
Allora ci pare comunque interessante concludere, pensando ad un **PMP** (***Permanent Monitoring Panel***) di Erice, esistente o nascente proprio da Vicenza e da ASITA per coinvolgere ed instradare propriamente il tema proposto**:** pannello permanente, anche perché aggiornato sistematicamente dalla sua scienza. Monitorato sia fisicamente attraverso la geomatica dell'osservazione satellitare sia scientificamente attraverso l'impegno dei professionisti coordinati nello spirito e nel nome di un nascente *panel* delle **Diete di Colorno**… Questa è la sintesi estrema della proposta, ma anche partire da un PMP esistente, quale quello sui **Limiti allo sviluppo**, potrebbe ben essere efficace.
Il contenuto di questo *paper*, forse riproposto per ulteriori approfondimenti alle conferenze ASITA che si svolgeranno nel 2013 e 2014 (con la compiacenza dei comitati scientifici pertinenti), prima di commentarsi a posteriori con quella del 2015, che verosimilmente si terrà dopo il semestre maggio-ottobre ad esposizione **BiE** terminata, può essere comunque proposto all'attenzione di studenti e studiosi per approfondimenti. Per parte nostra non escludiamo di riprendere per il 2015, un libro (magari e-book) ad imitazione aggiornata di quello del 1983 sugli ACP attraverso gli ***agreement*** di **Cotonou**; magari in inglese o bilingue … E sono disponibili anche i testi di Educazione civica della Sandron, che affrontavano il problema nel 1980 in coerenza con i dettati comunitari, già citati, e sui quali si sono formati per generazioni, scrivevamo, gli studenti medi superiori di scuole private.

La modellazione 3D nel controllo dell'inquinamento ambientale da agenti fisici

L. Leone (*), D. Laudani Fichera (*), G. Pulvirenti (*), M. Leone (**), P. Spicuzza (***)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Catania, Viale Andrea Doria 6, 95100 Catania, Tel. 095/7382218, Fax 095/7382247, email: lleone@dica.unict.it, email: dlaudani@dica.unict.it; email: ing.gpulv@tin.it
(**) Ingegnere libero professionista, Piazza Ludovico Ariosto 29, 95100 Catania, Tel. 348/5561399, Fax 095/501827, email: ing.leone@gmail.com
(***) Architetto Libero Professionista, Via Vittorio Veneto 27, 95018 Riposto (CT), Tel. 392/2468861, Fax 095/501827, email: arch.spicuzza@gmail.com

Sommario
I controlli e i monitoraggi mirati alla verifica della qualità dell'ambiente, nonché alla tutela ed al recupero dello stesso, hanno assunto negli ultimi anni sempre maggior rilievo.
E' infatti avvertita in maniera sempre più pressante la necessità di conoscere e gestire le fonti inquinanti, in modo da raggiungere un buon compromesso tra la diffusione delle varie sorgenti e la tutela dell'ambiente. In particolare i controlli dei livelli di inquinamento, nella prevenzione e protezione da agenti fisici di interesse ambientale, rappresentano le principali attività, o meglio "emergenze" per gli Enti preposti alla tutela ambientale.
L'analisi degli effetti derivanti dagli agenti fisici inquinanti, costituiti prevalentemente dal rumore e dalle radiazioni non ionizzanti, quali le radiazioni elettromagnetiche, sia nel campo delle radiofrequenze, che in quello delle basse frequenze (ELF), viene, di norma, effettuata tramite software previsionali. Questi, ai fini della simulazione, utilizzano come base dati, oltre alla georeferenziazione delle sorgenti inquinanti, la modellazione del terreno e di tutti gli elementi di superficie utili alle specifiche elaborazioni, utilizzando l'analisi puntuale diretta come verifica o validazione della previsioni ottenute. Emerge, quindi, in modo evidente, come i diversi modelli di rappresentazione del territorio possono influire in maniera rilevante sui risultati ottenuti nelle simulazioni, e di conseguenza l'utilizzazione di un adeguato modello si rivela basilare al fine di affrontare e risolvere efficacemente le diverse tematiche di interesse (dalla valutazione dello stato di fatto, alla simulazione di impatto ambientale, al monitoraggio, fino alla progettazione delle eventuali opere di risanamento). Nell'ambito del presente lavoro vengono pertanto testati su aree significative i modelli di rappresentazione tridimensionale del territorio oggi disponibili, basati anche su tecnologie differenti, utilizzando alcuni dei principali software per le simulazioni di inquinamento ambientale da agenti fisici. Contestualmente viene verificata anche la possibilità di gestione nell' ambito dei software utilizzati delle modellazioni territoriali nei formati disponibili, o nei possibili adattamenti. Dall'analisi dei risultati di simulazione ottenuti sono state dedotte le necessarie condizioni di modellazione per garantire risultati sufficientemente attendibili.

Abstract
Controls and monitoring in order to verify the quality of the environment and the protection and rehabilitation of this, have taken in recent years increasingly important. In fact the necessity is perceived pressingly to know and manage the sources of pollution, to reach a good compromise between the diffusion of several sources and environmental protection. Particularly the monitoring of the levels of pollution, in the prevention and protection from physical agents of environmental interest, are the principal activities, or "emergencies" for the authorities responsible for environmental protection. The analysis of the effects arising from physical agents pollutants, mainly

to noise and electromagnetic radiation in the radiofrequency range, and in the low frequency (ELF), is normally carried out with forecast software. For the simulation, they use as inputs the georeferencing of polluting sources, terrain modeling, and all the surface elements useful for specific processing, using analysis as punctual direct verification or validation of the forecasts obtained. So it is evident that the different models of representation of the territory may affect significantly on the results obtained in the simulations, and consequently the use of a suitable model is fundamental to address and solve effectively the various issues of interest (evaluation of the status quo, the simulation of environmental impacts, monitoring, and planning of any works of rehabilitation). In this work we tested the available models of three-dimensional representation of the significant areas of land, made with different technologies, using some of the leading software for simulation of environmental pollution by physical agents. Contextually is verified the possibility to manage the available spatial modeling with the software used. From the analysis of the results of simulation the necessary conditions of modeling are been deduced for sufficiently guaranteeing reliable results.

L'inquinamento ambientale dagli agenti fisici "rumore" e "radiazioni non ionizzanti"

Con il termine di inquinamento ambientale si intende generalmente l'immissione nell'atmosfera di sostanze o fattori legati ad agenti fisici, chimici e biologici, tali da provocare pericoli effettivi o potenziali per la salute degli esseri viventi. Benchè possono esistere cause naturali in grado di determinare alterazioni ambientali sfavorevoli alla vita, il termine di "inquinamento" è strettamente correlato ad attività di natura antropica, principalmente connesse al continuo sviluppo tecnologico. Da qui l'esigenza di monitorare sistematicamente l'ambiente, secondo standard codificati, per la verifica del rispetto dei parametri qualitativi di tutela della salute dell'intera collettività.

Nell'ambito del presente lavoro sono state affrontate le problematiche legate all'inquinamento da agenti fisici, in particolare dal rumore e dalle radiazioni non ionizzanti.

La principale normativa di riferimento per l'inquinamento acustico è la Legge n°447 del 26/10/1995. I successivi decreti, di particolare importanza dal punto di vista delle verifiche attuative, sono il DPCM 14 /11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", il DM 16/03/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico", ed il D.Lgs n° 194 del 19/08/2005 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale ". Sulla base della Direttiva 2002/49/CE, la European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) ha emanato nel Gennaio 2006 la *"Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure", Version 2* (GPCv.2).Sulla base di detta GPCv.2, in Italia la Regione Lombardia ha disposto delle proprie linee guida, che ad oggi rappresentano un riferimento per eseguire gli studi previsionali di impatto acustico.

Per quanto riguarda l'inquinamento elettromagnetico, questo è dovuto alla generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici artificiali, cioè non attribuibili nè al naturale comportamento fisico della massa terrestre, né ad eventi naturali (come il campo elettrico generato da un fulmine). Tali campi sono prodotti, generalmente, dagli impianti radio–tv e di telefonia mobile, dagli elettrodotti, dagli apparati per applicazioni biomedicali, dagli impianti per lavorazioni industriali, ecc., nonché da tutti quei dispositivi il cui funzionamento è subordinato ad un'alimentazione di rete elettrica. A livello fisico, ogni qual volta si verifica una variazione di campo elettrico o di campo magnetico si genera nello spazio un campo elettromagnetico che si propaga a partire dalla sorgente. Lo spettro elettromagnetico di un campo è l'insieme di tutte le radiazioni generate, ognuna caratterizzata da una specifica frequenza. In particolare le radiazioni si classificano in "radiazioni ionizzanti" dette IR (Ionizing Radiation) con frequenze maggiori di 300 GHz (raggi ultravioletti, raggi X e raggi gamma) e in "radiazioni non ionizzanti" dette NIR (Non Ionizing Radiation) generate da un campo elettromagnetico con frequenza compresa tra 0 e 300 GHz. Le IR, per la loro elevata energia, sono in grado di rompere i legami molecolari delle cellule e possono indurre mutazioni genetiche, mentre le NIR, di minor energia,producono principalmente effetti termici.

All'interno delle radiazioni non ionizzanti, si distinguono per importanza applicativa, le Extra Low Frequency (ELF), pari a 50-60 Hz (elettrodotti), le Radio Frequency (RF) comprese tra 300 KHz e 300 MHz (impianti di ricetrasmissione radio/TV,ecc.), le Microonde (MO)con frequenze comprese tra 300 MHz e 300 GHz (impianti di telefonia cellulare, ponti radio ecc) e le (UV) Laser ed ultravioletti. Per l'inquinamento elettromagnetico la prima legge organica di settore è la Legge n°36 del 22/02/2001 "Legge Quadro sulla protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". I successivi provvedimenti attuativi, relativi alla protezione della popolazione, fanno riferimento solo ad alcuni intervalli di frequenza e ad alcune sorgenti e riguardano, in particolare,i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra i 100 kHz e 300 GHz., e i campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti (DPCM 8/07/ 2003).

La modellazione territoriale nel controllo e monitoraggio dell'inquinamento ambientale

I controlli dei livelli di inquinamento, nella prevenzione e protezione da agenti fisici, rappresentano le principali attività, o meglio "emergenze" per gli Enti preposti alla tutela ambientale.

In particolare l'inquinamento acustico e l'inquinamento da campi elettromagnetici (sia nel caso delle alte frequenze - RF/MO, che in quello delle basse frequenze - ELF), rappresentano, infatti, le criticità ambientali maggiormente avvertite, e costituiscono certamente le più rilevanti cause di disturbo della qualità della vita, soprattutto nelle aree maggiormente industrializzate.

L'analisi degli effetti prodotti nell'ambiente dall'azione dei sopracitati agenti fisici viene, di norma, effettuata tramite campagne di misure eseguite con specifiche attrezzature (centraline fisse e mobili, fonometri, misuratori di campo) o attraverso software previsionali che interessano invece superfici estese, con possibile studio dell'interazione tra diverse sorgenti in essa presenti.

In quest'ultimo caso, i programmi impiegati permettono di giungere alla redazione di mappe previsionali che rappresentano una "fotografia della diffusione del rumore o dei campi elettromagnetici" a partire dalle sorgenti presenti nell'area oggetto di indagine, così da evidenziare le zone dove si riscontra il superamento dei limiti di inquinamento fissati dalla normativa vigente.

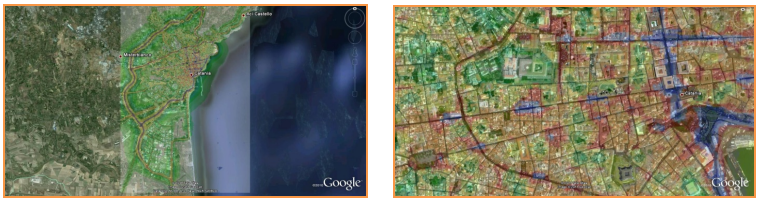


Figura 1. Mappa acustica dell'agglomerato urbano di Catania visualizzata in Google Earth.

Ai fini della simulazione, tali programmi utilizzano come input la caratterizzazione delle sorgenti inquinanti (tipologia, dimensione, posizione, etc.), e da recente anche la modellazione del terreno, e la rappresentazione di tutti gli elementi cartografici, per i quali deve essere definito il comportamento/risposta alla propagazione del suono o dei campi elettromagnetici.

Nel caso dell'acustica i dati di interesse vengono importati e caratterizzati all'interno del software di simulazione, utilizzando anche le misure rilevate in campo. Successivamente ciascuno degli elementi territoriali, con proprie caratteristiche acustiche, presente all'interno dell'area, viene diviso in superfici infinitesime ed idealmente collegato, considerando le molteplici riflessioni e rifrazioni sulle varie superfici, ad ogni punto ricettore ("ray tracing inverso"). Precise indicazioni circa le metodologie di indagine da seguire nella redazione delle mappe acustiche/strategiche sono presenti sia nella Direttiva Comunitaria n° 2002/49/CE, recepita in Italia con il D.lgs. n°194 del 19/08/2005, che nella successiva guida attuativa GPG v2, già richiamata, nella quale vengono date precise indicazioni circa i contenuti dei vari strati informativi, del formato finale dei dati da consegnare, della caratterizzazione delle sorgenti etc.

Per quanto riguarda l'inquinamento elettromagnetico, nei software di simulazione è possibile creare sistemi radianti/trasmittenti con specifici parametri fondamentali (Potenza totale del sistema trasmittente, Tilt, Tipologia di antenne, etc.). Procedendo all'elaborazione per la valutazione dell'impatto elettromagnetico, i programmi calcolano, a partire dalla sorgente, i livelli di campo, i flussi di esposizione, l'energia trasferita e quella assorbita presente nell'area interessata nell'intorno della sorgente, permettendo di rappresentare direttamente sopra il modello orografico oppure lungo piani orizzontali o verticali, la distribuzione dell'energia nello spazio circostante. I moduli di calcolo utilizzano algoritmi basati sul Ray-Tracing adattato per la valutazione dei fenomeni di riflessione, attenuazione e diffrazione dell'energia irradiata.
La presenza di un DTM/DSM dell'area in esame, permetterà quindi di tener conto degli effetti schermanti delle costruzioni o degli elementi territoriali che possono fungere da ostacolo, determinando le relative attenuazioni derivanti dalla permeabilità dei materiali e/o i contestuali effetti di riflessioni/rifrazione. In mancanza di tale modellazione territoriale, si ottengono risultati che possono intendersi cautelativi, determinando in molti casi una possibile sovrastima degli effetti causati dal campo elettromagnetico, ma che certamente non permettono di giungere ad una reale corrispondenza con i livelli misurati in campo. Da quanto esposto si desume che la disponibilità di un DTM/DSM nell'accertamento dell'inquinamento ambientale attraverso i software di simulazione, assume notevole rilevanza, costituendo di fatto un necessario riferimento, in quanto i modelli digitali del terreno utilizzati possono influire in maniera rilevante sui risultati finali ottenuti. Di conseguenza l'utilizzazione di un adeguato modello del terreno si rivela basilare al fine di affrontare efficacemente l'analisi previsionale finalizzata al controllo e monitoraggio dell' ambiente.
Nel presente studio sono stati quindi analizzati i DTM/DSM più diffusi e disponibili, al fine di valutarne la corretta applicazione nei casi di interesse, in base agli attuali standard di precisione richiesti. A tal riguardo, per la produzione dei modelli altimetrici, risultano riferimento certo le "Linee guida Ortoimmagini 1:10.000 e modelli altimetrici" prodotte dal CISIS ed adottate dal Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni. In dette Linee guida il termine DTM indica un modello altimetrico riferito al solo terreno ed è formato da un insieme di punti quotati, disposti a livello planimetrico in modo regolare (secondo un grigliato a passo costante) o irregolare, da breaklines (linee che uniscono i punti del terreno caratterizzati da brusche variazioni di pendenza) e da punti quotati isolati. Diversamente il termine DSM indica un modello altimetrico in cui viene descritta la superficie più alta di edifici, alberi, ed altri oggetti costruiti dall'uomo ed elevati rispetto al terreno, con analoga rappresentazione del DTM. I termini DDEM (Dense DEM) e DDSM (Dense DSM) indicano dei modelli densi che permettono di descrivere la superficie del territorio in modo corretto e completo rispetto a prefissati standard di accuratezza, senza informazioni aggiuntive, ma solo con il seminato di punti.
I punti quotati possono essere disposti in modo irregolare, sotto forma di nuvola di punti o di TIN (Triangulated Irregular Network), cioè collegati mediante una serie continua di triangoli, oppure in modo regolare, cioè disposti ai vertici di una griglia, con spaziatura uniforme (passo di griglia). In generale la quota di un punto viene ottenuta per interpolazione tra punti adiacenti. Un parametro ondamentale per i modelli altimetrici a disposizione regolare è il passo della griglia, in quanto livelli diversi di precisione richiedono differenti distanze tra i nodi della griglia stessa.
I modelli altimetrici sono oggi classificati in otto diversi livelli di accuratezza (tabella 1), al variare delle principali caratteristiche quali la tipologia, il passo, la tolleranza in quota al variare del tipo di copertura ($T_{H(a)in}$ campo aperto, $T_{H(b)}$ con copertura arborea o $T_{H(c)}$ con edifici), la tolleranza planimetrica.

Livello	Tipo	Passo (m)	$T_{H(a)}$ (m)	$T_{H(b)}$ (DEM) (m)	$T_{H(c)}$ (DSM) (m)	T_{EN} (m)
0	DEM, DSM	40-100	30	30	30	20
1	DEM, DSM	20	10	20	10	10
2	DEM, DSM	20	4	½ al.m.al.	5	4
3	DEM, DSM	10	2	½ al.m.al.	3	2
4	DEM, DSM	5	0.60	1.20	0.80	0.60
5	DEM, DSM	2	0.40	0.80	0.54	0.40
6	DDEM, DDSM	1	0.60	1.20	0.80	0.60
7	DDEM, DDSM	0.50	0.30	0.60	0.40	0.30
8	DDEM, DDSM	0.10-0.20	0.20	0.30	0.26	0.20

(al.m.al. = altezza media alberatura)

Tabella 1. I livelli di precisione dei modelli altimetrici.

Nel campo dell'acustica la Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Niose Exposure (GPG v2), raccomanda, specie in ambito urbano, l'impiego di un modello digitale del terreno con *accuracy* di 1,00 m., in grado comunque di descrivere la presenza di trincee e di rilevati in prossimità delle sorgenti sonore. Tale indicazione equivale alla disponibilità di un DEM di livello non inferiore a 4.
Nessuna indicazione sul livello di accuratezza della modellazione territoriale è invece presente nelle vigenti normative attuative sull'inquinamento elettromagnetico.

Applicazioni dei DEM nei software di inquinamento ambientale – Considerazioni conclusive
Nell'ambito del presente lavoro sono stati analizzati i risultati ottenuti utilizzando alcuni dei principali software per le simulazioni di inquinamento ambientale da agenti fisici, su aree significative, di cui è disponibile la relativa modellazione territoriale.
Per l'inquinamento acustico, il software di previsione adoperato è IMMI prodotto dalla Wolfel (Hochberg), in dotazione all'ARPA Sicilia, che permette sia l'importazione di modelli del terreno nei formati predefiniti ASCII e IDG, o la diretta generazione attraverso l'acquisizione di elementi cartografici territoriali mediante le seguenti metodologie di calcolo:

- il Triangular Irregular Networks (TIN), basato su punti quota altimetrici (HOEP) e curve di livello (HOEL), campionati e rappresentati mediante la triangolazione di Delaunay
- il DTM Grid basato su una griglia regolare o irregolare generata nel programma come file ASCII.

Sono state effettuate varie prove facendo riferimento a modelli diversi del terreno, gestibili dagli attuali software di simulazione e che rispettassero i livelli di precisione altimetrica indicati dalla GPGv2, valutandone di volta in volta le relative problematiche operative e confrontandone successivamente la qualità dei risultati ottenuti. Inizialmente sono stati testati, i modelli DTM e DSM ATA 07/08 disponibili recentemente dal SITR della Regione Sicilia. Il DTM ATA0708, è un modello digitale di elevazione di tutto il territorio regionale, realizzato attraverso tecnologia LiDAR, che soddisfa ampiamente le specifiche indicate dalla GPGv.2. L'uso di detta tecnologia ha permesso di ottenere modelli con precisione non inferiore al livello 5 della tab.1, con passo di maglia di 2x2 m , con le seguenti caratteristiche:
- precisione in quota pari a +/- 0,3m, passo di griglia 2m, errore sistematico max +/-0,15 mt;
- precisione planimetrica di punti quotati ed elementi lineari ben definiti: +/- 0,3 mt, in aree con densa vegetazione (copertura arborea > 70%) di +/- 0,6 m.

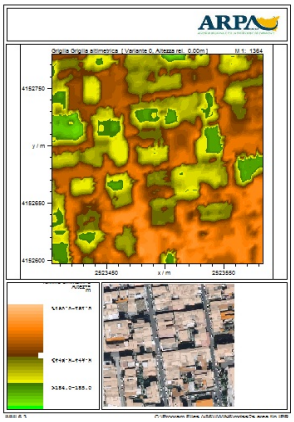
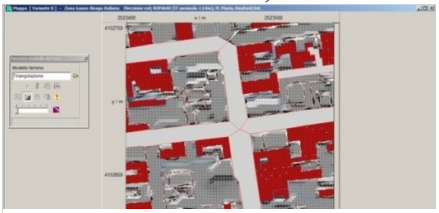


Figura 2. DSM LiDAR ATA importato in IMMI.

Nel caso di utilizzazione come riferimento del DTM, la modellazione dell'edificato e degli elementi di interesse nella valutazione acustica (barriere ecc.) è gestita direttamente dal programma IMMI per estrusione.
La principale problematica riscontrata in fase operativa, sia facendo riferimento al DSM, che al DTM con le estrusioni, è stato il tempo di calcolo impiegato per l'elaborazione delle mappe acustiche di aree vaste, che risulta eccessivo per gli attuali sistemi hardware normalmente disponibili.


Figura 3. DTM TIN realizzato in IMMI.

E' stata quindi utilizzato come riferimento un modello del terreno vettoriale con metodologia TIN, direttamente ottenuto all'interno del software IMMI, importando i punti quotati e le curve di livello delle Carte Tecniche Regionali disponibili, in scala 1:2.000 per le aree urbanizzate. I punti altimetrici (HOEP) e le linee altimetriche (HOEL) elaborate dal programma

previsionale, vengono compattati e trasformati nei nodi corrispondenti ai vertici dei triangoli della rete, che rappresenta la superficie del terreno, che soddisfa in termini di precisione le GPGv.2 .
Anche in questo caso si è utilizzata la modellazione dell'edificato e degli altri elementi di interesse gestita direttamente dal programma IMMI per estrusione.
La principale problematica riscontrata nella procedura descritta è la limitazione imposta, anche nella versione più aggiornata, dal numero massimo di punti da trattare, inclusi i nodi all'interno delle linee altimetriche, che consente di fatto un uso limitato ad aree di modeste estensioni.
Un'ulteriore studio è stato sviluppato, realizzando in ambiente Gis un DTM GRID , utilizzando gli strati informativi che rappresentano l'orografia, la morfologia, le comunicazioni e l'edificato della cartografia numerica a scala 1:2.000 (Cart2000 formato GIS) dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia. In particolare, nella costruzione del modello, tenendo conto delle indicazioni della GPGv.2 (toolkit 11) sono stati utilizzati tutti i "punti quota" in prossimità delle infrastrutture di trasporto, opportunamente interpolati con le linee di "quota terra" dell'edificato, inoltre le aree tra l'edificato e le infrastrutture sono state dettagliate inserendo dove presenti le entità Scarpata (testa/piede), Argine (testa/piede) e l' entità Ponte/Viadotto. E' stato in tal modo realizzato un modello del terreno con una maglia da 2x2 m semplificato, ma con dettaglio adeguato per le analisi acustiche nelle aree critiche (fasce di influenza degli assi viari e ferroviari e intorno aeroportuale), con modellazione dell'edificato e degli altri elementi di interesse sempre gestita direttamente dal programma previsionale. Quest'ultima procedura non crea particolari problematiche nella elaborazione della simulazione anche nelle aree particolarmente vaste.

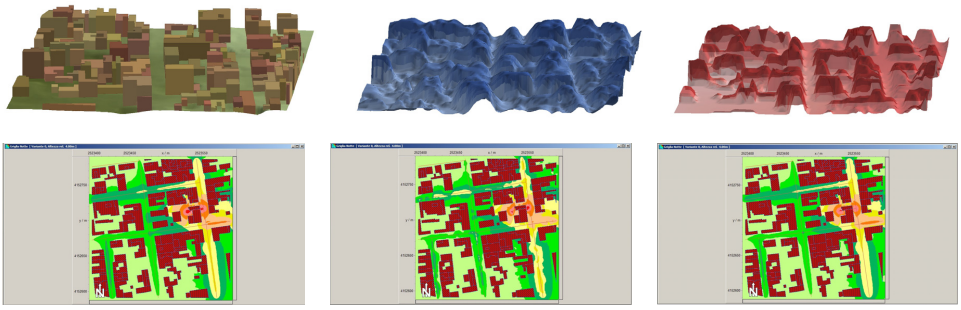


Figura 4. Mappe acustiche realizzate con DTM LiDAR ATA, DSM LiDAR ATA e DTM GRID.

Nella fase successiva di analisi e confronto dei risultati di simulazione ottenuti a partire dalle mappe acustiche elaborate con i diversi modelli territoriali, verificati anche con dati acquisiti direttamente in campo, si riscontrano differenze talvolta sostanziali, che unite alle problematiche sopra evidenziate, consentono conclusioni operative sulla scelta del modello di riferimento, nel rispetto dei limiti delle attuali linee guida, e dei software attualmente disponibili.
In particolare, scartando il modello realizzato all'interno del programma IMMI per i limiti dei dati di imput già richiamati, il modello GRID elaborato in ambiente Gis, utilizzando solo i dati altimetrici in prossimità delle infrastrutture da trasporto e dell'edificato, fornisce risultati coerenti con quanto richiesto dalla normativa Europea 2002/49/CE sul rumore ambientale, limitatamente alle aree trattate e rimane l'unico modello utilizzabile dal programma previsionale in zone particolarmente vaste. I modelli LiDAR sono risultati invece troppo onerosi per il tempo di calcolo necessario nell'elaborazione delle mappature acustiche. Nel caso del DSM utilizzato, le mappe acustiche ottenute nelle aree urbanizzate in prossimità delle infrastrutture di trasporto ,sono risultate anche poco coerenti con le condizioni reali a causa della tipologia dello stesso modello.

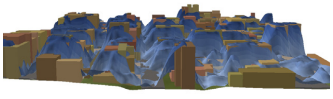


Figura 5. DSM LiDAR ATA con edificato estruso.

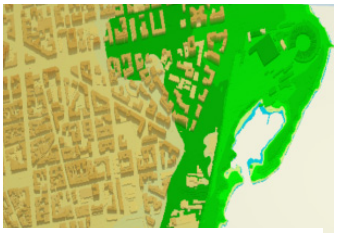


Figura 6. DTM LiDAR con edificato estruso.

Un passo di griglia inferiore avrebbe certamente migliorato tali risultati, ma di contro avrebbe ulteriormente aggravato i tempi di elaborazione con l'hardware oggi normalmente disponibile.
Il modello DTM LiDAR con l'edificato e gli elementi di interesse estrusi, a partire da cartografia a scala 1:2.000, è risultato invece il più coerente nei risultati ottenuti, nella completezza e omogeneità qualitativa e metrica della rappresentazione territoriale. Tale procedura è quindi indicate per aree contenute di notevole interesse ambientale (aeroporti, stazioni ferroviarie ecc.), sempre per le problematiche ampiamente evidenziate sui tempi di elaborazione dei dati LiDAR.
Per le analisi previsionali dell' inquinamento elettromagnetico si richiama,in via preliminare, l'importanza della conoscenza dell'altimetria dell'edificato, per la valutazione dei limiti normativi, per la tipologia delle sorgenti inquinanti (antenne radio, ecc).
I test sono stati effettuati utilizzando il software WinEDT distribuito dalla Vector con il modulo Win ELF per il calcolo del campo di induzione magnetica generato da una o più linee ad alta tensione.(elettrodotti) e con il modulo Vicrem, realizzato sulla base delle indicazioni contenute nella CEI 211-10, per la valutazione dell'intensità del campo elettromagnetico generato da un sistema di N trasmettitori anche non omogenei (trasmettitori di tipo composto per broadcasting).
Il programma è attualmente utilizzato sia per la progettazione radio elettrica dai principali operatori radiotelevisivi e di telefonia fissa e mobile (Vodafone, Telecom Italia, Telecom Italia Mobile, Wind Telecomunicazioni, RAIWAY, RAI, La7, ecc.), sia nel settore della simulazione dell'impatto ambientale per monitorare il livello di campo elettrico e magnetico generato dalle sorgenti radio esistenti ed analizzare le richieste degli Operatori per l'installazione di nuovi sistemi, dalle Agenzie Regionali di Protezione Ambientale (ARPA).
In questo lavoro sono stati analizzati ed utilizzati sia il modulo Vicrem che il modulo ELF, ed in entrambi i casi sono stati testati direttamente come DTM, i modelli urbani matriciali di tipo GRID prodotti dalla stessa Vector comprendenti le quote del suolo e dell'edificato, in quanto gli unici ad essere accettati in fase di input. Questi modelli sono stati generati partendo dai punti quota e dalle curve di livello dalla cartografia tecnica regionale disponibile nella scala 1:2.000 e 1:10.000, aggiungendo l'edificato realizzato per estrusione dalle relative quote di gronda. I modelli così realizzati con un passo di maglia della griglia di 2x2 m per le aree coperta dalla cartografia in scala 1.2.000 e un passo di 4x4 m per le restanti aree, possono essere paragonati come precisione ai livelli 4 e 3.
L'analisi del campo magnetico viene eseguita su sezione orizzontale al suolo, sezione verticale e con il "volume prismatico", in modo da studiare il valore del campo magnetico in corrispondenza dei differenti piani di ciascuno degli edifici interessato dall'inquinamento.

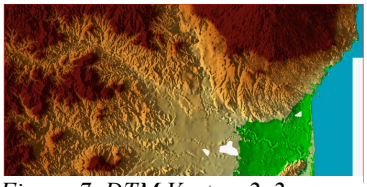


Figura 7. DTM Vector 2x2m.

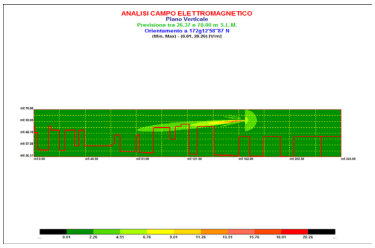


Figura 8. Analisi del campo elettromagnetico su piano verticale

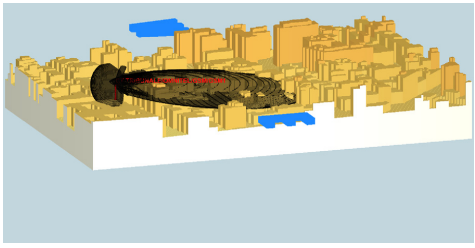


Figura 9. "volume prismatico"del campo elettromagnetico.

Specialmente per le altre frequenze (modulo Vicrem) risulta evidente quindi come il profilo altimetrico dell'edificato riveste un importanza maggiore rispetto al profilo altimetrico del terreno, e pertanto risulta più importante la disponibilità e la qualità del dato di "quota gronda".

Dai risultati ottenuti, pertanto, visibili nella sottostante figura n°10, non rivestendo importanza a livello qualitativo l'accuratezza del DTM, non sono state rilevate notevoli differenze utilizzando il modello con passo di maglia 2x2 m o 4x4 m.

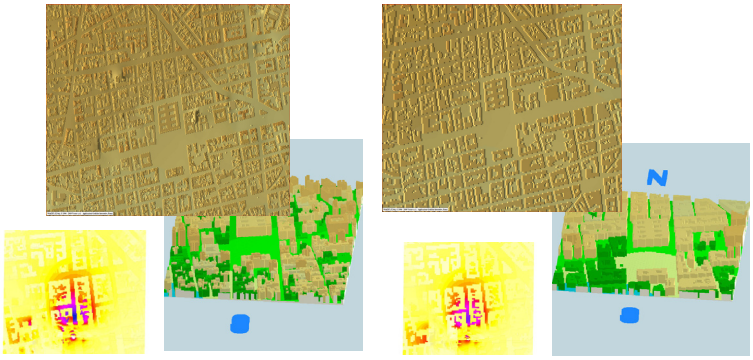


Figura 10. Analisi del campo elettromagnetico su DTM Vector con risoluzione di 2mt e 4 mt.

In conclusione i modelli digitali testati all'interno dei programmi previsionali oggi disponibili ed utilizzati per il monitoraggio e controllo dell'inquinamento dal rumore e dall'elettromagnetismo (DTM e DTS con risoluzione a 2m derivati da rilievo LiDAR o da cartografia tradizionale con risoluzione a 2m e 4m) rivestono certamente notevole importanza ai fini di una corretta valutazione degli effetti generati dagli agenti fisici trattati, ma mostrano limiti di effettivo utilizzo, in special modo in quelli derivati da tecnica LiDAR, se rapportati ad analisi eseguite su aree particolarmente vaste perché difficili da gestire. Per i DEM derivati da cartografia tradizionale si aggiunge anche la mancanza su gran parte del territorio non densamente urbanizzato di dati cartografici ad alta risoluzione in grado di darci informazioni precise specie a livello di quota gronda.

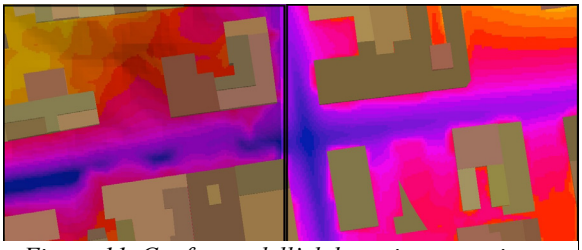


Figura 11. Confronto dell'elaborazione acustico su modello LiDAR DSM e modello Vector con estrusione dell'edificato.

Bibliografia

Casabianca S., Reitano M.C., Puglisi A., Leone M., La mappatura acustica strategica di aree vaste, Il caso dell'agglomerato urbano di Catania, in Atti del Seminario GAA "*La mappatura acustica strategica degli agglomerati urbani nel secondo ciclo di attuazione della Direttiva Europea 2002/49/CE*", Pisa, 2 luglio 2011.

Casabianca S., Leone M., Puglisi A., Reitano M. C. (2010), "*Mappatura acustica da traffico veicolare e ferroviario di un'area campione dell'agglomerato urbano di Catania*", Atti del 37°Convegno Nazionale A.I.A., Siracusa 26-28/05/2010.

Licitra G., Magnoni M., D'Amore G. – ANPA "*Rassegna dei modelli per il rumore, i campi elettromagnetici e la radioattività ambientale*", RTI CTN_AGF. 01, 2001.

Brambilla G., Poggi A., Bojola R., Casini D., Licitra G., *Procedure per la conversione dei dati esistenti sul rumore ambientale nei descrittori previsti dalla Direttiva Europea 2002/49/CE, CTN_AGF-T-LGU-05, 2005.*

Il progetto NEWFOR - NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization

Emanuele Lingua (*), Marco Pellegrini (*), Francesco Pirotti (*), Stefano Grigolato (*), Matteo Garbarino (**), Renzo Motta (**), Bruna Comini (***), Alessandro Wolynski (****)

(*) Dipartimento TeSAF, Università di Padova, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD), Tel. 049 8272711, Fax 049 8272713, emanuele.lingua@unipd.it, marco.pellegrini@unipd.it, francesco.pirotti@unipd.it, stefano.grigolato@unipd.it
(**) Dipartimento DISAFA, Università di Torino, Via L. da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO), Tel. 011 6705535, Fax 011 6705556, matteo.garbarino@unito.it, renzo.motta@unito.it
(***) ERSAF, Valorizzazione della biodiversità e servizi al sistema agro-forestali, Via Oliva 32, 25084 Gargnano (BS), Tel. 02 67404 479, Fax 02 67404499, bruna.comini@ersaf.lombardia.it
(****) Ufficio Pianificazione e selvicoltura, Servizio Foreste e Fauna, Provincia Autonoma di Trento, Via GB Trener 3, 38100 Trento, Tel. 0461 495987, Fax 0461 495957, alessandro.wolynski@provincia.tn.it

Riassunto
Il progetto NEWFOR (*NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization*) è un progetto di ricerca finanziato nell'ambito del programma Spazio Alpino. Il progetto riunisce 14 istituti appartenenti ai 6 paesi dell'arco alpino, con l'obbiettivo di sviluppare l'impiego di nuove tecnologie a supporto della gestione forestale e della pianificazione delle utilizzazioni boschive e di favorire la divulgazione e la condivisione delle conoscenze tra i Paesi dell'arco alpino. Tra gli obiettivi del progetto vi è la creazione di strumenti di pianificazione orientati al miglioramento della conoscenza delle risorse forestali e della loro gestione sostenibile utilizzando come supporto nuove tecnologie di telerilevamento (LiDAR e ortofoto ad alta risoluzione). Il progetto è partito nel settembre 2011 e si concluderà ad Agosto 2014. Nel contributo si presenta la struttura del progetto e l'area di studio localizzata in Veneto (Altopiano di Asiago, VI).

Abstract
NEWFOR (NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization) is a research project funded by the Alpine Space Programme. It brings together 14 institutes from 6 countries of the alpine space with the aim of improving forest timber evaluation and mobilisation. The project considers the whole wood supply chain, from forests to wood yards, with a particular emphasis on new remote sensing technologies (LiDAR, high resolution orthophotos) and geographical information systems. The project has begun in September 2011 for a 3 years duration. The paper shows the structure of the project and present the test site located in the Veneto Region (Altopiano di Asiago, VI).

Introduzione

Le foreste nei territori montani svolgono diverse funzioni nei confronti della società e degli abitanti dell'arco alpino. Il loro contributo alla stabilità e allo sviluppo complessivo delle popolazioni e dell'economia nelle aree montane è da sempre fondamentale. Molte di queste funzioni vengono garantite e massimizzate attraverso la gestione forestale che si ispira ai principi propri della sostenibilità. Principalmente a causa delle condizioni topografiche (pendenza ed accidentalità dei siti), la gestione delle foreste montane è però molto più onerosa rispetto a quelle di pianura. Una conoscenza più accurata della localizzazione e della quantificazione della biomassa legnosa, delle sue caratteristiche qualitative, delle condizioni della sua accessibilità e possibilità di mobilitazione,

e delle connessioni con l'industria del legno è un prerequisito indispensabile alla pianificazione e allo sviluppo di una filiera sostenibile nei territori montani (Lingua et al. 2012). Attualmente queste informazioni mancano o sono insufficienti, e spesso il loro reperimento attraverso rilievi a terra non è economicamente sostenibile. Nuovi strumenti di acquisizione sono però ora disponibili e permettono di ottenere un gran numero di informazioni per grandi superfici allo stesso momento. Per l'analisi dei popolamenti forestali sta prendendo sempre più piede l'utilizzo della tecnologia LiDAR (*light detection and ranging*), sia da *laser scanner* terrestre che aviotrasportato (Pirotti et al. 2011; Pirotti et al. 2012). Questo nuovo strumento, che rispetto alle classiche ortofoto o alle immagini satellitari si differenzia per essere un sensore attivo, permette di ottenere informazioni sia sulla superficie del suolo (DEM – *Digital Elevation Model*) che sulla superficie della copertura forestale soprastante (DCM - *Digital Canopy Model*) e per differenza individuare l'altezza delle piante (CHM – *Canopy Height Model*). I dati LiDAR sono stati fino ad ora impiegati per la valutazione della provvigione forestale e l'individuazione della posizione di singoli alberi (Corona et al., 2012; Pirotti et al., 2012), la determinazione del carico di combustibile (Erdody, Moskal, 2010), il riconoscimento delle diverse forme morfologiche dei versanti e degli alvei fluviali e torrentizi (Tarolli 2009), l'identificazione di habitat forestali (Garcıa-Feced et al., 2011) la localizzazione e l'estrazione della viabilità forestale (White et al., 2010). Nuove applicazioni di questa tecnologia si aggiungono man mano che cresce la disponibilità di nuovi dati e strumenti (software e nuovi algoritmi di classificazione ed elaborazione). Spesso i rilievi laser scanner vengono commissionati per finalità diverse dalla gestione forestale, spesso legate alla sicurezza e alla prevenzione e previsione dei pericoli naturali (es. frane, alluvioni) o all'urbanistica, ma possono poi con successo (anche se a volte con qualche limitazione legata alla risoluzione del dato o al periodo di acquisizione) essere utilizzati come supporto alla pianificazione forestale.
In questo contesto generale il progetto NEWFOR (*NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization*) si prefigge di incoraggiare e sviluppare l'impiego di nuove tecnologie a supporto della gestione forestale e della pianificazione delle utilizzazioni boschive e di favorire la divulgazione e la condivisione delle conoscenze sull'uso delle nuove tecnologie tra i Paesi dell'arco alpino. Il progetto è finanziato nell'ambito del programma Spazio Alpino 2007-2013, che è parte dell'Obiettivo della Politica regionale 2007-2013 sezione "Cooperazione Territoriale Europea" e, assieme ad altri 13 Programmi, contribuisce al miglioramento della cooperazione tra le regioni europee (www.spazio-alpino.it). Il Programma Spazio Alpino interessa un'area di quasi 450.000 km^2 e una popolazione di circa 70 milioni di abitanti. L'area comprende tutto l'arco alpino e le circostanti zone collinari e di pianura.
Obiettivo generale del Programma è aumentare la competitività e l'attrattività dell'area di cooperazione attraverso lo sviluppo di azioni comuni frutto della cooperazione transnazionale.
Il Programma coinvolge attori chiave della cooperazione e sviluppa "azioni comuni per soluzioni comuni" in ambito di temi specifici riassunti dalle 3 priorità del Programma: competitività e attrattività, accessibilità e connettività, ambiente e prevenzione dei rischi (Regione Lombardia 2009).

Il progetto NEWFOR
Il progetto coinvolge 14 *partners* appartenenti a 6 Paesi dell'arco alpino (Figura 1). Sono rappresentati sia enti di ricerca e università che enti territoriali di Francia (2), Svizzera (1), Austria (4), Germania (1), Slovenia (2), ed Italia (4). Si articola in 8 WPs (*Working Packages*), di cui 3 relativi alla gestione del progetto (WP1-3) e 5 relativi alle diverse tematiche di ricerca da affrontare per raggiungere gli obiettivi previsti dal progetto.
Il WP4 è relativo all'analisi delle risorse forestali attraverso l'utilizzo di tecnologia LiDAR integrata con ortofoto di precisione. L'utilizzo di queste metodologie potrebbe fornire una accurata valutazione della provvigione legnosa riducendo il ricorso a rilievi a terra, estremamente onerosi in ambienti montani. All'interno di questo WP inoltre si raccoglieranno le informazioni su tutte le coperture LiDAR già disponibili per l'area dello Spazio Alpino e si analizzeranno le loro

caratteristiche e le finalità di acquisizione, con particolare riferimento alle eventuali applicazioni forestali.

ID Partner	Descrizione	Nazione	Ruolo
IRSTEA	National research institute of science and technology for environment and agriculture, Grenoble regional center, Mountain Ecosystem Research Unit	Francia	Project Leader WP1-3 Leader
TORG	Office of the Tyrolean Regional Government – Tyrolean Forest Service	Austria	
BFW	Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape Department of Natural Hazards and Alpine Timberline	Austria	WP7 Leader
Stand Montafon	Stand Montafon - Forstfonds	Austria	
ERSAF	Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - ERSAF Lombardia	Italia	
PAT-SFF	Provincia Autonoma di Trento Servizio Foreste e Fauna	Italia	
FCBA	Technological institute for Forestry, Cellulose, Construction Timber and Furniture	Francia	WP6 Leader
SFI	Slovenian Forest Institute	Slovenia	
LWF	Bavarian Forest Institute Department Forest Management	Germania	WP5 Leader
UNITO	Università degli Studi di Torino Dip. DISAFA	Italia	
TeSAF	Università degli Studi di Padova Dip. TeSAF	Italia	WP8 Leader
TU-WIEN IPF	Vienna Univ. of Technology Institute of Photogrammetry and Remote Sensing	Austria	WP4 Leader
SFS	Slovenian Forest Service	Slovenia	
WSL	Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research	Svizzera	

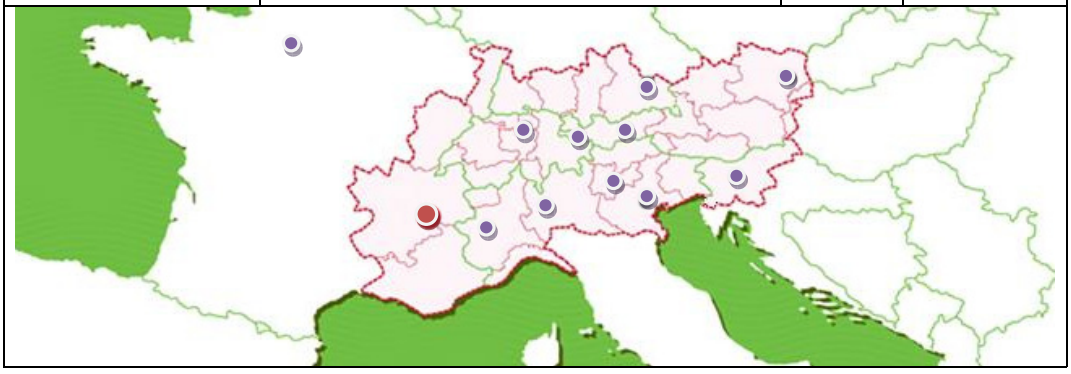


Figura 1. Elenco dei partner del progetto e loro localizzazione nell'ambito dello Spazio Alpino (modificato da www.alpine-space.eu).

Il WP5 è invece finalizzato all'analisi dell'accessibilità della risorsa forestale, cioè alle possibilità di accesso alla biomassa legnosa individuata nel WP precedente. Nella valutazione dell'accessibilità concorrono principalmente 2 elementi; da un lato và considerata la presenza e le caratteristiche della viabilità forestale mentre dall'altro deve essere analizzata la configurazione della rete come supporto alle tecniche di esbosco utilizzate. In questo senso nelle aree montane le condizioni topografiche (pendenza, accidentalità) spesso rappresentano il principale limite sia tecnico che economico alla razionale esecuzione delle utilizzazioni forestali. All'interno di questo contesto un primo ambito di applicazione riguarderà l'utilizzo di dati derivati da LiDAR (nello specifico modelli digitali del terreno ad alta definizione) all'interno di algoritmi implementati in ambiente GIS, per la valutazione dell'accessibilità delle risorse forestali fornendo informazioni sul tipo esbosco possibile. Inoltre l'utilizzo di dati LiDAR in ambito forestale si presta alla identificazione e alla caratterizzazione della viabilità forestale (Pirotti et al., 2012). Come verificato da White et al.(2010) la caratterizzazione della viabilità in termini di pendenza e larghezza è possibile con un errore non significativo. Per tale motivo un secondo ambito applicativo riguarderà lo sviluppo di metodologie per l'estrazione della viabilità forestale, andando a stimare l'errore in relazione alla densità e la tipologia del soprassuolo sovrastante le strade analizzate, nonché in relazione alla morfologia del terreno (in particolare la pendenza del versante e l'accidentalità del terreno).
Saranno quindi verificate le precisioni nella determinazione del profilo trasversale della viabilità forestale principale al fine di stimare l'errore nell'impiego dei modelli digitali de terreno nella quantificazione dei volumi di scavo e riporto così come proposto da Aruga et al. (2005) con la differenza che il dato LiDAR si basa su impulso *full wave form*.
La verifica della precisione dei dati e delle possibili analisi derivabili renderà successivamente possibile lo sviluppo in ambiente GIS di modelli a supporto della pianificazione di interventi di miglioramento delle viabilità volti a favorire l'impiego di tecnologie innovative di esbosco e di sistemi di trasporto su strada con maggiore capacità di carico.
Nell'ambito di questo WP verrà inoltre fatta un'analisi sullo stato attuale delle tecnologie impiegate nelle utilizzazioni forestali nell'arco alpino.
Il WP6 si occupa della connettività foresta – industrie di prima trasformazione, cioè una volta che si sono individuate le risorse legnose disponibili, viene analizzata l'organizzazione della logistica dall'imposto fino al piazzale di prima trasformazione. Uno degli output di questo WP è l'ottimizzazione della viabilità forestale, sia in termini di densità che di qualità, che può essere implementata nella pianificazione forestale grazie all'utilizzo di nuove tecnologie quali la Network Analysis e l'utilizzo di strumenti di navigazione montati sui mezzi di trasporto.
Il WP7 si occupa della valutazione costi-benefici delle varie strategie individuate per il raggiungimento di una gestione sostenibile. Nei WPs precedenti sono state individuate metodologie per l'individuazione delle risorse forestali, per la valutazione e ottimizzazione della loro accessibilità e connettività con l'industria del legno. Per la scelta della strategia ottimale bisogna quindi considerare l'intera filiera anche dal punto di vista economico, valutando i costi e i benefici di ogni possibile alternativa.
Il WP8 è l'ultimo WP che funge da collettore di informazioni dei WP precedenti delineando una pianificazione e strategia logistica basata su diverse condizioni tecniche ed economiche che forniranno un supporto alle decisioni per i gestori forestali e per i decisori politici. Compito di questo WP sarà inoltre la divulgazione dei risultati del progetto.
Le attività del progetto NEWFOR verranno implementate in numerosi *test sites* distribuiti nei territori di competenza dei singoli partner di progetto. In queste aree verranno effettuate attività comuni, applicando stesse metodologie e strumenti, sia su dati già disponibili che su dati acquisiti specificatamente nell'ambito del progetto. Le metodologie individuate dai diversi WPs verranno testate e presentate agli *stakeholders* all'interno dei vari *test site*.

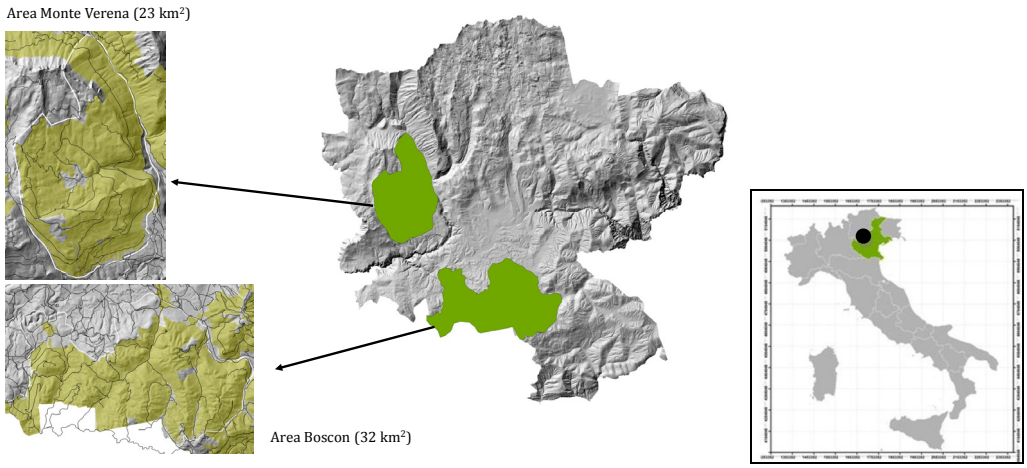


Figura 2. Localizzazione test site di competenza del partner TeSAF sull'altopiano di Asiago (VI).

Area pilota in Veneto

Il gruppo di ricerca dell'Università di Padova ha individuato nelle formazioni forestali dell'Altopiano di Asiago (VI) il sito ideale per sviluppare le finalità del progetto (Figura 1). Il *test site* di competenza è localizzato nella parte sud occidentale dell'altopiano ed è caratterizzato da due zone disgiunte (Figura 2). L'area di dimensioni maggiori, circa 32 km^2, detta "Boscon" è caratterizzata da popolamenti di abete rosso (*Picea abies* (L.)Karst.) (in parte rimboschimenti effettuati dopo la prima Guerra mondiale), abete bianco (*Abies alba* Mill.) e faggio (*Fagus sylvatica* L.), sia in purezza che in formazioni miste. L'area del Verena, di dimensioni inferiori (23 km^2), è caratterizzata per la quasi totalità da abieteti e peccete, con meno del 10% della superficie rappresentata da faggete e un nucleo di larice (*Larix decidua* Mill.). La variabilità strutturale riscontrabile (da popolamenti maturi e coetaneiformi, a situazioni pluristratificate e disetanee, fino a boschi governati a ceduo) rende l'area particolarmente adatta allo sviluppo di metodologie diverse su base LiDAR per la valutazione dei parametri strutturali dei popolamenti.

Entrambe le zone sono quasi interamente classificate come foreste produttive dai relativi piani di assestamento e sono costantemente utilizzate. Le tecnologie presenti per la fase di utilizzazione rispecchiano la variabilità delle caratteristiche morfologiche del terreno, essendo utilizzati nell'area sia macchinari di grosse dimensioni (*harvester, forwarder*) nelle aree più accessibili, che metodi tradizionali (trattore e verricello) che gru a cavo nelle aree con pendenze più accentuate.

La dotazione di viabilità forestale è da considerarsi buona per quanto riguarda l'estensione (densità media: Verena = ca 35 m ha^{-1}; Boscon= ca 22 m ha^{-1}), mentre problematiche sembrano sorgere considerando le sue caratteristiche (possibilità di adattamento a macchinari di dimensioni maggiori) e le sue condizioni. Le informazioni relative alla presenza di viabilità all'interno delle aree, alle sue caratteristiche e allo stato di manutenzione sono state rilevate interamente nell'estate del 2011 (Pellegrini, 2012).

All'interno dell'area "Boscon" sono comprese due particelle forestali (D116 e D117) destinate "a riserva forestale integrale, per cui non sono previsti interventi sul soprassuolo forestale", per un totale di circa 17 ha. Nel 2009 all'interno di questa riserva è stata realizzata un'area di monitoraggio di lungo periodo della dimensione di 1 ha (100 m x100 m), all'interno della quale ogni albero è stato identificato in modo permanente (ID numerico su targhetta plastificata), mappato, e diversi parametri dendrometrici sono stati rilevati (diametro a petto d'uomo, altezza, dimensioni della chioma). L'osservazione ed il monitoraggio delle evoluzioni future nelle foreste di montagna in aree permanenti sono punti fondamentali da implementare (Kräuchi et al., 2000) nell'ottica di definire

una migliore gestione di questi ecosistemi. La presenza dell'area di monitoraggio permanente all'interno del *test site* rappresenta un'ottima opportunità per verificare i dati telerilevati con quelli misurati a terra ed inoltre il volo lidar permetterà di ottenere informazioni dettagliate ed aggiornate su tutta l'area della riserva. Un ulteriore elemento di interesse all'interno dell'area è dato dalla presenza di un area pari a 65 ha (Figura 3) già interessata da rilievo LiDAR (sia ALS che TLS) nel 2007 che renderà possibili anche valutazioni sull'affidabilità del dato nella valutazione degli incrementi di provvigione.

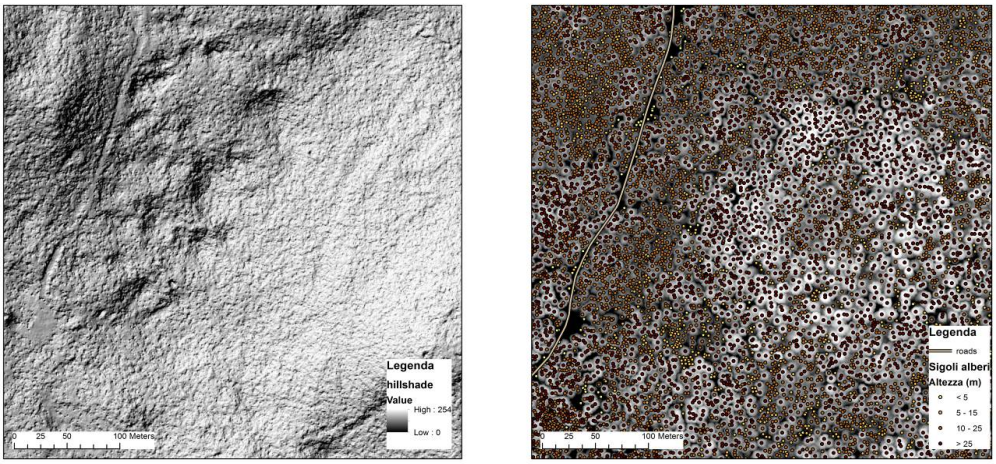


Figura 3. Modello digitale del terreno e singoli alberi estratti dal volo LiDAR effettuato nel 2007.

Il nuovo rilievo LiDAR è stato effettuato all'inizio dell'estate e si sta procedendo all'analisi dei dati *full wave form* e ai rilievi in campo delle verità a terra.
Nell'ambito del progetto verrà inoltre predisposto un WebGIS in cui verranno resi pubblici i risultati e l'avanzamento dei lavori.
All'indirizzo www.newfor.fr sono reperibili tutte le informazioni relative al progetto NEWFOR, i vari *test sites*, le attività svolte e i risultati che man mano si raggiungeranno. Il progetto terminerà ad Agosto 2014.

Riferimenti bibliografici

Aruga K, Sessions J, Akay AE. (2005), "Application of an airborne laser scanner to forest road design with accurate earthwork volumes". *Journal of Forest Research*, 10: 113–123.
Corona P, Cartisano R, Salvati R, Chirici G, Floris A, Di Martino P, Marchetti M, Scrinzi G, Clemente F, Travaglini D, Torresan C. (2012), "Airborne Laser Scanning to support forest resource management under alpine, temperate and Mediterranean environments in Italy". *European Journal of Remote Sensing*, 45: 27-37.
Erdody T, Moskal LM. (2010), "Fusion of LiDAR and imagery for estimating forest canopy fuels". *Remote Sensing for Environment*, 114: 725-737.
Garcıa-Feced C, Tempel DJ, Kelly M. (2011). "LiDAR as a tool to characterize wildlife habitat: California Spotted Owl nesting habitat as an example". Journal of Forestry, 108:436-443
Kräuchi N., Brang P., Schonenberger W. (2000), "Forests of mountainous regions: gaps in knowledge and research needs", *Forest Ecology and Management*, 132:73-82.
Lingua E, Grigolato S, Pirotti F, Ginzler C, Hollaus M, Monnet JM, Berger F. (2012), "NEWFOR – Un progetto europeo dove il LiDAR è protagonista". *Sherwood. Foreste ed alberi oggi*, 181: 21-24.

Pellegrini M. (2012), *Support tools for planning and management of a forest road network*. Ph.D dissertation. Supervisor Cavalli R. Land, Environment, Agriculture and Forestry Department, University of Padua. 137 p.
Pirotti F, Grigolato S, Lingua E, Sitzia T, Tarolli P. (2010), "Applicazioni laser scanner per l'ambiente forestale". Atti 14ª Conferenza Nazionale Asita, 1485-1490
Pirotti F, Grigolato S, Lingua E, Sitzia T, Tarolli P. (2012), "Laser Scanner Applications in Forest and Environmental Sciences". *Italian Journal of Remote Sensing*, 44: 109-123.
Regione Lombardia (2009), *Obiettivo "Cooperazione Territoriale Europea", Programma Spazio alpino 2007-2013, Analisi di medio periodo della partecipazione italiana*, Regione Lombardia – DG Territorio e Urbanistica, Milano.
Tarolli P. (2009), "Identificazione della rete idrografica. Importanza dell'informazione topografica di dettaglio in ambiente alpino". *Sherwood. Foreste ed alberi oggi*, 156: 43-47.
White RA, Dietterick BC, Mastin T, Strohman R. (2010), "Forest roads mapped using LiDAR in steep forested terrain". *Remote Sensing* , 2: 1120-1141.
www.alpine-space.eu
www.newfor.fr
www.spazio-alpino.it

Un modello di rilievo integrato come piattaforma di prefigurazione e controllo delle trasformazioni del territorio. Il progetto di ripristino dell'Aviosuperficie di Piano Tardo (EN)

Mariangela Liuzzo (*), Salvatore Savarino (**)

(*) Università di Enna "Kore", Cittadella Universitaria, 94100 Enna, mariangela.liuzzo@unikore.it
(**) Università di Enna "Kore", Cittadella Universitaria, 94100 Enna, salvo.savarino@libero.it

Riassunto

Ogni atto di trasformazione del territorio è azione complessa, che deve tener conto di molteplici parametri interagenti, legati alle istanze economiche e funzionali, alle normative, alle preesistenze e interferenze antropiche e naturali, ai caratteri del *topos*, con le sue potenzialità e criticità. Con la responsabilità di determinare, a volte irreversibilmente, i destini di un luogo, il processo progettuale deve essere affrontato con gli strumenti più sensibili e affinati, in grado di leggere e interrogare il sito nelle sue specificità e innescare un processo osmotico di travaso di informazioni, indispensabili per la verifica della congruità delle congetture con le preesistenze antropiche e ambientali.

Il presente lavoro vuole porre l'attenzione sulle strategie conoscitive messe in atto per il progetto di ripristino di un'aviosuperficie in località Piano Tardo (EN), voluta in sinergia dall'Università di Enna "Kore" e dal Dipartimento Foreste Demaniali della Regione Siciliana, con scopi di Protezione Civile nonché di formazione e servizio funzionali alle attività universitarie. L'area designata, ricadente su terreno demaniale e già adibita ad aeroporto militare, durante la II guerra mondiale, risulta oggi interessata da alcune interferenze infrastrutturali e da un irregolare soprassuolo boschivo.

La volontà di impostare il progetto in maniera da ridurre al minimo l'impatto con il luogo e le preesistenze ha reso necessario predisporre un'accurata campagna di rilevamento, integrando tecnologie laser scanning 3d e GPS, in grado di segnalare, oltre che l'andamento plano-altimetrico, anche le interferenze infrastrutturali, sotterranee ed aeree, e la consistenza quantitativa e qualitativa della vegetazione coinvolta. l modello virtuale così ottenuto è divenuto il 'luogo del progetto', una 'griglia', tridimensionale e georeferenziata, su cui sono state impostate le letture dei vari tematismi, lo strumento comune di dialogo con tutti gli enti coinvolti e, soprattutto, la piattaforma di verifica e legittimazione, *step by step*, delle varie ipotesi di affinamento progettuale.

Abstract

Every action of transforming the territory is a complex procedure, which must take account of multiple interacting parameters, tied to economic and functional matters, to legislation, to anthropic and natural existing phenomena and interferences, to the nature of the *topos*, with its potential and critical issues. With the responsibility of determining, at times irreversibly, the destiny of a place, the design process should be tackled with highly sensitive and finely-tuned tools. These must be able to interpret and examine the site with its specific qualities and trigger an osmotic process of filtering information, indispensable for the verification of the coherence of eventual projects with existing anthropic and environmental features.

This work seeks to focus on fact-finding strategies implemented for the restoration project of an airfield in the Piano Tardo (EN) district, in synergy with the University of Enna "Kore" and Sicilian Region Forestry Department, for both Civil Protection purposes as well as providing educational and service uses for university activities. The designated area, lying within state property land and

formerly used as a military airport during World War II, is at present affected by some infrastructural interferences and irregular woodland vegetation.
The aspiration to devise the project in a way to reduce the impact on the place and the pre-existences to the minimum, has made it necessary to prepare an accurate survey campaign, integrating 3d laser scanning and GPS technologies, able to indicate, in addition to the plano-altimetric trend, also the infrastructural interferences, underground and aerial, and the quantitative and qualitative consistency of the vegetation involved. The virtual model thus obtained has become the 'place of the project', a three-dimensional and georeferenced 'grid', on which the readings of several themes have been configured. This represents the mutual instrument for dialogue with all the agencies involved and, above all, the platform for step by step verification and legitimization of the various hypotheses of fine-tuning the project.

Introduzione *(M. Liuzzo)*
Conoscere un luogo rappresenta da sempre uno dei compiti più difficili di colui che progetta e *"implica la consapevolezza della complessità delle relazioni che governano natura e spazialità e la conseguente difficoltà di individuare i segni in grado di esplicitare le sensazioni materiali ed immateriali percepite e trasmesse"* (Valenti, 2008).
Ogni atto di trasformazione del territorio, per quanto puntuale, è, infatti, azione complessa, che deve tener conto di molteplici parametri interagenti, a volte interferenti, legati alle istanze economiche e funzionali, alle normative, alle preesistenze antropiche e naturali, ai caratteri singolari e mutevoli del *topos.*
"Parlare di 'Materiali del Territorio' è un modo forse improprio per esprimere la necessità di presentare un territorio, o meglio una porzione dimensionalmente interessante di esso, con lo scopo di organizzare e comunicare i dati di conoscenza necessari, per progettare e programmare le possibili trasformazioni e per poter sufficientemente controllare gli esiti e le proposte avanzate" (Borrelli, 1996).
Con la responsabilità di determinare, a volte irreversibilmente, i destini di un luogo, il processo progettuale deve, dunque, essere affrontato con gli strumenti analitici più sensibili e affinati, in grado di leggere e interrogare il sito nelle sue specificità, potenzialità e criticità, per innescare un processo osmotico di travaso di informazioni, indispensabili per la verifica della congruità delle congetture con le preesistenze antropiche e ambientali.
Si tratta di mettere a punto, di volta in volta, procedure mirate che, incentivando l'acquisizione e la condivisione di strumenti di conoscenza e verifica multicriteriale, divengano armi efficaci di comprensione e progressivo sviluppo di un rapporto autentico e dinamico con il territorio.
La riflessione investe in pieno gli ambiti del rilievo e della rappresentazione, ai quali è richiesto di affrontare la delicata fase indagativa atta a raggiungere una comprensione articolata del sito, della geografia e della natura, e la lettura puntuale dei segni dell'ecologia; con la consapevolezza, sempre più chiara, di quanto tutto ciò incida profondamente sulla possibilità di articolare il sapere progettuale in un linguaggio flessibile ed edotto e di tradurre i caratteri identitari secondo scenari sostenibili.
In particolare "*alla rappresentazione non può essere associata … solo una connotazione descrittiva o comunicativa: essa invece partecipa al mondo delle idee di architettura, alla sua progettazione, prima che alla sua realizzazione*" (Giordano, 2006).
Lungi dall'essere, dunque, solo 'mezzi' – peraltro afferenti a tempi e competenze distinte - gli strumenti di rilievo, analisi e progetto messi in campo hanno tra loro un pregnante legame e una comune responsabilità nel determinare complessivamente la qualità della soluzione progettata, nonché l'ulteriore ruolo – fondamentale negli iter progettuali più complessi – di consentire la trasmissione e condivisone, chiara, veloce ed efficace, delle varie fasi focali progettuali/autorizzative con gli enti preposti al controllo dell'uso e delle trasformazioni del territorio.

Il progetto di ripristino funzionale dell'Aviosuperficie di Piano Tardo *(M. Liuzzo)*
Come stabilito dalla Conferenza Internazionale sulla Conservazione di Cracovia (2000), "*ciascuna comunità, attraverso la propria memoria collettiva e la consapevolezza del proprio passato, è responsabile della identificazione e della gestione del proprio patrimonio architettonico, urbano e paesaggistico*".
Una ricerca compiuta dalla Facoltà di Ingegneria Architettura e delle Scienze Motorie della Università di Enna "Kore" ha consentito di rinvenire, nei pressi del centro abitato di Enna, i luoghi di un piccolo aeroporto militare tedesco operativo durante la II Guerra Mondiale, le cui tracce perdute erano ancora vive nella memoria degli abitanti della zona, che ricordavano il movimento aereo e le attività belliche.
Il rinvenimento fisico delle tracce di tali piste di volo, ancora chiaramente visibili sulle ortofoto della zona del pianoro di Piano Tardo – dove si evidenziano due lunghe strisce rettilinee libere da ostacoli e favorevolmente orientate rispetto alla direzione dominante dei venti – ha indotto l'Università a verificare l'effettiva fattibilità di un ripristino funzionale dell'aviosuperficie. L'area ricade in un terreno demaniale a brevissima distanza dalla sede dell'Università, dunque logisticamente adatto ad essere adibito a scopi di Protezione Civile (ad uso di *canadair* e di elicotteri per il servizio antiincendio) nonché alla formazione e ai servizi funzionali alle attività dell'Ateneo, in particolare del Corso di Laurea in "Ingegneria Aerospaziale e delle Infrastrutture Aeronautiche".
Compresa la grande opportunità sia per il territorio sia per l'Ateneo ennese, che ha portato alla firma di un protocollo di intesa tra Università Kore e Dipartimento Regionale Azienda Foreste Demaniali di Palermo, sono state avviate in sinergia le attività di progettazione delle opere necessarie al ripristino dell' "Aviosuperficie di Piano Tardo".
Il progetto[1], redatto ai sensi del DM delle Infrastrutture e dei Trasporti del febbraio 2006 e approvato dall' ENAC nel dicembre 2012, prevede – nel massimo rispetto delle caratteristiche del luogo designato, parzialmente interessato da alcune interferenze infrastrutturali e da un irregolare soprassuolo boschivo – la realizzazione di un'unica pista larga 20 m, con fasce di rispetto laterali di 15 metri, orientamento 07/25, da realizzarsi in due fasi: la prima caratterizzata da una *runway* di 750 m, la seconda con un prolungamento della pista sino ad una lunghezza complessiva di 1150 m, da realizzarsi dopo che la SNAM avrà completato le opere e le procedure per consentire alla pista l'attraversamento trasversale di un breve tratto vincolato dalla presenza di un gasdotto.



Figura 1. L'area di progetto dell'Aviosuperficie di Piano Tardo, con indicazione del tracciato della pista.

[1] Il progetto è stato redatto all'interno della Facoltà di Ingegneria Architettura e Scienze Motorie dell'Università di Enna Kore, dal Preside, prof Giovanni Tesoriere, in qualità di responsabile, dal prof. Andrea Alaimo, dalla prof.ssa Mariangela Liuzzo e dall'ing. Tiziana Campisi.

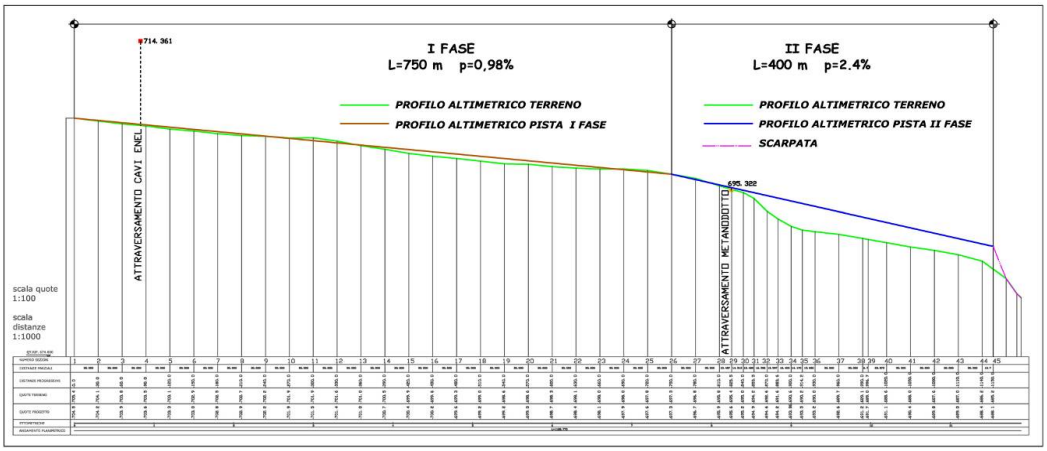


Figura 2. Profilo altimetrico longitudinale dello stato di fatto e di progetto, con indicazione delle principali interferenze e delle pendenze nelle due fasi di realizzazione della pista.

L'aviosuperficie verrà dotata di un'area per il parcheggio degli aeromobili e di una destinata al movimento degli elicotteri, nonché di un Hangar e di una struttura per servizi, di tipo prefabbricato, al fine di ridurre al minimo le opere fisse e l'impatto con l'ambiente agricolo circostante.
Le caratteristiche orografiche del terreno si prestano mirabilmente ad accogliere l'aviosuperficie, classificata come AnpS (aviosuperficie non in pendenza munita di segnaletica), consentendo, infatti, di mantenere una pendenza longitudinale dello 0.98%, nel primo tratto e del 2.4% nel secondo, e una trasversale, ad un'unica falda, inferiore al 2%. Tale profilo rende necessario nessun tipo di movimento di terra per i primi 850 m di pista, una leggera modifica della pendenza – con riempimento con materiale di riporto del terreno naturale variabile da 1,00 a 2,50 m – per la parte terminale, e la posa di un semplice manto antipolvere, secondo la normativa vigente, atta a ridurre la pendenza longitudinale senza opere d'arte di contenimento.
La scelta di riposizionare la pista lungo una strada già esistente all'interno dell'area consente, inoltre, di sfruttare una parte di terreno già sgombro da alberature, limitando la fascia di irregolare soprassuolo boschivo[2] che dovrà essere rimossa per adeguare alla normativa di riferimento le superfici libere da ostacoli onde consentire l'operatività in sicurezza. In tal modo, è stato possibile assicurare una valutazione positiva degli impatti dell'intervento sul territorio, in quanto le trasformazioni progettate non determinano alcun cambio della morfologia dei luoghi, o modifica dello skyline, né determinano alcuna alterazione sostanziale dell'assetto percettivo esistente, dato che anche il modesto sfoltimento della compagine vegetale esistente si mimetizza raccordandosi naturalmente con le numerose essenze circostanti non coinvolte dalla realizzazione dell'intervento.

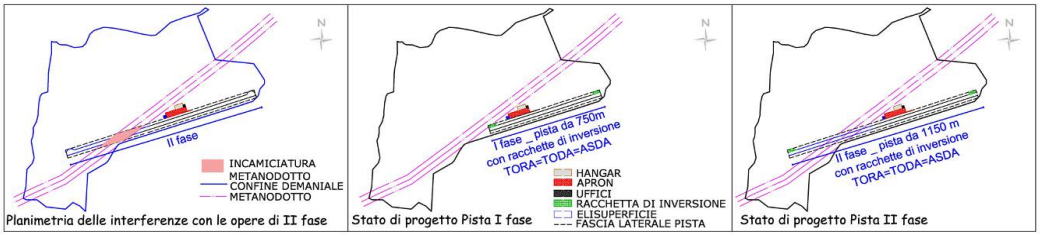


Figura 3. Planimetrie di progetto.

[2] Il soprassuolo è di origine artificiale, risalente ad una età media di 20 anni, composto da conifere mediterranee e mandorleto, irregolarmente intervallate da radure, aree nude o improduttive, strade di servizio e viali parafuoco.

Un modello di rilievo integrato *(S. Savarino)*
La volontà di impostare il progetto in maniera da ridurre al minimo l'impatto con il luogo e le preesistenze, limitando di conseguenza anche gli oneri economici, di tempo e le possibili varianti in fase esecutiva, ha determinato la scelta di avviare una accurata campagna di rilevamento[3], integrando opportunamente tecnologie GPS e laser scanning 3d, in grado di fornire un modello unico al CAD, tridimensionale e georiferito dell'area di progetto designata, all'interno del quale sovrapporre, a seguito di successivi approfondimenti tematici, vari *layers* e tematismi dello stato di fatto e di progetto, sempre aggiornabili, verificabili e comunicabili in tempo reale.
Un primo rilievo complessivo dell'area, con tecnologia GPS, è stato predisposto per ricondurre ad un univoco dato geografico le varie cartografie, determinare con precisione le caratteristiche plano-altimetriche dell'area demaniale e, in particolare, delle due tracce di piste ritrovate, nonché fissare la posizione delle reti infrastrutturali presenti e potenzialmente interferenti: la rete aerea elettrica e quella sotterranea del gasdotto.

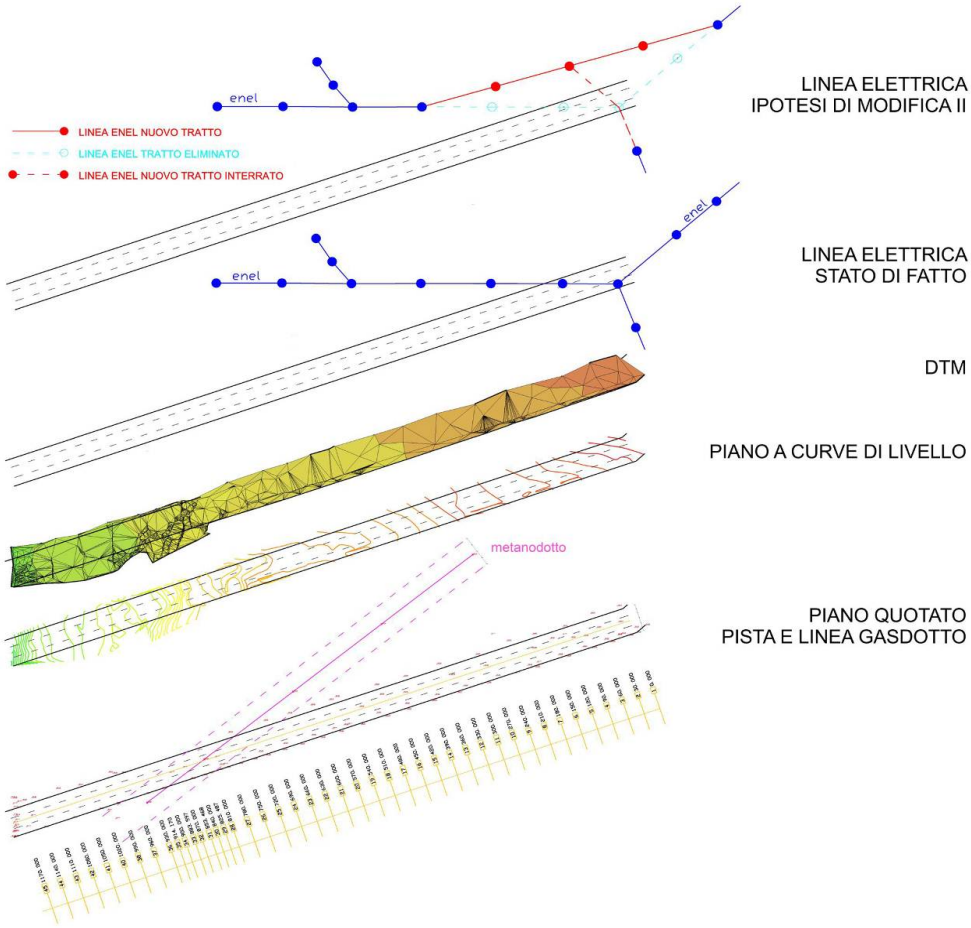


Figura 4. Modello integrato di rilievo/progetto della pista. Sovrapposizione di alcuni layers tematici.

[3] La campagna di rilevamento è stata condotta all'interno del Laboratorio di "Rilievo e Rappresentazione del Territorio e dell'Ambiente" dell'Università di Enna "Kore", dalla prof.ssa Mariangela Liuzzo, responsabile del Laboratorio, e dall'ing. Salvatore Savarino, con la collaborazione dei tecnici della Leica, in particolare del geom. Davide Pellegrino, che ha garantito un prezioso supporto tecnico.

Sulla base di questo primo rilievo di massima è stata effettuata la scelta di rendere nuovamente funzionale non la pista centrale, ma quella periferica, posta sul confine sud dell'area, in grado, comunque, di assicurare una perfetta rettilineità per tutta la lunghezza di 1150 metri, con pendenze longitudinali e trasversali naturalmente bassissime, e di ridurre a brevissimi tratti le zone di interferenze con le preesistenze infrastrutturali.
Sulla base della scelta concordata, si è proceduto con il picchettamento dell'asse della rete SNAM e delle relative fasce di rispetto di 30 metri e della pista, prolungando per tutta la lunghezza dell'area la direzione definita dal limite sud della stradella già esistente e delimitando una fascia di 50 metri di larghezza; su questa traccia è stato realizzato un rilievo di dettaglio a maglia stretta, sempre con strumentazione GPS, in modo da definire un numero congruo di profili longitudinali e sezioni trasversali, necessari a fissare le pendenze di progetto, i volumi di scavo e di rinterro, con particolare attenzione alle zone di interferenza, e le eventuali opere murarie e soluzioni tecnologiche da adottare per la migliore realizzazione del fondo della pista.
Anche la presenza della rete elettrica ha reso necessario un ulteriore rilievo della posizione e altezza dei pali e dei cavi non solo ricadenti all'interno della pista, evidentemente da spostare, e dell'area demaniale, ma anche di quelli presenti nei terreni circostanti sia per consentire di effettuare le opportune verifiche di sicurezza – ovvero verificare che tali elementi siano posti a distanze plano-altimetriche tali da assicurare l'assenza di ostacoli nelle fasi di avvicinamento e allontanamento dalla pista dei velivoli – sia per proporre all'ente gestore alcune ipotesi di variazione del tracciato delle reti suddette, cercando, al contempo, di limitare gli interventi all'interno di altre proprietà e, dunque, i tempi e i costi di attuazione.
Infine, per stabilire l'impatto ambientale del progetto e, più nello specifico, le essenze arboree presenti da eradicare nell'area d'ingombro della pista, è stata condotta un'apposita indagine fotografica, con foto a terra delle condizioni attuali e foto aeree (anni 2004, 2005 e 2010) sul supporto georiferito fornito dalla ortofoto più recente (volo 2007). Dal confronto di tale materiale con lo stato attuale dei luoghi, è emersa una incongruenza nella prima parte della pista, dove la vegetazione oggi presente è più rigogliosa di quella ricavata dalle immagini datate.
La concomitante necessità di ricavare non solo il numero preciso, ma anche il dato relativo alla qualità e alle essenze del soprassuolo boschivo è stata determinante nella scelta di predisporre una mirata campagna di rilevamento con tecnologia laser scanner 3d, il cui posizionamento ed orientamento è stato ottenuto con una integrazione di dati GPS, avente il duplice ruolo di consentire il corretto collegamento tra le varie nuvole di punti e l'esatto inserimento topografico di tali nuvole all'interno del modello grafico dell'area di progetto.
Data la portata dello strumento utilizzato – un laser scanner a tempo di volo Leica modello C10, in grado di rilevare oggetti fino ad una distanza massima di 300 metri – al fine di indagare la consistenza arborea presente nei primi 850 metri di pista e per una profondità di 50 metri, sono stati predisposti 6 differenti punti di scansione, allineati lungo il limite sud del terreno a circa 150 metri di distanza l'uno dall'altro e sono state effettuate scansioni a 360x90 gradi, ad una risoluzione angolare in grado di garantire una maglia di punti rilevati di 1cm x 1cm ad una distanza di 20 m. L'unione automatica delle scansioni, tutte orientate grazie ai punti rilevati con GPS, ha consentito di ottenere un modello unico e georiferito del terreno, costituito da più di un milione di punti.
Al fine di isolare ed evidenziare gli alberi presenti nella fascia della pista, sono state effettuate delle operazioni, sia manuali sia semiautomatiche, di pulitura e filtraggio delle nuvole, in modo da ridurre al minimo le informazioni relative ai punti giacenti sul terreno. La nuvola di punti così filtrata, presentando prevalentemente le parti in elevazione della vegetazione presente e di tutti gli elementi emergenti rispetto al piano di campagna, ha costituito il modello su cui è stato effettuato il conteggio degli alberi e il riconoscimento delle specie arboree. Questa fase conclusiva è stata realizzata, grazie all'utilizzo di software dedicato, in ambiente CAD, dove il rilievo laser scanner si è automaticamente sovrapposto al modello di rilievo/progetto già predisposto. In tal modo è stato possibile delimitare con certezza le parti di verde rilevato effettivamente ricadenti all'interno e a ridosso del tracciato della pista.

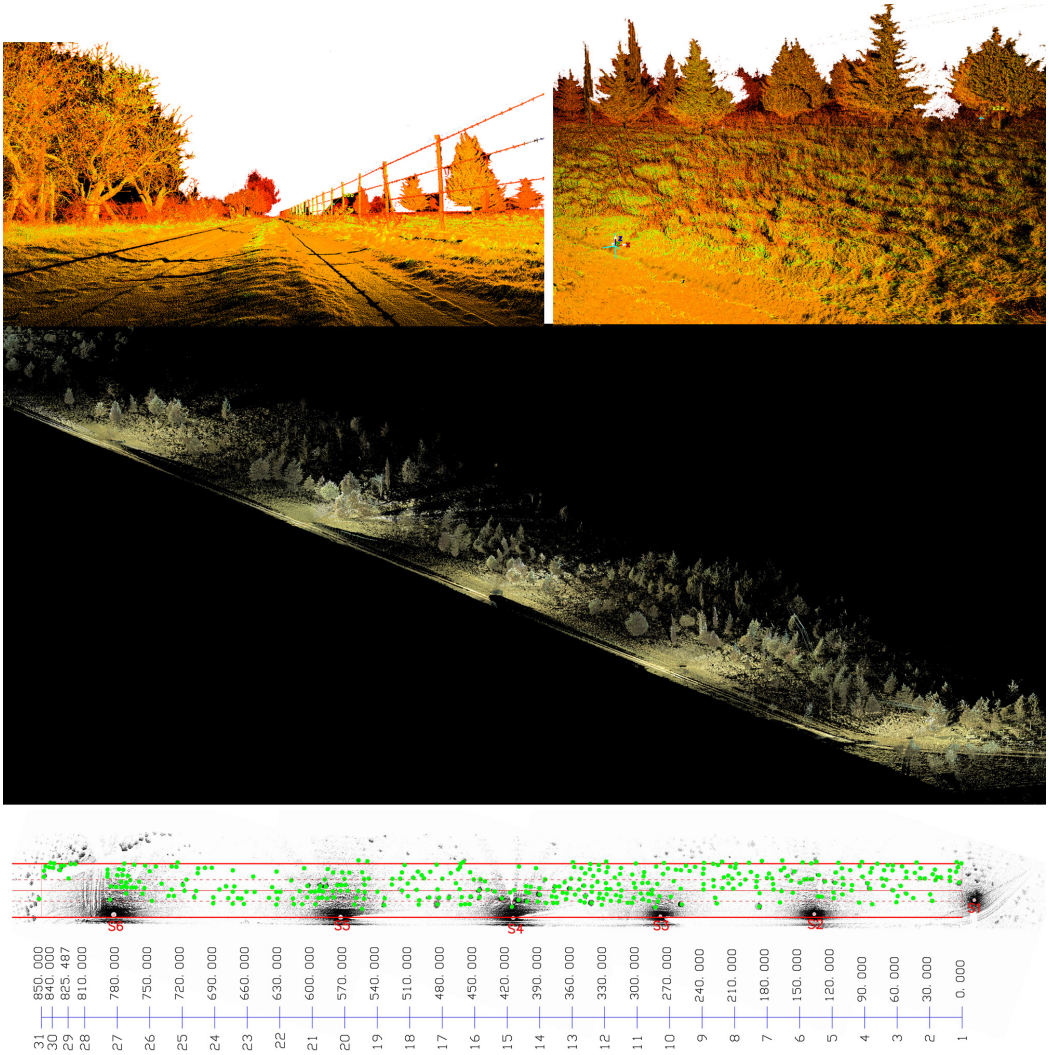


Figura 5. Rilevamento con tecnologia laser scanning 3d delle essenze arboree da eradicare in quanto ricadenti all'interno e nell'intorno dell'area di ingombro della pista.

Conclusioni *(M. Liuzzo)*

L'esperienza progettuale condotta ha messo in evidenza come il modello virtuale, frutto di una mirata campagna di rilevamento, divenga il 'luogo del progetto', una 'griglia', tridimensionale e georiferita, su cui impostare le letture dei vari tematismi, lo strumento comune di dialogo con tutti gli enti coinvolti e, soprattutto, la piattaforma di modifica, verifica e legittimazione, *step by step*, delle varie ipotesi di affinamento progettuale.

Il dato topografico è, in questa logica dinamica, l'elemento unificante, in grado di sovrapporre ed integrare tutte le altre significative informazioni, senza nulla perdere circa le proprie qualità geometriche di elemento ben disposto ad orientare lo spazio tridimensionale e cartografico: esso è, infatti, strumento per rilevare, memorizzare e descrivere il territorio, in quanto luogo ed oggetto fisico, costituito sia dai dati relativi alla conformazione del terreno, alla struttura del sottosuolo e del

soprassuolo, alla vocazione ambientale, che da una rete di unità informative variamente connesse (Dalmagioni, 2007).
Si ritiene necessario approfondire ulteriormente le potenzialità di una programmazione del lavoro di rilievo/rappresentazione che consenta continui rimandi e collegamenti ad ambiti e soggetti diversificati, ottenendo connessioni pluridisciplinari che considerano i molteplici aspetti del processo progettuale e della relativa interazione col *topos*. Ciò significa riuscire ad utilizzare gli strumenti e i software a nostra disposizione per strutturare, attraverso strati e livelli sovrapposti, tutti gli elementi quantitativi e qualitativi di volta in volta aderenti ai dati del problema progettuale, per impostare una griglia di riferimento che tenga conto della descrizione delle singole componenti del luogo e del valore d'insieme del territorio in cui è inserito, delle opere progettate e dei prevedibili effetti delle opere sui componenti e sull'insieme territoriale.
In questa maniera si assicura una procedura unificata finalizzata a verificare che le condizioni di compatibilità del progetto alle forme strutturali del territorio e delle preesistenze – attraverso le caratteristiche morfologiche, i materiali, le tecnologie, le tipologie strutturali previste e la qualità dell'esito finale – siano accettabili in toto.
Un'ulteriore considerazione riguarda l'attuale molteplicità di attori coinvolti in un qualsiasi iter progettuale, soprattutto se di vasta area, che rende necessari altrettanti diversificati canali di comunicazione, per scala, tipologia e grado di innovazione tecnologica non facilmente riducibili o trasmissibili attraverso le stesse norme e strumenti grafici. Tutto ciò con non trascurabili ricadute sulla durata dell'iter progettuale/autorizzativo/esecutivo.
È auspicabile, almeno da parte dei numerosi enti pubblici coinvolti nella gestione del territorio, un più concreto sforzo di convergenza verso l'adozione di comuni strumenti di comunicazione/verifica dei dati analitici e progettuali, con l'utilizzo condiviso e controllato di *software* interscambiabili non solo di disegno assistito – in grado di assicurare inter-operabilità, velocità di gestione, correzione e adattamento – ma anche di piattaforme GIS, preferibilmente *open source*, che permettano una agile e condivisa stratificazione di informazioni, dati, rappresentazioni, riferimenti geografici in grado di adattarsi a molte esigenze di gestione, controllo e trasformazione del territorio.
A ciò si aggiunga le possibilità, ancora ulteriormente sviluppabili, di far lavorare contestualmente software topografici e di rilievo, CAD, GIS, per l'organizzazione delle informazioni all'interno di piattaforme *web-oriented* che restituiscano in tempo reale i processi di rappresentazione e li rendano facilmente fruibili e modificabili.

Riferimenti bibliografici

Borrelli F. (1996), "Un parco e la sua città. Il Pentimele a Reggio Calabria", in *Obiettivo sulla città, estetica e degrado*, Atti del XVIII Convegno Internazionale dei docenti della Rappresentazione nelle Facoltà di Architettura e di Ingegneria, GRAFIC PRINT, Genova.
Dalmagioni A. (2007), "Complessità e nodi critici nella rappresentazione contemporanea del paesaggio palinsesto", in Atti del Seminario *Sui codici del disegno di progetto*, CUSL, Lecco 30-31 marzo 2006, Milano, 101-109.
Giordano A. (2006), "Codici della rappresentazione per la verifica paesaggistica del progetto", in Pratelli A. (a cura di), *Codici del disegno di progetto*, Forum, Udine, 67-74.
Taibi G. (2011), "La rappresentazione dei caratteri identitari del luogo", in Atti delle Giornate di Studio *Abitare il Futuro*. *Il Disegno delle trasformazioni*, Napoli 1-2 dicembre 2011, Clean Edizioni, Napoli.
Valenti R. (2008), "La geometria del luogo", in Taibi G. (a cura di), *Le ragioni del progetto. Un laboratorio della rappresentazione*, Lettera Ventidue, Siracusa, 67-109.
Villa D. (2007), "Rappresentazione e reti ambientali: i termini di una questione aperta", in Atti del Seminario *Sui codici del disegno di progetto*, CUSL, Lecco 30-31 marzo 2006, Milano, 71-73.

Integrazione di strumenti GIS per l'autonotifica della presenza di amianto in Puglia

Nicola Lopez (*), Vito Felice Uricchio (*), Giovanni Campobasso (**)

(*) Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque, V. le F. De Blasio 5, 70125 Bari, Tel. 0805820511, Fax 0805313365, nicola.lopez@ba.irsa.cnr.it, vito.uricchio@ba.irsa.cnr.it
(**) Regione Puglia, Assessorato alla Qualità dell'Ambiente, V. le delle Magnolie 6-9, 70126 Modugno (BA), Tel 0805404395, Fax 0805403969, g.campobasso@regione.puglia.it

Riassunto
E' stato sviluppato uno strumento che integra geodatabase e WebGIS open source in grado di permettere l'autonotifica della presenza di amianto sul territorio pugliese ottemperando agli obblighi di legge previsti dalla normativa nazionale L.257/92 e s.m.i. e dal D.M. 18.03.2003. n. 101 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, recante il Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, che definisce gli strumenti per la realizzazione della mappatura comprendendo l'implementazione di specifiche banche dati. Tra le attività previste dal Piano Regionale vi è quella di censimento che dovrà essere opportunamente integrata attivando percorsi di autonotifica e di monitoraggio sociale che consentono una rilevazione efficace e poco onerosa sull'intero territorio regionale, completando le informazioni con elementi che non è stato possibile cogliere attraverso la mappatura iperspettrale eseguita da piattaforma aerea nel 2005 per problemi legati alla risoluzione geometrica o alla disposizione dei materiali contenenti amianto (es. canne fumarie vasche, cisterne, navi, treni e tutto ciò che non è visibile dall'esterno). I siti non censiti attraverso percorsi di autonotifica potranno essere oggetto di segnalazioni effettuate con le modalità del monitoraggio sociale e/o dalle Polizie Municipali e Provinciali e dalle Forze dell'Ordine; la mancata comunicazione di autonotifica comporterà l'applicazione di una sanzione, a carico dei soggetti proprietari pubblici e privati inadempienti, che sarà disciplinata della stessa legge di approvazione del Piano Regionale Amianto. I siti in tal modo censiti saranno successivamente oggetto di controllo dalle ASL territorialmente competenti, finalizzati alla verifica dello stato di conservazione e della eventuale dispersione di fibre. L'integrazione degli strumenti informatici e l'interoperabilità con le altre banche dati di competenza regionale consentirà di monitorare efficacemente i percorsi di trattamento, rimozione e smaltimento.

Abstract
It was developed a tool that integrates open source WebGIS and geodatabase can allow autonotification the presence of asbestos in Puglia fulfilling its legal obligations under national legislation and amendments L.257/92 and by D.M. 18.03.2003. n. 101 of the Ministry of Environment and Protection of Land laying down the Rules for the construction of a mapping of the areas of the country affected by the presence of asbestos, which defines instruments for the realization of the mapping including the implementation of specific databases. Among the activities planned by the Regional Plan is that of the census to be properly integrated activating pathways autonotification and social monitoring that enable effective detection and inexpensive throughout the region, by completing the information elements that has not been possible to gather by mapping hyperspectral performed by aerial platform in 2005 for problems related to spatial resolution or disposition of asbestos-containing materials (eg chimneys tanks, tanks, ships, trains and everything that is not visible from the outside). Sites not surveyed through paths autonotifica will be the subject

of reports made to the procedures for monitoring social and / or Provincial and Municipal Police and Law Enforcement, the non-disclosure of autonotification involve the application of a sanction against of those public and private owners defaulted, shall be governed by the same law approving the Regional Plan for Asbestos. Sites surveyed in this way will then be subject to control by the competent local ASL purpose is to assess the state of conservation and the possible release of asbestos fibers. The integration of information technology and interoperability with other databases of regional expertise will enable effective monitoring of treatment courses, removal and disposal.

Integrazione degli strumenti informatici e interoperabilità tra banche dati

L'enorme sviluppo di banche dati ambientali e base dati cartografiche nelle Pubbliche Amministrazioni Pugliesi ha rivoluzionato le modalità di gestione delle informazioni e del lavoro. I sistemi informativi geografici su web (webGIS), grazie alla disponibilità di risorse di calcolo potenti a basso costo e alle potenzialità di Internet hanno consentito la realizzazione di soluzioni avanzate che solo pochi anni fa avrebbero richiesto investimenti molto importanti (Menegon et al., 2002; Furlanello et al., 2003). In tale ambito, data la natura distribuita dei dati, rivestono grande importanza gli standard per l'interoperabilità in grado di integrare informazioni più disparate con strumenti tecnologici (Lopez, Pace, 2006). L'organizzazione di riferimento per lo sviluppo di standard per i dati spaziali e i relativi servizi è l'Open Geospatial Consortium (OGC). Nel rispetto delle specifiche dell'OGC, molte comunità di sviluppatori hanno prodotto componenti open source per webGIS (Gallo et al., 2012). I dati gestiti dalle Amministrazioni Pubbliche hanno una significativa componente spaziale. Una gestione avanzata di tali informazioni migliora i servizi erogati e permette di ottenere informazioni di interesse tramite strumenti di analisi spaziale. Su tale base, è stato sviluppato il sistema webGIS in grado di fornire, al cittadino comune, come al tecnico professionista, quelli strumenti e base dati cartografiche in grado di permettere la segnalazione di un sito con presenza di amianto. Su interfaccia web è possibile trovare quegli strumenti che tradizionalmente si trovano su GIS desktop e basi dati cartografiche in grado di poter mettere in evidenza la realtà del territorio aggiornata ad oggi (ortofoto) con la vincolistica ambientale ad oggi vigente (Piano di Tutela delle acque, Siti inquinati APQTA, Aree a rischio Idrogeologico, Aree Protette, Aree Percorse dal fuoco). Oltre a degli strumenti web analoghi a quelli GIS desktop presenti su desktop GIS alle ortofoto come cartografia di base, il sistema mette a disposizione anche strumenti per l'editing on-line, ovvero un puntatore con il quale l'utente segnala e georiferisce il sito su un database che può essere convertito in un file vettoriale. Sulla base di un'attenta analisi dei dati e dei relativi processi, è stato definito un modello dei dati corretto ed estendibile, che consentirà di integrare la gestione dei dati relativi alle altre e numerosissime banche dati presenti in Regione Puglia (Lopez et al., 2008).

La schermata per la registrazione/accreditamento al sistema si presenta come in Figura 1



Figura 1. Interfaccia di login al sistema.

La soluzione proposta combina più tecnologie open source ed è conforme alle specifiche dell'OGC (Figura 2). Grazie all'interoperabilità, essa potrà essere sfruttata per realizzare sistemi per la gestione integrata di realtà territoriali omogenee (insieme di Comuni, Province, Regione).

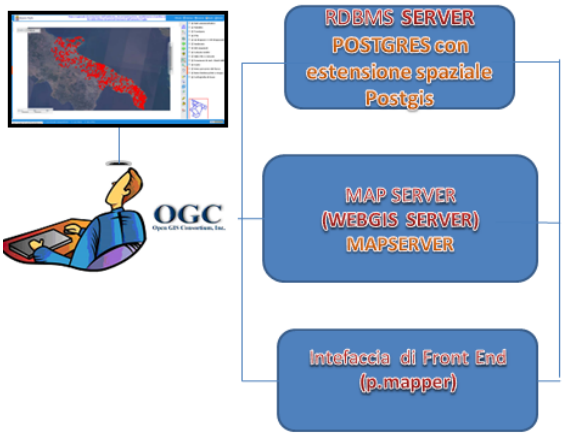


Figura 2. Integrazione di strumenti GIS per l'autonotifica della presenza di amianto in Puglia.

L'utente, appena si accredita accede ad una pagina (Figura 3) laddove inserire, attraverso l'editing on-line, l'ubicazione del sito da notificare, dopodiché, cliccando sullo stesso punto si apre una finestra che mostra l'ID del sito (Figura 3) cliccando sul quale si accede ad una pagina web in php che mostra una serie di campi da compilare ovvero quelli della scheda di autonotifica (Figura 4).

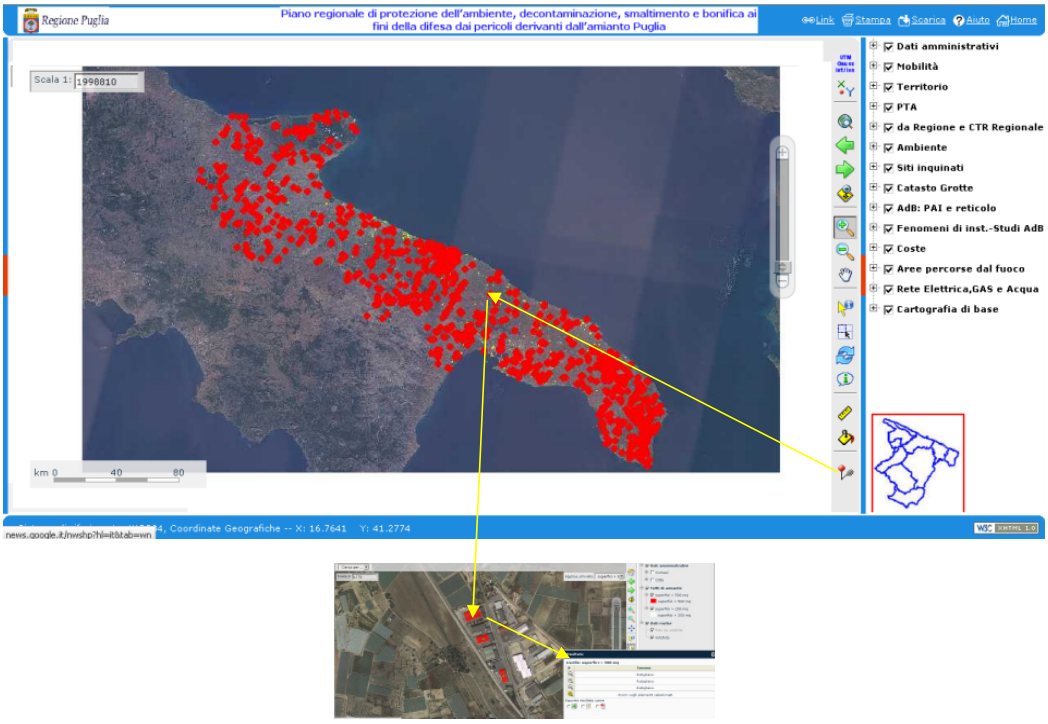


Figura 3. Personalizzazione dello strumento con il quale inserire il punto di autonotifica.

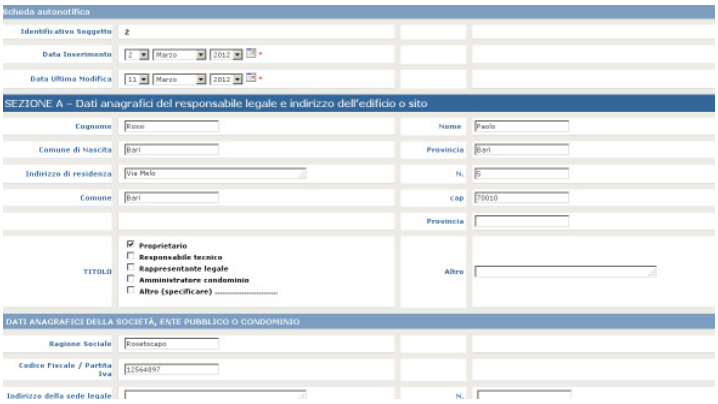


Figura 4. Strumento con il quale inserire il punto di autonotifica.

Una volta compilata la scheda si procede con il salvataggio della stessa. L'amministratore del sistema avrà la possibilità di visionare tutte le schede di autonotifica (Figura 5) ed avviare tutti gli adempimenti necessari ai sensi della normativa vigente.



Figura 5. Lista dei siti notificati.

Materiali e Metodi

Sul lato server, con sistema operativo Windows Server, si è implementata una interfaccia web che utilizza Mapserver come generatore di mappe/cartografia on-line e che punta al geodatabse popolato con una interfaccia web in php (Figura 4). Mapserver per la distribuzione di cartografia on-line è un programma in grado di generare mappe, a partire da basi di dati, e di renderle disponibili per applicazioni Internet (WebGIS). Essendo un prodotto Open Source la disponibilità del codice sorgente garantisce la massima interoperabilità e possibilità di personalizzazione, sia delle applicazioni Web, sia del programma stesso. Questo consente anche a piccole e medie Amministrazioni Pubbliche di pubblicare le loro informazioni geografiche via Internet, incrementando quindi la diffusione delle informazioni territoriali nella società. Mapserver è un WebGIS di tipo server side ovvero tutte le operazioni GIS sono eseguite sul server. MapServer è conforme agli standard dell'open Geospatial Consortium (WMS 1.0.0, 1.0.7, 1.1.0, 1.1.1, 1.3.0, WMC 1.0.0, 1.1.0, WFS 1.0.0, 1.1.0, SLD 1.0.0, GML 2.1.2, 3.1.0 Level 0 Profile, 3.2.1, Filter 1.0.0, OWS 1.0.0, 1.1.0, 2.0.0, WMC 1.0.0, 1.1.0). I servizi web che il sistema WebGIS implementato distribuisce sono quelli WMS ovvero attraverso un protocollo standard di

interscambio/interoperabilità per sistemi GIS Web-based si consente, ad enti autorizzati, di ottenere la visualizzazione dinamica dell'overlay di mappe dei siti segnalati a partire da sorgenti di dati geografici distribuite. La mappa di un sito WMS è intesa come un immagine raster del dato geografico (png o jpeg). L'aspetto interessante di questa tecnologia risiede nella capacità del MapServer di integrare "al volo" dati locali (da file e/o rdbms geografici) con dati remoti ottenuti da un server compatibile con lo standard WMS ottenendo così la piena interoperabilità dei dati.

L'editing on-line viene realizzato su una personalizzazione della interfaccia P.Mapper di front end con numerosi servizi aggiuntivi (Figura 3) che sono stati realizzati attraverso l'uso di linguaggi di scripting comunemente utilizzati per il Web come Javascript, PHP e Java. E' un'applicazione sviluppata in un estensione del linguaggio PHP ovvero PHP/Mapscript che permette di controllare dinamicamente MapServer mediante la sintassi e la logica della programmazione ad oggetti del linguaggio di scripting PHP. Il motore di visualizzazione di P.Mapper è basato sulla tecnologia AJAX, Asynchronous JavaScript e XML che rende l'applicazione molto veloce in quanto ogni generazione di una nuova mappa è caratterizzata dal trasferimento della sola immagine lasciando intatto il frame per visualizzarla.
In Figura 3 è possibile vedere la personalizzazione dell'interfaccia del WebGIS del "Piano regionale di protezione dell'ambiente, decontaminazione, smaltimento e bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto Puglia". L'utilizzo di tecnologie GIS Open Source per l'immissione e la gestione centralizzata di dati georiferiti tramite interfaccia web ha permesso di ottimizzarne la raccolta (anche distribuita sul territorio) e migliorarne la gestibilità attraverso database relazionali (in particolare il DBMS Open Source PostgreSQL). In questo modo i dati sono resi immediatamente disponibili agli strumenti software utilizzati per le analisi spaziali e statistiche (QGIS, ArcGIS e GeoMedia) e per le applicazioni web che rendono fruibile il dato geografico per il cittadino.

Il geodatabase che ha permesso di organizzare e strutturare i dati delle autonotifiche è PosgresSQL con il modulo per la gestione dei dati spaziali PostGIS al fine di memorizzare l'ubicazione dei siti frutto dell'autonotifica di amianto all'interno di un database relazionale geografico. Si è strutturato il database PostgresSQL in modo tale che ospitasse tutti i campi necessari che l'utente compila durante la notifica del sito (Figura 4).
PosgresSQL permette di realizzare il geodatabase nel quale vengono implementate le basi informative elaborate da applicazioni GIS più complesse quali Q-GIS, ArcGIS e GeoMedia, in particolare diventa una necessità nei gruppi di lavoro grandi ed eterogenei come quello presso al quale è rivolto la scheda di notifica del sito ovvero qualsiasi cittadino. Postgre-SQL è un database libero che, fondandosi su standard OGC, si pone come ottima soluzione per chi ricerchi l'interoperabilità tra applicazioni desktop e Web nel campo del GIS. Permette l'accesso multiutente a grandi moli di dati, sia geografici che alfanumerici (cartografia, schede informative come quelle di autonotifica dell'amianto) e la gestione delle relazioni tra di essi, garantendone l'integrità. Postgre-SQL / PostGIS permette la gestione dei dati tridimensionali e si interfaccia con prodotti open source per la pubblicazione sul web come il WebGIS Mapserver del "Piano regionale di protezione dell'ambiente, decontaminazione, smaltimento e bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto Puglia".

Conclusioni

L'integrazione di strumenti GIS permette la possibilità di offrire uno strumento per l'autonotifica della presenza di amianto in grado di agevolare la pianificazione e programmazione ambientale in questo settore. La tecnologia e gli strumenti GIS che rispondo a standard mondiali permettono, a costo zero per la Pubblica Amministrazione, di mettere su delle architetture aperte e versatili e utilizzabili nei più disparati settori. Una serie di nuove tecnologie GIS, in sviluppo e integrate in

Regione Puglia, potrà infine dare luogo ad una nuova generazione di funzioni ed ambiti applicativi, consentendo nuovi modelli di interazione tra i diversi enti pubblici e gli utenti, inclusa la possibilità di scambiare informazioni tramite servizi web. Infatti il passo successivo a questa integrazione sarà inserire tutte le informazioni raccolte in questa banca dati all'interno di un oggetto in grado non solo di far visualizzare questa banca dati georiferita, ma farla modificare, o utilizzarla su Google Maps ovvero tramite un GeoServer e un MetadataManager. Da tutto ciò deriveranno diversi vantaggi per gli utenti finali del dato geografico: inutilità di duplicazione dei dati in locale; certezza di consultare/utilizzare una versione certificata dei dati richiesti in quanto il dato viene distribuito direttamente da chi lo produce o ne certifica l'attendibilità.

Riferimenti bibliografici

Furlanello, C., Merler, S., and Menegon, S. (2001). "Metodi informatici webgis per l'analisi e la sorveglianza epidemiologica delle infezioni trasmesse da zecche". In Bertiato, G., editor, *Studio, sorveglianza e prevenzione delle infezioni trasmesse da zecche*, pages 61.77. Edizioni Grafiche Longaronesi.

Menegon, S., Fontanari, S., Blazek, R., Neteler, M., Merler, S., and Furlanello, C. (2002). "Wildlife management and landscape analysis in the grass gis". In Benciolini, B., Ciolli, M., and Zatelli, P., editors, Proc. of the *Open Source Free Software GIS GRASS users conference 2002*, Trento, Italy, 11-13 September.

Furlanello, C., Neteler, M., Merler, S., Menegon, S., Fontanari, S.,Donini, A., Rizzoli, A., and Chemini, C. (Vienna, Austria, March 20-22, 2003). "GIS and the Random Forest Predictor: Integration in Rfor Tick-borne Disease Risk Assessment". In Hornik, K. and Leisch, F., editors, *Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing*.

Lopez N., Pace F. (2006), "Gis per il Sistema della Conservazione della Natura in Puglia", *GEOSPLORARA '06*

Lopez N., Uricchio V., Pace F. (2008), "Gis e WebGIS a supporto dell'Assessorato all'Ecologia della Regione Puglia", *MondoGIS 64 gennaio/febbraio '08*, 34-38

Gallo P., Gubiani D., Montanari A., Sebastianutti I. - Univ. di Udine, Comune di Tavagnacco (2012), "Un sistema webGIS per la pubblica amministrazione a livello comunale", *XIII Meeting GRASS e GFOSS.*

Prima analisi scientifico parametrica dell'area protetta di Monte Cucco (Umbria) per il riconoscimento di Geoparco U.E., attraverso l'ausilio del telerilevamento satellitare

Fabrizio Luciani, Mariledi Pierantozzi, Silvia Rossi

Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica, Università degli Studi di Perugia
Via Pascoli 20, 06123 Perugia, Tel. 075/5855246, Fax 075/5855299
@mail: bioeconomics@unipg.it

Riassunto
Questo lavoro di ricerca è incentrato su di una proposta di valorizzazione socio-economica dell'area naturale protetta del parco di Monte Cucco, in Umbria. Le potenzialità di crescita della zona, economicamente depressa, suscitano interesse nella comunità scientifica poiché il territorio è di grande importanza archeologica, di pregio naturalistico e con un ambiente ipogeo fra i più interessanti e belli d'Europa. L'attuale recessione in atto nel Paese si innesta in modo preoccupante nella dinamica riguardante un uso turistico sostenibile dell'area, posto che questo è giustamente considerato, dalle popolazioni locali, come un settore strategico di sviluppo. Purtroppo, nonostante gli investimenti degli anni passati, quest'ultimo non vede innalzare in maniera efficace il numero di arrivi e presenze in loco. L'idea quindi di inseguire il riconoscimento di Geoparco U.E. risulta significativa ed è sviluppata con analisi sul campo, partendo, però, dall'uso di immagini satellitari.

Abstract
This research paper focuses on a proposal for the socio-economic development of the protected natural area of the Monte Cucco park in Umbria. The potential for growth in this economically deprived area has attracted the interest of the scientific community, as the territory is of great archaeological importance, is renowned for its natural beauty, and has a hypogean environment that is among the most interesting and beautiful in Europe. The current recession in Italy has expressed itself in a worrying trend in the development of sustainable tourism in the area, which is rightly considered as a strategic sector for development by locals. Unfortunately, despite the investments made in recent years, this has not led to an effective increase in the number of arrivals and presences on-site. It therefore follows that the idea of pursuing the recognition of U.E. Geopark status is a significant one, and this is developed by means of field analysis, beginning with the use of satellite images.

Scansione del sensore MODIS per l'acquisizione ed analisi dei dati dell'area fisica di Monte Cucco, in Umbria - L'analisi seguente è stata eseguita per il programma di studio interministeriale che ha per titolo "Modello integrato per l'evoluzione degli ecosistemi naturali ed agricoli in relazione ai cambiamenti climatici nell'area mediterranea" (Fondo Integrativo Speciale di Ricerca, progetto "MICENA"); il lavoro che qui si presenta è parte dell'attività di ricerca n.19. L'indagine ha preso in considerazione l'intera Italia centrale, ma l'area oggetto di questo approfondimento, molto limitata, è però risultata particolarmente interessante, tanto da meritare questo studio dedicato (sintesi di una ricerca ben più ampia di circa 90 pagine) che, speriamo, possa essere foriero di ulteriori sviluppi anche economici. Le notizie appresso riportate sono già state parzialmente pubblicate negli anni passati sempre e solo per la conferenza nazionale ASITA e a

nome dello stesso autore. Dato l'uso che se ne è poi fatto, riteniamo giusto ed opportuno richiamarle in questa sede. L'importanza di mappare, quantificare e monitorare i cambiamenti delle componenti fisiche dell'ambiente naturale è stata ampiamente riconosciuta come uno degli elementi chiave per la comprensione dei fenomeni legati ai cambiamenti globali. Le dinamiche che regolano l'evoluzione degli ambienti sono guidate dai fenomeni naturali e dalle attività dell'uomo, sia in senso economico che sociale e culturale, interagiscono con l'ambiente e lo utilizzano in modo differente. Le variazioni globali ed i cambiamenti climatici possono essere capiti solo se si comprendono le principali forze che regolano l'uso del suolo. Spesso, però, le variazioni di uso del suolo seguono regole non dettate dalle condizioni ambientali in senso ampio, ma dal contesto economico cui le politiche di gestione dell'ambiente sono legate. Le linee di studio previste dal progetto MICENA, come dicevamo, interessano l'analisi dell'evoluzione dei sistemi naturali ed agricoli nell'area mediterranea, nonché la valutazione dell'impatto che su questi sistemi rivestono le variazioni climatiche in scala globale; la finalità dell'indagine integrata, proposta nel progetto, è quella di comprendere ed indicare nuove strategie per la gestione eco-compatibile (economico-ambientale) in risposta ai possibili scenari futuri (Pilot Analysis of Global Ecosystems). In questo studio si intende proporre un modello di analisi dei dati MODIS per la creazione di un archivio che permetta la gestione e l'analisi di informazioni multitemporali finalizzate alla valutazione delle variazioni di copertura del suolo, come possibili indici dello stato di salute dell'ambiente in Italia. Il primo passo della ricerca consiste nel testare la possibilità di applicare un algoritmo di classificazione dei dati per la mappatura delle classi di copertura del suolo, secondo una legenda che verrà proposta per l'intero territorio nazionale. Il nostro interesse è quello di verificare il prodotto VCC (Vegetative Cover Conversion) del sensore MODIS come indicatore di processi di cambiamento nella copertura del suolo, dovuti a variazioni climatiche in scala globale ed alle attività umane. Il VCC nasce come prodotto designato a servire in guisa di allarme per le variazioni di copertura del suolo causate da attività umane e da eventi naturali estremi ed utilizza le due bande con risoluzione di 250 metri che coprono gli intervalli dell'infrarosso vicino e del rosso, ritenute le più importanti nello studio della vegetazione e del passaggio vegetato/non vegetato. I dati MODIS sono disponibili per l'intera area del bacino del Mediterraneo in tempo reale attraverso il sistema di ricezione diretta denominato ANTENNA ed installato presso il laboratorio TeleGIS dell'Università degli Studi di Cagliari. Il sistema riceve regolarmente i dati dei satelliti Terra e Acqua dal luglio 2004. I risultati dell'analisi sono validati secondo una procedura che prevede, per una serie di siti, l'integrazione con dati ad alta risoluzione e verifiche sul campo. Lo scopo ultimo della ricerca è quello di definire i trend di variazione di copertura del suolo nel medio periodo (25 anni), quale punto di partenza per costruire un sistema di monitoraggio ed un modello di valutazione globale.

Il metodo di analisi - La copertura del suolo è definita come la quantità di biomassa, che include la vegetazione e le colture e le strutture umane che coprono la superficie terrestre. L'uso del suolo si riferisce al modo in cui l'uomo utilizza e sfrutta queste coperture. Il cambiamento di copertura del suolo è la completa sostituzione di un tipo di copertura da parte di un'altra, mentre le variazioni di uso si riferiscono anche ai cambiamenti di copertura ma soprattutto a variazioni in seno ad una stessa classe, come un cambiamento di pratica agricola. Basandosi su questi concetti ci si propone di valutare come le variazioni di copertura del suolo, intese come passaggio da un tipo di copertura verso un altro, possano costituire oggetto di monitoraggio per essere inserite come indicatori di variazioni climatiche ed essere lette come guida negli studi sui cambiamenti globali.

Gli algoritmi VCC (Vegetation Cover Conversion) - Il metodo di analisi applicato in questo studio è basato sui lavori di X. Zhan et al. (2000, 2002) che hanno concentrato la loro attenzione sull'utilizzo dei dati MODIS a 250 metri per valutazioni di variazioni di land cover mediante l'applicazione della serie di algoritmi del Vegetation Cover Conversion su immagini MODIS livello1b. Il VCC (Vegetation Cover Conversion) nelle sue prime fasi di sviluppo e nelle applicazioni già conosciute ha avuto come obiettivo quello di individuare le aree dove sono

avvenuti cambiamenti attribuibili ad attività umane (incendi, urbanizzazione) o eventi climatici estremi (inondazioni, ampi dissesti), utilizzando set di dati input di anni differenti. In questa prima fase dello studio, mirata alla validazione del VCC ed alla sua applicazione in ambiente mediterraneo, sono state analizzate immagini acquisite durante il primo anno di attività del sistema ANTENNA. Questo primo passo ci è sembrato importante per mettere a punto una classificazione delle immagini MODIS basata su dati verificabili direttamente come conoscenza a terra e confrontati anche con immagini aventi risoluzione spaziale maggiore (Landsat, ASTER) di diversi periodi dell'anno. Le aree analizzate sono state scelte in funzione della disponibilità di dati parzialmente o totalmente privi di copertura nuvolosa sui quali non fosse pertanto necessario applicare funzioni di mascheramento che avrebbero abbassato la risoluzione spaziale. Inoltre, volendo studiare un sistema di monitoraggio applicabile sull'intera penisola sono state scelte tre zone diverse: una prima, che segue la pianura padana dal Piemonte sino all'Emilia Romagna; una seconda area nel centro Italia ed infine la Sardegna, come sistema ambientale con forte variabilità delle coperture ed un'intensa frammentazione delle stesse. Il VCC utilizza cinque differenti metodi per determinare il cambiamento; tre sono basati sul dominio spettrale e due sulla tessitura dell'immagine. Questi metodi sono: il red–NIR space partitioning, il red–NIR space change vector, il modified delta space thresholding, i cambiamenti nel coefficiente di variazione (NDVI) ed i cambiamenti nelle caratteristiche lineari. Il metodo qui utilizzato è il red–NIR space partitioning che ha come obiettivo quello di dividere lo spazio Rosso_Vicino Infrarosso in cinque classi: foresta (vegetazione boschiva alta con un canopy cover >del 40%), non foresta (vegetazione boschiva bassa ed erbacea con un canopy cover < 40%), suoli nudi, aree incendiate (aree urbane), corpi idrici. Per ognuna delle immagini considerate sono stati calcolati l'NDVI, l'indice di greenness e l'indice di brightness. L'NDVI con la formula (R-VI)/(R+VI), è utile per esaminare lo stato di salute e la densità della vegetazione. Come è noto valori di NDVI vicini a 0 indicano una vegetazione rada, mentre una vegetazione densa è indicata da valori di NDVI che approssimano a 1. Il brightness, o intensità della radiazione riflessa dai suoli nudi, è elevato perché vi è un basso assorbimento. Una foresta fitta, d'altra parte, assorbe la maggior parte della radiazione rossa in entrata, e, quindi, il suo brightness è basso. Il brightness può essere assimilato all'albedo, approssimativamente calcolato come la media tra i valori di riflettanza in banda 1 (rosso) e banda 2 (infrarosso) (X.Zhan et al.,2002). Viceversa, una foresta densa non riesce ad assorbire bene la radiazione nell'Infrarosso Vicino, che viene dunque riflessa dalla vegetazione in questo intervallo di lunghezza d'onda. La combinazione di bassa riflettanza nel rosso ed elevata riflettanza nel vicino infrarosso è spesso chiamato "greenness". Il greenness indica l'intensità di verde dunque di vegetazione, è approssimativamente calcolato come differenza tra il valore di riflettanza in banda 2 (infrarosso) e in banda 1 (rosso) (X.Zhan et al.,2002).

I dataset MODIS ed il pre-processamento: applicazione - Entrambi i dataset sono stati sottoposti a georeferenziazione secondo il sistema di proiezione UTM (zona 32) con Datum WGS84, per consentire la confrontabilità reciproca delle risposte spettrali e la mappatura dei risultati dell'analisi. La georeferenziazione è avvenuta utilizzando i valori latitudine/longitutine di geo-locazione calcolati dal sistema sulla base dei dati dell'orbita satellitare trasmessi dagli strumenti di bordo. La distribuzione spaziale dei punti di geo-locazione corrisponde ad una griglia di 1000mx1000m per maglia con valori centrati sui pixel della matrice del dataset. Le immagini, sono state georeferenziate utilizzando la funzione dedicata del programma ENVI. Dalle immagini corrette sono stati estratti tre subset, uno in corrispondenza della Sardegna, uno in corrispondenza dell'Appennino (Italia centro-settentrionale) e uno in corrispondenza della Pianura Padana. Dal punto di vista stagionale le immagini scelte si riferiscono al periodo primaverile e al periodo estivo per tutte le aree individuate. Nelle immagini sono stati selezionati i pixel per le coperture: vegetazione fitta, vegetazione bassa e erbacea, suolo nudo, aree urbane, corpi idrici, utilizzando come riferimento per la verità a terra la banca dati Corine Land Cover d'Italia 2000. Dopo aver

calcolato l'NDVI, l'indice di brightness e l'indice di greenness, sono stati analizzati gli istogrammi relativi ad ognuno degli indici considerati e, attraverso una tecnica di density slicing, sono stati individuati gli intervalli, riferiti rispettivamente all'NDVI, al greenness e al brightness, per ognuna delle classi d'interesse. E' stato quindi applicato il metodo della classificazione con un *Decision tree*, che utilizza una tecnica di *splitting* ortogonale. Attraverso una sintassi i pixel vengono distribuiti nelle varie classi, utilizzando il concetto *IF….THEN*. Il *decision tree* prevede l'appartenenza alle classi dei pixel considerati, attraverso splitting successivi, fino ad ottenere i nodi puri terminali, ossia le classi d'interesse (Fig. 1).

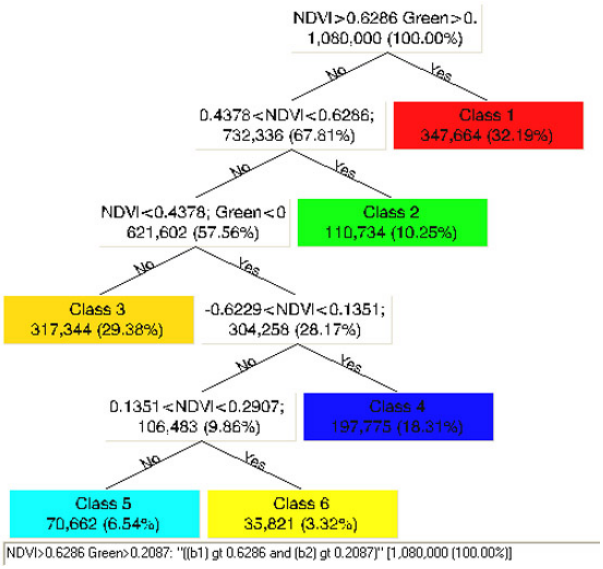


Figura 1. Decision Tree.

Sono stati analizzati tre differenti decision tree: uno che ha utilizzato l'indice di greenness e l'NDVI, uno che ha utilizzato l'indice di brightness e l'NDVI e uno con l'indice di greenness e l'indice di brightness. Valori bassi rispettivamente di NDVI, greenness e brightness indicano acqua. Valori bassi di NDVI, greeness e alti valori di brightness indicano suolo nudo, viceversa valori alti di NDVI e greenness, e valori bassi di brightness indicano vegetazione fitta. Gli intervalli utilizzati sono stati gli stessi per tutti e tre le analisi, mentre le immagini utilizzate non si riferiscono tutte agli stessi giorni. Per quanto riguarda la Sardegna sono state scelte le immagini relative al 26/05/2005 e al 14/08/2005; per l'Appennino centro-settentrionale sono state scelte le immagini del 29/06/2005 e del 01/08/2005; mentre per la pianura padana sono state scelte le immagini del 26/05/2005 e del 01/08/2005. Dalla classificazione emerge una classe aggiuntiva che include pixel che non rientrano in nessuna delle classi precedentemente individuate. Il primo *decision tree* che utilizza NDVI e greenness, impiega due indici relativi alla vegetazione; quindi, le immagini ottenute rappresentano meglio i cambiamenti fenologici che sono avvenuti. Infatti, gli indici di vegetazione sono utili perché, oltre alla densità della vegetazione, forniscono informazioni anche sullo stato di salute della stessa.

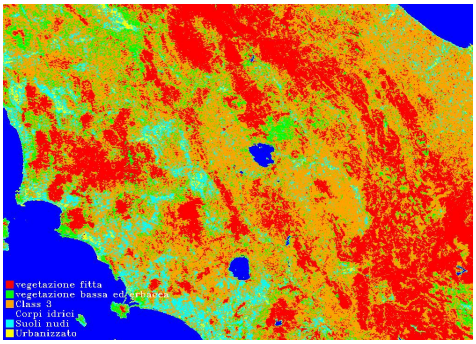


Figura 2a. Decision tree NDVI/greenness applicato all'immagine di Giugno.

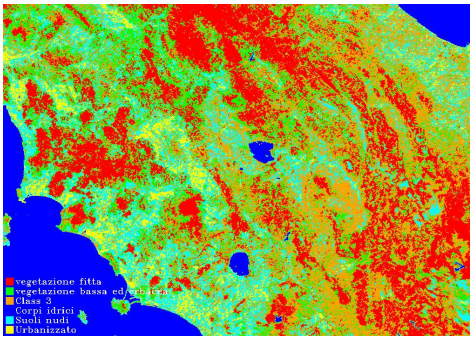


Figura 2b. Decision tree NDVI/greenness applicato all'immagine di Agosto.

Dal confronto tra le due immagini (Figg. 2a e 2b) emerge che i boschi fitti, così come individuati dalla CORINE, risultano complessivamente pressoché invariati, mentre, per quanto riguarda le aree agricole, quelle in arancione nell'immagine di giugno risultano, nell'immagine di agosto, spostate nella classe dei suoli nudi. Nell'immagine di giugno è più facile individuare i centri abitati rispetto ai suoli nudi, mentre in quella di agosto spesso si confondono. Gli altri due *decision tree* che utilizzano l'indice di brightness danno risultati molto confusi, classificando la maggior parte dei pixel in classe 3, e, di fatto, discriminando ben poco la copertura vegetale. Questo può essere dovuto al fatto che l'indice di brightness considera generalmente anche la radiazione del suolo nel blu. In questo caso, avendo a disposizione solamente due bande, il rosso e l'infrarosso vicino, il risultato del calcolo del brightness risulta approssimativo, producendo quindi dei risultati non del tutto soddisfacenti (Fig. 3).

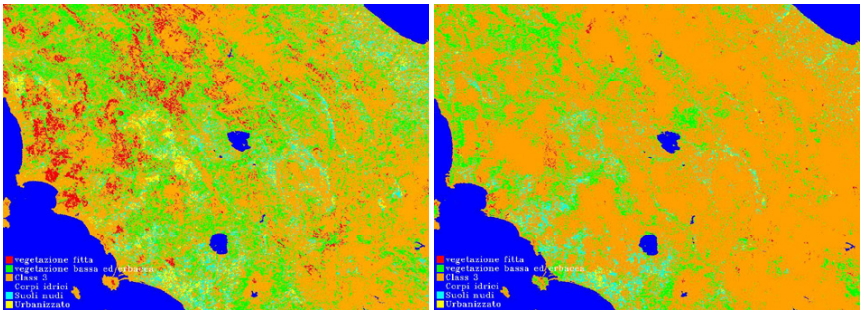


Figura 3. Decision tree brightness/greenness applicato alle immagini di giugno e agosto.

A questo punto, però, la nostra attenzione è stata sollecitata dall'evidente permanere, nelle immagini così elaborate e poi incrociate con quelle della serie NOAA, dei boschi cedui e dei prati cacuminali presenti a quote superiori i 1000 m.s.l.m., in special modo nell'area montana dell'Appennino centrale umbro. Infatti, nel medio periodo (25 anni), essi appaiono in deciso aumento, così come, risulta positivo l'indice di biopotenzialità dell'area considerata. Abbiamo quindi pensato di procedere ad un approfondimento. Il documento che segue, oltre che il risultato di numerose escursioni sul posto è fortemente debitore di un gran numero di contributi già realizzati da altri studiosi, da enti locali o anche da semplici appassionati e di cui, sempre per mancanza di spazio, si trova solo qualche traccia nella sitografia e nella bibliografia presenti in calce a questo scritto.

Il parco del Monte Cucco, in Umbria. Confronto e successiva integrazione tra dati rilevati al suolo con quelli acquisiti attraverso i sensori MODIS - Nel cuore dell'Appennino Umbro si trova una realtà che per le sue caratteristiche e le sue opportunità di sviluppo, può aspirare al prestigioso titolo di Geoparco Europeo, con tutte le conseguenze che tale nomina può portare. Istituito nel 1995, comprende un'area protetta pari a 10480 ettari, posta al confine nord-est della provincia di Perugia, delimitato dal crinale dei monti Appennini su cui svetta il Cucco (con un'altezza di 1566 metri), dal percorso storico dell'antica via Flaminia, dai fiumi Sentino e Chiascio. Il territorio del parco comprende quattro comuni: Costacciaro, Fossato di Vico, Scheggia e Pascelupo, Sigillo. Attualmente, è gestito dal Consorzio Obbligatorio del parco del Monte Cucco, formato, appunto, dai quattro comuni che lo compongono. Il parco, per la sua ricchezza geologica, è definito e conosciuto universalmente come "il ventre degli Appennini": infatti, sono presenti un complesso sistema ipogeo fra i più belli e profondi d'Europa, fenomeni di carsismo, acque sotterranee i cui punti di risorgiva sono sfruttati per portare l'acqua ai comuni e fonti minerali che confluiscono nel fiume Sentino.

L'ambiente naturale - La montagna è un luogo ricco di fascino; i suoi numerosi siti incontaminati possono essere visitati da tutti in molteplici modalità. La natura spettacolare e incontaminata è il primo fattore su cui doversi soffermare. La dorsale montuosa calcarea ha un aspetto aspro e compatto, con variazioni di quota frequenti, ciò grazie alla tettonica ed alle formazioni calcaree. Anche dal punto di vista fisico, il Monte Cucco rappresenta un punto cruciale, costituendo lo spartiacque appenninico tra i versanti adriatico e tirrenico prima che si pieghi verso i monti di Gubbio. La catena montuosa dell'Appennino centrale, anche qui, si caratterizza per il paesaggio d'alta quota cosparso di faggete e pascoli montani, da pareti di roccia e forre profonde da cui sgorgano dei corsi d'acqua. Dalla montagna si scende verso una fascia pedemontana ed il rilievo collinare è contraddistinto, anche esso, da boschi pregiati e pascoli; geologicamente troviamo i prodotti dell'erosione calcarea e sedimentazioni. Più in basso si passa alla pianura alluvionale, una depressione di origine tettonica, l'antico bacino Gualdo-Costacciaro, oggi riempito da sedimenti alluvionali e fluviolacustri. Esteriormente si trovano i boschi cedui, le coltivazioni e i centri abitati. Il parco è l'habitat di piante e fiori rari, ma vi è soprattutto una fauna ricca di esemplari. Infatti, sono presenti daini, cinghiali, istrici, martore, e lepri. Nel tempo, sono stati anche avvistati esemplari di aquila reale oltre che il falco, il gufo reale, il martin pescatore.

Geologia - Nella zona del parco del Monte Cucco la situazione geologica è unica; infatti, essa è il risultato dello scontro tra zolle continentali (euro-asiatica ed africana) che qui, ha portato a spaccature della crosta terrestre ed all'emersione e innalzamento di stratificazioni calcaree. Tale fratturazione di varia natura ha premesso alle acque meteoriche di penetrare nelle profondità per poi risalire, in certi casi, satura di minerali corrosivi. Questa doppia azione ha scavato e rimodellato gli strati calcarei, esterni e interni alla montagna, realizzando un patrimonio geologico unico, di pregiato valore estetico e scientifico-didattico, per lo studio dell'evoluzione storica della catena montuosa degli Appennini. Anche la mineralogia si distingue dal resto dell'Appennino: con lo studio di essa sono state avanzate alcune teorie sull'estinzione dei dinosauri. L'aspetto idrografico, inoltre, risulta fondamentale: la presenza dell'acqua, sia sotterranea che superficiale è caratteristica ricorrente. Infatti, l'area è esposta ad intense e frequenti piogge. Per quanto riguarda i corsi d'acqua si trovano i due principali corsi perenni dell'Appennino umbro, e sono presenti le sorgenti di alcuni dei principali corsi d'acqua del centro Italia. In aggiunta, sul monte Cucco troviamo numerosi bacini idrografici sotterranei che, attraverso collettori ipogei, originano le sorgenti pedemontane.

Sito paleontologico di Valdorbia - L'area a parco del Monte Cucco è ricca di reperti fossili. Il materiale paleontologico è stato ritrovato nella roccia sedimentaria calcarea e marnosa di era giurassico-cretacea (compresa tra 200 e 120 milioni di anni fa). I ritrovamenti di fossili più

interessanti provengono dal Calcare Massiccio, dal Rosso Ammonitico (Lias medio-superiore (194-180 milioni di anni fa), dal Grigio Ammonitico (Malm 155-145 milioni di anni fa) e, dal Calcare Maiolica. In queste stratificazioni sono state ritrovati principalmente le ammoniti. Le ammoniti hanno l'aspetto di conchiglie spiraliformi, suddivise all'interno, da sottili pareti, in camere. Il Centro Studi e Ricerche "Anzia Mercuri Brascugli" di Sigillo, con il sostegno della Banca dell'Umbria ed in collaborazione con il Dipartimento Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Perugia ed il Comune di Sigillo, ha allestito una esposizione dei reperti ritenuti più importanti.

La Grotta di Monte Cucco - La Grotta di Monte Cucco, con i suoi 30 chilometri di gallerie e con la sua profondità massima di 900 metri è uno tra i sistemi ipogei più importanti d'Europa.





Questo spettacolo naturale è tra i più studiati e conosciuti in Italia, visitabile non solo da speleologi esperti ma, un'ampia parte di essa, da chi vuole vivere un'esperienza unica, nelle viscere della montagna. Ottocento metri di percorso tra le immagini stupefacenti create nella roccia, il suono dell'acqua che continua la sua azione sugli strati calcarei e accompagna i visitatori in un viaggio al centro della terra che diventa viaggio nella natura ed esperienza unica. La Grotta ha avuto una storia esplorativa complessa e di lunga durata le cui testimonianze sono ancora oggi visibili. Ma la prima notizia certa di un'escursione in grotta è del Conte Girolamo Gabrielli che lascia notizie scritte di una sua discesa del 1720. Tra il 1883 ed il 1891 Gian Battista Miliani, famoso industriale cartario fabrianese nonché alpinista, fu il primo a portare avanti una vera campagna completa di esplorazione della Grotta di Monte Cucco. E' sua la prima planimetria di una parte della Grotta, quella che oggi costituisce il ramo escursionistico più visitato. Dalla fine dell'800 passeranno decenni prima che altri tornino ad esplorare i tanti luoghi sotterranei del Cucco. Alcuni speleologi perugini avviarono, dalla fine del 1950, delle ricerche che, partendo dal ramo descritto da Miliani, arrivarono nel 1969 a raggiungere la profondità massima di 922 metri ed in seguito riuscirono a tracciare, dopo averli percorsi metro per metro, oltre 30 chilometri di gallerie (primato italiano per la profondità e lo sviluppo fino alla metà degli anni '70). La Grotta di Monte Cucco con la sua lunghezza e con la sua profondità massima notevole è uno dei sistemi sotterranei più importanti d'Europa. La Traversata, il precorso più frequentato, parte dall'ingresso est (1390 metri s.l.m), che è raggiungibile con una camminata da Pian di Monte. L'accesso in grotta avviene attraverso il Pozzo Miliani di 27 metri di profondità percorribili con una scala metallica. Da qui parte il percorso interno su terra e scale metalliche che attraversa enormi sale in rapida successione: la Cattedrale, la Sala Margherita, il Giardino di Pietra, la Sala del Becco, la Sala delle Fontane; si arriva poi al Passaggio Segreto e alla Sala Terminale. Al termine di questo percorso nella montagna, lungo circa 800 metri, si esce sul versante nord, attraverso un pozzo di otto metri con una scala alla marinara. Nei giorni di bel tempo all'uscita ci si trova davanti il suggestivo panorama appenninico, e nelle giornate limpide, si può scorgere in lontananza anche il mare Adriatico. È possibile effettuare anche

un altro percorso (Scoperta), di durata e lunghezza inferiore. Il percorso Avventura aggiunge a quello della Traversata una deviazione speleo ad anello che prevede calate in corda fino a sei metri ed arrampicate che permettono di raggiungere la spettacolare Sala delle Colonne. Queste interessanti escursioni partono entrambe da Costacciaro, presso l'Info Point Grotta di Monte Cucco, dove è possibile prenotare le escursioni guidate. La massima fruibilità di questa bellezza sotterranea la rende adatta a molteplici manifestazioni: l'11 luglio 2010 vi è stata anche celebrata una messa dal vescovo di Gubbio, Mons. Mario Ceccobelli, precisamente nella sala della Cattedrale per la festa di San Benedetto, patrono degli speleologi. Il 7 luglio 2011 è stata invece la volta del primo matrimonio, di una coppia danese; questo evento di incredibile successo ha avuto grande rilevanza mediatica, sia sul web che in televisione.

Ambiente & Sport - I particolari aspetti geografici, geologici, faunistici e vegetazionali del parco sono tali da favorire molte attività all'aria aperta. La principale è sicuramente l'escursionismo, essendo presente una rete di sentieri di oltre 120 Km, segnalati nella relativa "Carta dei Sentieri del parco del Monte Cucco e zone limitrofe" pubblicata a cura della Monte Meru. Inoltre, molti e ben attrezzati sono i punti di sosta e ristoro in quota. La segnaletica dei sentieri è stata recentemente sistemata, integrata ed aggiornata, inoltre gli stessi sono stati ripuliti. Lungo lo spartiacque del parco, dal Corno di Catria al Valico di Fossato di Vico, passa sia il Sentiero Italia, che percorre tutta la dorsale appenninica dalla Liguria alla Calabria, sia il Sentiero E 1 (Europa 1, parte dalla Scandinavia e termina in Calabria), segnalato in tutte le carte Kompass della zona.

Cicloturismo - Il cicloturismo è una forma di turismo praticata in bicicletta, con le varianti "treno più bici" o con i tour organizzati da agenzie che forniscono supporto logistico e trasporto bagagli; gli appassionati di tale attività potranno godere non solo delle bellezze naturali, ma anche di tranquilli soggiorni nei comuni del parco, anche essi caratteristici.

Mountain bike - Il parco e l'Alta Valle del Chiascio sono terreno di pratica della bici da montagna, anche a livello impegnativo.

Trekking - Ovviamente, anche questa attività trova nella zona le più ampie possibilità.

Ippoturismo - Le escursioni a cavallo sono rese possibili da una grande quantità di antiche mulattiere e carrozzabili sterrate, in genere con fondo buono o comunque accettabile.

Sci da fondo - Il clima, in inverno, è condizionato dalle correnti fredde di origine balcanica; conseguentemente, vi sono spesso intense nevicate ed i piani montani, ambiente ideale per lo sci da fondo, rimangono coperti per molte settimane.

Pesca sportiva - Viene praticata nel territorio del comune di Scheggia Pascelupo, lungo il fiume Sentino ed il Torrente Rio freddo.

Il **volo libero -** (deltaplanismo e parapendio) è molto praticato grazie alle favorevoli correnti ascensionali presenti. Di assoluto rilievo le competizioni mondiali che qui si svolgono a cadenze regolari. Infine, la grande presenza di acqua che scorre tra gole, forre o sotterraneamente, permette l'attività sportiva del **torrentismo.** È praticato in particolare nella Forra di Rio Freddo, luogo in cui questo sport estremo è nato ufficialmente negli anni sessanta.

Didattica ed educazione ambientale - Le ricchezze naturali del parco non potevano non essere fonte di approfondimento delle scienze naturali realizzabile nelle strutture messe a disposizione. Nel comune di Costacciaro troviamo, infatti, un museo, aperto al pubblico dal 1999 e recentemente

ampliato e completato, che costituisce un validissimo strumento per la didattica e l'educazione. Nel tempo, è stato poi istituito a Costacciaro il Borgo Didattico, un Centro di Educazione Ambientale che ospita ogni anno oltre 1.200 studenti di vaia provenienza. Data la nuova diffusa sensibilità del "fare turismo" con più attenzione al valore del viaggio come esperienza formativa, come percorso di crescita ed arricchimento interiore attraverso la partecipazione attiva dei soggetti alle proposte, si può chiaramente prevedere che queste strutture e l'organizzazione predisposta, sono fondamentali per il settore turistico, e per soddisfare i requisiti di valenza didattica richiesti ad un candidato alla nomina di Geoparco.

I beni culturali - Il territorio del parco è diviso tra i quattro comuni di Scheggia e Pascelupo, Costacciaro, Sigillo e Fossato di Vico; percorrendo la Via Flaminia da nord si incontrano in quest'ordine i quattro centri storici tutti di grande valenza culturale e paesaggistica, ricchi di mura, fortificazioni, chiese ed attrattive culturali rare. A titolo assolutamente indicativo e, purtroppo, semplificativo, dato lo spazio a disposizione, basti considerare il fatto che nella zona si rinvengono ancora oggi oggetti e manufatti che partono dall'età del bronzo ed arrivano fino al 2° conflitto mondiale!

L'economia locale - Per individuare le peculiarità, le criticità e gli scenari economici dei quattro Comuni presenti nel parco di Monte Cucco, si è proceduto ad un'analisi dei dati socio-economici eseguita per settori e ad un elenco delle localizzazioni produttive e quant'altro partecipa all'economia del territorio.

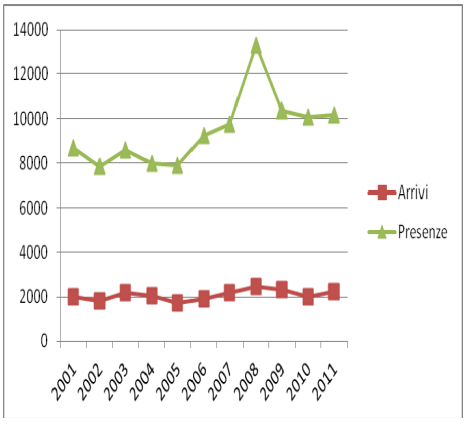
Popolazione - L'estensione complessiva del territorio dei comuni è di 166,89 chilometri quadrati, ovvero l'1,97% di quello regionale. Una percentuale del territorio di ciascun comune è compresa nel Parco del Monte Cucco, in particolare: Scheggia e Pascelupo per l'85,2%, Costacciaro per il 53,7%, Sigillo per il 59,1% e Fossato di vico per il 25,3%. La densità media della popolazione dei quattro Comuni nel 2001 (non sono ancora disponibili i dati del censimento di quest'anno) è di 45,93 abitanti per chilometro quadrato, di gran lunga inferiore alla media regionale di 98,8. La dinamica della popolazione ha seguito variazioni nel tempo. Nel periodo post unitario 1861-1911 tutti i Comuni hanno aumentano la loro popolazione; anche nel decennio successivo (1911-1921) si verifica in generale un incremento. Nel periodo 1961-1981 i quattro Comuni, ad eccezione di Sigillo, diminuiscono la loro popolazione, sia per l'andamento negativo del movimento naturale, sia per quello migratorio, attivandosi forti flussi di migrazione soprattutto verso l'estero. Nel periodo 1981-2001 si verifica un incremento della popolazione in tre comuni, mentre in quello di Scheggia e Pascelupo diminuisce: l'aumento di popolazione negli altri tre è avvenuto a causa del positivo andamento migratorio, che ha compensato quello naturale negativo. La popolazione giovanile, in età 0-14 negli ultimi anni ha registrato una tendenza negativa, mentre aumentano gli indici di invecchiamento, di vecchiaia e di dipendenza. Il fenomeno dell'immigrazione interessa soprattutto il comune di Fossato di Vico, mentre risulta pressoché irrilevante negli altri.

Agricoltura - I terreni, in generale, sono caratterizzati da media fertilità. Il numero delle aziende agricole è pari a 869 unità, dato destinato a diminuire vista la tendenza desunta dai dati provvisori del 6° Censimento generale dell'agricoltura del 2011, che riporta una diminuzione per la regione Umbria del 31%. La grandissima parte delle aziende, l'85,5%, ha una superficie non superiore a 10 ettari e di queste, il 30% circa ha superficie inferiore ad un ettaro. L'utilizzazione dei terreni è fortemente orientata alle colture erbacee e ai pascoli, mentre le coltivazioni permanenti assumono scarso rilievo; molto ridotte sono le coltivazioni della vite, per le condizioni climatiche e del territorio non favorevoli a questo tipo di coltivazione, di fruttiferi e dell'ulivo; sono infine poco diffuse le colture ortive e limitata la colture dei pioppeti. L'attività dell'allevamento degli animali assume grande rilevanza con i bovini, i bufalini, gli avicoli e gli ovini. Va messo in evidenza che molte proprietà appartengono alle diverse Comunanze Agrarie, che dispongono complessivamente

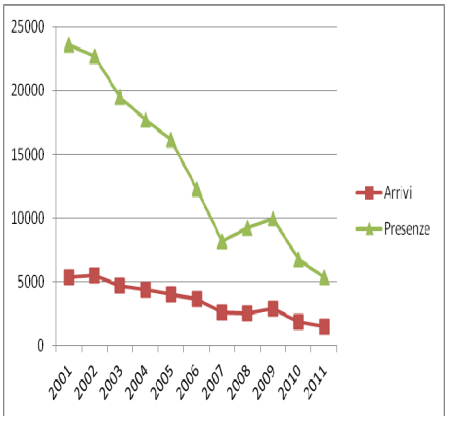
di una superficie 2285,42 ettari, di cui 642,62 ricadono nel comune di Scheggia e Pascelupo (Comunanze di Campitello, di Isola Fossara, di Valdorbia) e 1642,8 ettari nel comune di Costacciaro. La Comunanza di questo comune, l'Università degli Uomini Originari di Costacciaro, si estende a monte della Flaminia per quasi la totalità del territorio comunale; la proprietà è costituita prevalentemente da bosco ceduo, pascolo e cespugliato. Quest'ultima si è resa protagonista non solo nella salvaguardia e cura del territorio, ma ha anche un ruolo fondamentale nella gestione e nelle decisioni riguardanti l'intera area di Monte Cucco.

Industria - In tutti i comuni, tranne Scheggia e Pascelupo, la quota più elevata di addetti si registra nel settore industriale, a differenza di quanto accade nella media della provincia di Perugia, nella quale tale attività presenta una percentuale di addetti del 48% circa del totale. Salvo che per Scheggia e Pascelupo, si registra un peso maggiore degli addetti nel settore manifatturiero rispetto alla media provinciale; nel comparto delle costruzioni, Costacciaro e Sigillo fanno registrare un peso maggiore alla media provinciale, mentre Scheggia e Pascelupo e Fossato di Vico un peso minore. Tutti i comuni, tranne Fossato di Vico, hanno una quota percentuale superiore alla media provinciale nelle attività commerciali e nel settore dei trasporti e delle comunicazioni; negli altri settori (alberghi e ristorazione, attività immobiliari, finanziarie, bancarie, altri servizi) tutti i Comuni hanno invece una quota percentuale inferiore alla media provinciale. Altri dati di rilievo sono: iscritti alle liste di collocamento tendenzialmente in aumento; livello di reddito pro-capite dei quattro Comuni tra i più bassi della provincia di Perugia.

Turismo – Visto il valore assoluto dei beni ambientali e culturali che può vantare, il settore turistico potrebbe veramente rappresentare per l'area del parco di Monte Cucco, una fonte di primaria importanza per la produzione di reddito e per l'occupazione. I grafici di seguito riportati illustrano l'andamento delle presenze e degli arrivi negli anni più recenti per ogni comune. Per quanto riguarda Costacciaro, si registra una variazione percentuale media positiva per le presenze dal 2001 al 2006, dell'1,6%; gli arrivi in questo periodo presentano invece un lieve flessione dello 0,4%. Nel secondo periodo considerato, dal 2007 ad ottobre 2011, si ha una variazione media positiva dell'1% per gli arrivi e del 3,57% delle presenze.



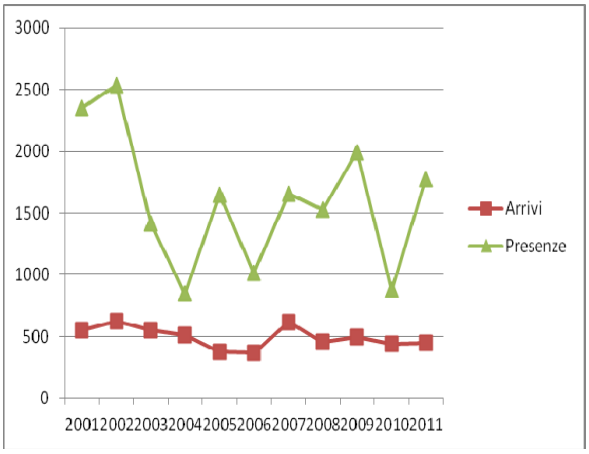
Costacciaro



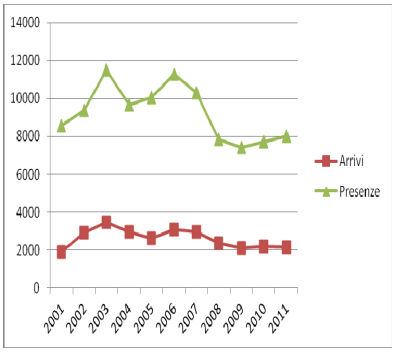
Fossato di Vico

Il Comune di Fossato di Vico presenta una situazione più negativa in entrambi i periodi: nel 2001-2006 gli arrivi sono diminuiti del 7% e le presenze del 10%; nel periodo 2007-2011 la diminuzione è stata del 10% per gli arrivi e dell'8,2% per le presenze. Il comune di Scheggia e Pascelupo ha avuto una diminuzione degli arrivi del 6% nel 2001-2006 e dell'11,8% nel 2007-2011; il trend però

evidenzia una compensazione tra la diminuzione delle presenze, (-20,4% nel primo periodo) ed un incremento nel secondo periodo, del 17,5%.



Scheggia e Pascelupo



Sigillo

Nel comune di Sigillo una situazione decisamente positiva si è avuta nel primo periodo: presenze che aumentano dell'8,4% ed arrivi del 13,1%. Dal 2007 e fino al 2011 si è registrata una flessione: -6% gli arrivi e -5% le presenze.
Attualmente, l'offerta alberghiera è divisa tra Sigillo con 2 alberghi, Fossato di Vico con 4 alberghi e Scheggia e Pascelupo un solo albergo; a Costacciaro non opera alcun esercizio di tipo alberghiero. Le aziende agrituristiche sono poche, ed offrono prodotti non molto diversificati ed innovativi; a Costacciaro si trovano tre strutture di questo tipo, oltre ad una a Scheggia e Pascelupo e una a Fossato di Vico. Per quanto riguarda la ricettività extra-alberghiera sono disponibili un discreto numero di posti letto offerti: dagli affittacamere (5 strutture di questo tipo), dalle case per ferie (3), dagli appartamenti (3), dai residence (4), dai bed and breakfast (5). È presente un solo campeggio nel comune di Costacciaro. Per quanto riguarda la ristorazione si è registrata sin dai primi anni 2000 una crescita della disponibilità dei coperti, che attualmente sono divisi tra 21 strutture.

Una proposta: il Geoparco - Il Geoparco Europeo è un territorio che possiede un rilevante patrimonio geologico e la possibilità di attuare strategie di sviluppo sostenibile mediante programmi idonei a promuovere tale sviluppo. Il territorio selezionato deve però disporre di un certo numero di siti geologici di particolare importanza per quanto riguarda il valore scientifico, le peculiarità proprie della zona e la valenza educativa, in modo da avere la grande opportunità di aderire alla Rete Europea dei Geoparchi. Non meno importante del patrimonio geologico è la presenza di una pianificazione strategica riguardante la gestione sostenibile dell'area di interesse che può comprendere non solo gli aspetti naturali ma anche fattori antropici come elementi archeologici, storici, culturali. La Rete Europea dei Geoparchi è l'organizzazione che si occupa del supporto ai membri per lo sviluppo del geoturismo ed è responsabile per la valutazione e il funzionamento dei Geoparchi al fine di rendere il titolo di Geoparco un marchio di qualità nell'ambito del turismo verde.

Caratteristiche - La Rete Europea dei Geoparchi indica le caratteristiche fondamentali di un Geoparco:

- Un Geoparco deve essere costituito per la valorizzazione di un patrimonio geologico unico per la sua rilevanza scientifica, per le sue caratteristiche uniche e per il suo possibile valore educativo e scientifico.

- Non sono posti limiti dimensionali, ma una certa superficie è richiesta per poter incentivare lo sviluppo economico dell'area di interesse.
- L'area di riferimento deve contribuire allo sviluppo locale orientandosi verso uno sviluppo sostenibile.
- La realizzazione del Geoparco deve avvenire grazie al supporto della popolazione locale e deve coinvolgere sia gli enti pubblici del territorio (comuni, comunità montane, provincia), che gli enti privati (organizzazioni economiche).
- Per un migliore funzionamento del Geoparco è necessaria anche la partecipazione di enti di ricerca e preposti all'istruzione. Con queste collaborazioni multidisciplinari, infatti, potranno svilupparsi sinergie e scambi tra le diverse entità e si verrà a costituire un importante punto di incontro tra enti pubblici, privati e abitanti della zona.
- Il Geoparco deve essere oggetto di ricerca scientifica nell'ambito geologico e geomorfologico.
- È necessaria una struttura adeguata per il collegamento e lo sfruttamento dei diversi siti d'interesse.

L'elencazione di tali caratteristiche permette di capire che non tutte le zone a rilevanza geologica possono avere la possibilità e l'interesse di essere riconosciute come Geoparco Europeo. I vincoli ambientali e naturalistici sono comunque compensati da notevoli vantaggi economici dal punto di vista turistico, poiché l'ingresso nella rete è occasione per valorizzare il patrimonio geologico con strategie di sviluppo che fondono conservazione, protezione e valorizzazione. Essere membro della Rete Europea dei Geoparchi consente di poter ragionevolmente sperare in una crescita, anche grazie agli scambi di esperienze su elementi comuni con altri Geoparchi. Inoltre, tale riconoscimento porta un valore aggiunto al territorio non solo a livello locale, ma, sotto l'egida dell'UNESCO, anche globale.

L'UNESCO ed i Geoparchi Europei - Considerati gli obiettivi comuni di protezione naturale, educazione ambientale e promozione regionale, l'UNESCO ha più volte indetto collaborazioni con l'EGN, tramite incontri, missioni di esperti per la sensibilizzazione del pubblico sulle tematiche ambientali. Facendo parte poi dei comitati per la gestione della Rete si comprende come l'UNESCO è presente in ogni fase operativa e ha diritto di veto nelle decisioni sulle domande di adesione. La Rete Globale dei Geoparchi condivide la sua base concettuale con la Rete Europea per quanto riguarda la filosofia e la gestione. Ormai da tempo, la Divisione UNESCO di Scienze della Terra ha elaborato partnership e suscitato molto interesse in numerose istituzioni scientifiche geologiche ed in organizzazioni non governative in materia di tutela del patrimonio geologico. Attualmente, non esiste una designazione di Geoparco UNESCO; tuttavia, i membri della rete europea dei Geoparchi sono membri della Rete Globale dei Geoparchi Nazionali assistita dall'UNESCO. Sebbene, infatti, sia stata assegnata grande importanza alle questioni dei patrimoni geologici, gli amministratori delegati del Comitato esecutivo dell'UNESCO, considerando i vincoli attuali di bilancio, hanno deciso, nella primavera del 2011, di non perseguire lo sviluppo di un nuovo programma dell'UNESCO e, purtroppo, la proposta di lancio di un programma di Geoparchi interamente a marchio UNESCO non è stata accettata. Nonostante questa decisione, che, in prospettiva, noi reputiamo come sbagliata, il ruolo dell'UNESCO rimane fondamentale per migliorare la consapevolezza pubblica del valore dei patrimoni geologici e si è comunque ottenuto il pieno riconoscimento internazionale.

Conclusioni - La proposta illustrata in questo lavoro potrebbe essere, per l'intera zona del parco, un'opportunità non indifferente, considerando l'immenso patrimonio naturale, i beni culturali presenti e le possibilità di sviluppo del turismo. Di fatto, è poi palese che uno sviluppo economico locale sia auspicato anche da molti residenti, consapevoli di quanto può essere fatto solo con quanto già si ha. Però, la proposta formulata dalle amministrazioni locali è in realtà molto diversa e,

secondo noi, gravemente lesiva delle reali potenzialità presenti nell'area. In vista dell'assegnazione di fondi strutturali FAS (Fondo per le aree sottosviluppate), strumento di finanziamento del governo italiano per le aree sottoutilizzate del Paese che raccoglie risorse nazionali aggiuntive, da sommarsi a quelle ordinarie ed a quelle comunitarie, anche i Comuni della zona si sono attivati. Ma l'idea proposta è incredibilmente quella di abbattere i vincoli ambientali di alcune zone dell'area protetta per poter così realizzare un impianto eolico. Sebbene si parli di energie alternative ed è per noi fuor di ogni ragionevole dubbio che la matrice della crisi economica italiana sia di natura assolutamente energetica (se avessimo tanta energia disponibile ed a buon prezzo non saremmo certo arrivati a questo punto! Non crediamo, infatti, che siano preparazione tecnica e voglia di fare che ci difettano, a prescindere dall'impaludamento politico, in via di ulteriore peggioramento, che, invece, proprio non ci meritiamo e di cui faremmo volentieri a meno!), quanto proposto dagli amministratori locali non ci appare come una delle opzioni migliori per la zona, considerando che le aree interessate sono comunque vincolate; quelle in "Zona C" lo sono più fortemente e quelle della "Zona D" in maniera più attenuata. Ma restano comunque consentite solo attività compatibili con l'area naturale protetta. L'impatto estetico ed ambientale di una centrale eolica non può di certo attrarre un turismo naturalistico di alto profilo pensato per l'area dei quattro comuni, anche se consentirebbe la produzione di energia verde e l'ottenimento dei fondi FAS. Questi fondi, destinati in larga parte anche alla realizzazione di strutture per l'ambiente e per le energie rinnovabili, potrebbero teoricamente contribuire alla costruzione degli impianti (molto costosi); ma, posto che praticamente buona parte dei comuni umbri ne faranno richiesta, non è però certo che siano effettivamente elargiti per finanziare la proposta o che infine bastino. A questo punto una domanda sorge spontanea: vista la gravissima crisi economica che attanaglia tutti gli enti locali, non è che si cerca in questo modo di far soltanto cassa…"e poi vedremo"? In realtà, nell'ambito del Programma Attuativo Regionale per le risorse Fondo Aree Sottoutilizzate 2007 -2013 (PAR FAS) è prevista anche un'apposita azione denominata "*Potenziamento della qualità e della fruibilità degli attrattori naturali e culturali"* che potrebbe essere adoperata per migliorare le strutture esistenti, per sfruttare le peculiarità naturali dell'area, per realizzare infrastrutture ambientali di gran lunga più interessanti e meno costose. Quanto all'impianto eolico, e a mo' di puro esercizio mnemonico, è bene ricordare che questo tentativo è stato poi già fatto in passato dal comune di Fossato di Vico, con ben due strutture visibili al di sopra della città e a molti km di distanza, seppur di dimensioni ridotte e di più che dubbia utilità. Probabilmente, anche l'idea presentata in questo lavoro forse non potrà mai essere realizzata, considerando per prima cosa il problema del sottodimensionamento dell'area indicata. Infatti, è pur vero che tra i requisiti di un Geoparco la dimensione minima non è stabilita, ma, come sopra riportato, una certa superficie è necessaria per incentivare lo sviluppo economico. Un ulteriore e possibile studio di fattibilità potrebbe essere realizzato includendo nell'area anche l'altro versante, quello che si trova in territorio marchigiano e studiando i possibili vantaggi sinergici che apporterebbe un aumento dell'estensione di suolo utile. Comunque, riteniamo che, le proposte avanzate per incentivare il turismo, rendendo questo settore trainante per tutti gli altri, restino valide nel medio-lungo periodo e siano dettate, oltre che da considerazioni economico-ambientali, anche da semplice buonsenso. Oggettivamente, potrebbero migliorare l'economia depressa della zona; nutriamo invece seri dubbi sull'aumento degli impieghi pro-residenti, se non temporanei, derivanti dalla costruzione di una centrale eolica.

Bibliografia minima di riferimento

Benigli T.A., 1670, "Relazione sulla visita nella Grotta di M.Cucco del 28 luglio 1670", Tip. Economica, Fabriano
Gabrielli F., 1759, "Descrizione della Grotta di M.Cucco", Opuscoli Scient.e Fisiolog. del Calogerà, Simone, Occhi, Venezia
Gregorovius F., 1856, "Descrizione della Caverna di M.Cucco in una Epistola", manoscritto
Miliani G.B., 1883, "Monte Cucco", Riv. Alpina, Torino

Salvatori F., 2009, “La Grotta di Monte Cucco”, SpeleoCENS, n. 34, Costacciaro
Salvatori F., 2009, “Il Museo laboratorio del parco del Monte Cucco”, SpeleoCENS, n. 34, Costacciaro

Sitografia minima di riferimento

http://www.europeangeoparks.org - http://www.discovermontecucco.it -
http://www.parks.it/parco.monte.cucco - http://www.cantodellupo.it -
http://www.uominioriginaricostacciaro.it - http://www.discovermontecucco.it/ITA/News/48/Le-Scuole-e-lEducazione-Naturalistica-nellAppennino-Umbro-Marchigiano -
http://www.parks.it/parco.monte.cucco/sog.php - http://www.discovermontecucco.it/ITA/Archivio-News/43/18-Campionato-Mondiale-di-Deltaplano -
http://www.parks.it/parco.monte.cucco/pun2.html -
http://www.cmaltochiascio.it/Index.aspx?idmenu=2033 - http://www.cens.it/03bimpostazioni.htm -
http://censimentoagricoltura.istat.it - http://www.beniculturali.regione.umbria.it

La rappresentazione cartografica dei caratteri dei paesaggi toscani

Fabio Lucchesi, Christian Ciampi, Michele De Silva, Michele Ercolini,
Emanuela Loi, Fabio Nardini, Ilaria Scatarzi

Centro Interuniversitario di Scienze del Territorio (CIST: Università degli Studi di Firenze, Università di Pisa, Università degli Studi di Siena, Scuola Normale Superiore, Scuola Superiore Sant'Anna), email fabio.lucchesi@unifi.it

Riassunto
Il contributo presenta alcuni esiti di una attività di redazione di una cartografia in scala 1:50000, estesa all'intero territorio della Regione Toscana, progettata per essere particolarmente espressiva dei caratteri di identità del paesaggio. La carta è costruita con una particolare attenzione ai temi dell'editing grafico, ma attingendo le informazioni disponibili nel sistema informativo istituzionale regionale. Da questo punto di vista è un prodotto che attinge e rinnova il repertorio delle tecniche tradizionali di rappresentazione, senza rinunciare ad essere un prodotto "aperto", verificabile, falsificabile.

Abstract
This paper presents some results of a scale 1:50,000-map drafting project. The map will cover the whole territory of Tuscany Region, and has been designed to expressively represent landscape identity. The map is built with special attention to cartographic editing issues; but uses the formal practices employed by institutional geographic information systems. From this point of view the map uses and renews traditional techniques of cartographic representation, continuing to be, in all respects, a testable and falsifiable product.

Premessa: il paesaggio e le sue *rappresentazioni* nelle diverse discipline

Dal 2010 la Regione Toscana ha avviato una attività di revisione della disciplina paesaggistica prevista dal proprio Piano di Indirizzo Territoriale; il PIT vigente è stato approvato nel 2007 ed è stato implementato quale "piano urbanistico-territoriale con specifica considerazione dei valori paesaggistici" ai sensi del *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (DL 42/2004), nel giugno del 2009. In questa attività di revisione è stata coinvolto il sistema universitario toscano nel suo complesso; in una prima fase (2010/2011) l'amministrazione regionale ha affidato alla Facoltà di Architettura dell'Università di Firenze il compito di costruire una valutazione critica della implementazione paesaggistica del PIT, con la raccomandazione di raccogliere contributi attraverso seminari organizzati nelle tre sedi universitarie toscane: Firenze, Pisa e Siena. L'esperienza ha dimostrato, se ce ne fosse stato il bisogno, le potenzialità delle sinergie tra le diverse istituzioni di ricerca. Questa convinzione, diffusa e condivisa, ha generato già nel 2011 due effetti importanti: il primo è la costituzione del Centro Interuniversitario di Scienze del Territorio, concepito come un "accordo tra i principali Atenei ed Istituti toscani con la volontà di ricomporre una visione unitaria delle differenti discipline che affrontano le politiche territoriali ed il governo del territorio regionale"[1]. Il secondo è un accordo tra Regione Toscana e CIST che, valutata "l'opportunità di sviluppare e potenziare il rapporto di collaborazione e di cooperazione tra Regione Toscana e le Università e le Scuole Superiori di Studi Universitari della Toscana, con particolare riferimento al governo del territorio e alla tutela del paesaggio", individua e definisce alcuni temi oggetto di un

[1] Cfr. www.cist.unifi.it

rapporto di cooperazione tra le due istituzioni; in sintesi estrema, tali temi riguardano l'elaborazione di metodologie per l'elaborazione di quadri conoscitivi, di politiche e di progetti innovativi finalizzati al governo del territorio e la definizione di criteri per la costruzione degli archivi informativi georeferenziati tali da garantire l'accessibilità e l'implementazione nel tempo delle conoscenze.
L'accordo tra Regione e CIST ha permesso la costituzione di un gruppo di lavoro molto esteso, composto in parte da personale docente e ricercatore strutturato nei cinque atenei toscani e aderenti al Centro e in parte da giovani studiosi selezionati tramite specifici bandi. L'impegno di ricerca è stato avviato alla fine del 2011 e si concluderà presumibilmente nei primi mesi del 2013. Colpisce, scorrendo l'elenco dei ricercatori del gruppo, l'eterogeneità disciplinare dei suoi componenti: sono rappresentati, in un ordine casuale, pianificatori, architetti del paesaggio, urbanisti, geomorfologi, geologi applicati, pedologi, zoologi, economisti agrari, storici economici, geografi, archeologi, topografi, scienziati forestali, agronomi, storici dell'arte, scienziati politici.
Se si prendono sul serio le parole che definiscono i temi di collaborazione tra le istituzioni coinvolte in questa esperienza, non può sfuggire la centralità del tema della costruzione e della condivisione dell'informazione territoriale. Questa materia è esplicitamente indicata come il luogo in cui le diverse *rappresentazioni* disciplinari di territorio e paesaggio si confrontano in cerca di una sintesi comune. Il corsivo utilizzato per il termine "rappresentazione" sta per significare che questo termine va inteso, insieme, sia in senso lato, come sinonimo di modello descrittivo e interpretativo, sia, come vedremo, in senso più stretto, considerandolo sostanzialmente un sinonimo di *cartografia*.
A cosa servono le rappresentazioni del territorio? A molte cose: proviamo a identificare livelli distinti nei quali l'efficacia e il ruolo delle rappresentazioni del territorio (intese ora in senso lato) divengono espliciti.
Un primo livello è quello dell'azione interna alle diverse discipline; qui la produzione di rappresentazioni ha una funzione eminentemente euristica, e lo scopo di attivare connessioni entro il patrimonio di conoscenze proprio di ogni campo cognitivo. A questo livello le diverse discipline utilizzano le forme e tecniche della rappresentazione proprie di ciascuna tradizione: i pianificatori si servono, per esempio, di materiali cartografici nelle quali sono riconoscibili, misurabili, e vicendevolmente rapportabili, i materiali del progetto urbanistico e territoriale (edifici, infrastrutture, forme del terreno, e così via). Altre discipline utilizzano modelli cognitivi diversi che producono materiali molto specialistici, talvolta difficilmente interpretabili da chi non sia perfettamente padrone delle competenze proprie di ciascun sapere.
Dunque, esplorando il ruolo delle *rappresentazioni*, è necessario immaginare un secondo livello di efficacia, che corrisponde esattamente alla sua azione in arene interattive in cui i diversi approcci disciplinari si confrontano, come quella che stiamo descrivendo. Da questo punto di vista la misura dell'efficacia della rappresentazione dovrebbe coincidere con la valutazione della sua capacità di rendere possibile il dialogo tra diversi paradigmi descrittivi. Riflettere su questa questione è una necessità richiamata da ogni azione cognitiva e valutativa che si intenda impostare in modo sinceramente multidisciplinare. Naturalmente, la natura *spaziale* che caratterizza le informazioni territoriali è un connotato influente da questo punto di vista: una sorta di dimensione di profondità verticale capace di definire nuovi rapporti di senso tra gli elementi descritti (per essere più espliciti: niente è più pertinente, nella valutazione della forma delle città, dell'indagine sui caratteri geomorfologici del suolo sul quale le città giacciono).
Talvolta, infine, la conoscenza ha l'opportunità di tradursi in azione, o per lo meno di aiutare i decisori a disporre le opzioni tra azioni alternative in una gerarchia di desiderabilità. Nel campo delle scienze del territorio questa opportunità dovrebbe presentarsi spesso, considerando le auspicabili implicazioni tra i saperi tecnici e gli strumenti di controllo pubblico delle trasformazioni di città, territorio e paesaggio. Ma le arene in cui si formano le decisioni pubbliche funzionano attraverso procedure e dispositivi comunicativi molto diversi da quelli che governano le interazioni della comunità scientifica. Allora deve essere immaginato un terzo livello di efficacia, quello che misura la capacità di comunicazione con i saperi esterni agli ambiti specialistici in cui le

rappresentazioni vengono prodotte; si tratta di saperi "laici, propri dei referenti spesso inconsapevoli delle azioni conoscitive e progettuali. E bisogna anche considerare che di questo gruppo fanno parte spesso proprio i decisori: amministratori e committenti. Questo aspetto non dovrebbe essere sottovalutato: non si tratta di una deriva, come dire, di divulgazione populistica degli esiti della ricerca scientifica; si tratta di rendere espliciti i modelli di valutazione che sottostanno alla formazione delle decisioni pubbliche, di argomentarne le ragioni e di costruire consapevolezza sulla "posta in gioco" ad esse connessa.
D'altra parte la locuzione "rappresentazione del territorio" può essere utilizzata con diverso significato. Nella vicenda che stiamo ripercorrendo il tema maggiormente ricorrente nelle indicazioni poste alla base delle attività di revisione della riguarda proprio la *rappresentazione*, questa volta da intendere in senso più materiale. Nel momento in cui Anna Marson, assessore al territorio della Regione Toscana, comunicava alla pubblica opinione le ragioni dell'avvio di questa fase di revisione della disciplina paesaggistica del PIT pronunciava questa frase: "Uno dei rilievi più consistenti della Direzione regionale del Ministero al piano a suo tempo adottato (giugno 2009) è l'assenza di *rappresentazioni cartografiche adeguate dei diversi paesaggi della Toscana* [corsivo nostro]. Pertanto una delle azioni qualificanti la nuova redazione del piano dovrà consistere nella predisposizione di una cartografia in grado di evidenziare e articolare le caratteristiche paesaggistiche"[2].
Nella organizzazione dei gruppi di lavoro applicati al supporto delle attività istituzionali di revisione della disciplina paesaggistica, sotto la responsabilità di Paolo Baldeschi, agli autori di questo contributo è stato affidato il compito di sperimentare una metodologia di costruzione di un materiale cartografico espressivo delle diverse identità dei paesaggi della Toscana. In questo contributo si riferisce dei termini in cui il lavoro è stato impostato: tenendo sullo sfondo il tentativo di tenere insieme le tre nature di efficacia esposte sopra. In qualche misura, questo sforzo indaga sulla capacità della rappresentazione cartografica di tenere insieme funzioni euristiche, di costituirsi come campo di dialogo tra le discipline, di comunicare pubblicamente giudizi di valore capaci di argomentare le scelte di trasformazione.

Il paesaggio e la cartografia
Massimo Quaini, in un saggio del 1991, ha attribuito al dominio dello "sguardo topografico" come criterio di rappresentazione del territorio una sostanziale impossibilità di estrarre la nozione di paesaggio da "un labirinto enciclopedico scarsamente idoneo a fornire strumenti analitici e critici di ricerca".

[2] Cit. in http://toscana-notizie.it/blog/2011/01/19/piano-paesaggistico-approvato-il-programma-di-lavoro-per-la-sua-revisione-e-completamento/



Figura 1. Carta topografica del Compartimento Lucchese eseguita d'ordine di Sua Eccellenza il Signor Tenente Generale Cav. G. de Laugier Conte di Bellecour ministro della guerra. Rilievo eseguito alla scala militare di 1:28.800 del vero dal Tenente dello Stato Maggiore Generale Celeste Mirandoli delineata nell'Uffizio Topografico da Adolfo Zuccagni Orlandini. Firenze, 1850.

Le questioni in gioco sono molteplici; la prima riguarda il linguaggio della rappresentazione grafica e la progressiva e "irriducibile" separazione tra la pittura di paesaggio e il disegno topografico che si compie tra la fine del XVIII e l'inizio del XIX secolo. Nella ricostruzione di Giovanni Romano richiamata da Quaini, mentre "la pittura di paesaggio [si libera] dai suoi obblighi utilitaristici verso la geografia e la topografia, perdendo quindi la necessaria aderenza alla realtà del territorio (…) il disegno tecnico dei topografi e dei geografi perde le sue qualità personali di esecuzione, al limite di invenzione linguistica, per irrigidirsi nella convenzionalità assoluta di un codice simbolico ancora oggi in vigore". Tale codice simbolico, nella argomentata ricostruzione di Quaini, si comporrebbe fondamentalmente di due elementi: il primo riguarda il rifiuto della prospettiva e l'uso esclusivo della proiezione geometrica. Il secondo concerne l'esorcizzazione della dimensione temporale, da escludere a vantaggio della produzione di immagini di spazi e di paesaggi immobili e senza tempo.

Le conclusioni di Quaini sono pessimistiche: l'opposizione tra disegno topografico e disegno artistico ha allontanato il paesaggio dalla nostra capacità critica e interpretativa. Senza modelli descrittivi adeguati a riconoscerlo, potremmo aggiungere, è assai arduo costruire una consapevolezza progettuale capace di orientare le sue trasformazioni.
L'esperienza descritta di seguito si fonda su una speranza e una ipotesi metodologica diversa: che sia utile provare a ragionare sui criteri e le tecniche di costruzione della cartografia e che ci sia una possibilità di *avvicinare*, in qualche modo, il paesaggio (la sua evidenza percettiva, le regole che lo strutturano) alla carta. E che sia necessario, nello stesso tempo, *stare*, senza allontanarsi, nel rigore della topografia e della costruzione metodica dei materiali descrittivi, per mantenere la chiarezza necessaria alla condivisione sociale dei modelli cognitivi che si usano.
Dopo tutto, il tema delle decisioni pubbliche sulle trasformazioni del territorio e del paesaggio ha a che fare soprattutto con la giustizia, prima che con la verità.

Metodologia e procedure tecniche per la redazione della carta dei caratteri del paesaggio
Come il paesaggio non è la semplice sommatoria delle sue componenti, così la tavola cartografica ha una capacità descrittiva superiore all'insieme delle informazioni che contiene. La carta rende evidenti, per forza propria e immediatamente, ordini spaziali, regole di giacitura, principi di relazione, che trovano difficilmente spazio nelle descrizioni enumerative e inventariali. I nessi tra i segni che popolano la mappa si fanno struttura (ordine, ruolo, senso): il rapporto tra le forme del suolo e la morfogenesi dei centri urbani collinari; il legame tra le gerarchie idrografiche e la definizione delle trame agrarie dei fondovalle alluvionali; il ruolo generatore dei tracciati di impianto rispetto alle articolazione delle parti di città; e così via.
La ricerca ha avviato una attività di redazione di una carta 1:50k, a copertura di tutto il territorio regionale finalizzandola alla evidenziazione dei caratteri di identità dei paesaggi toscani. La carta è l'esito di: (i) una selezione delle informazioni tematiche e topografiche disponibili nelle banche dati del Sistema Territoriale e Ambientale della Regione Toscana funzionale alla documentazione degli elementi maggiormente caratterizzanti il paesaggio; (ii) l'elaborazione di tali informazioni attraverso operazioni di generalizzazione funzionali alla conservazione, nella transizione tra le scale dettagliate di origine a quella di minor dettaglio finale, della completezza e delle leggibilità delle informazioni e della valorizzazione del ruolo descrittivo proprio degli elementi che definiscono le identità locali; (iii) la sperimentazione di tecniche di simbolizzazione avanzate funzionali alla visualizzazione dei rapporti di senso che sottostanno alle relazioni di prossimità e di giacitura dei segni topografici e all'allusione alle esperienze percettive reali dell'osservatore del paesaggio.
La carta è l'esito della integrazione di tecniche informatiche diverse, per la massima parte tratte dal repertorio degli strumenti caratteristici dei *software* GIS; una parte minore, ma significativa, per il resto attinte dalle capacità dei *software* di *image processing*. Questa tecnica comporta la progressiva rasterizzazione degli strati tematici vettoriali proiettati in ambiente GIS e il loro trasferimento nell'ambiente grafico. Tutti i passaggi tecnici sono stati formalizzati e documentati: nella nostra intenzione questa formalizzazione sottrae la carta a qualsiasi chiusura "autoriale". La carta è un prodotto scientifico a pieno titolo: verificabile, falsificabile e reversibile. È sempre possibile sottoporla a vaglio critico e modificarla intervenendo nella fase opportuna del processo della sua costruzione (certamente, con una pazienza proporzionale alla complessità della sua costruzione).
Di seguito, articolandoli in quattro sezioni tematiche, riferiamo sinteticamente delle fonti informative utilizzate e delle tecniche applicate per la redazione della carta.
(i) le forme del suolo e i condizionamenti geomorfologici
La fonte informativa fondamentale è un DTM di passo 20m realizzato per interpolazione dell'informazione altimetrica presente nella CTR Toscana in scala 1:10k, opportunamente collaudata ed emendata da errori materiali[3]. Dal modello sono state derivate una copertura *hillshade* e una copertura *slope*. Lo *shaded relief* utilizzato dalla carta è il risultato dell'*overlay* tra le due

[3] Su questo aspetto, cfr. il contributo di Chiara Nostrato et al. in questa stessa raccolta.

coperture simboleggiate attraverso un gradiente monocromatico. L'istogramma dei valori di luminosità della copertura *hillshade* è stato modificato per enfatizzare i valori corrispondenti alle ombre proprie dei rilievi; la luminosità della copertura *slope* è proporzionale ai valori di pendenza. L'*overlay raster* è stato realizzato attraverso il metodo di fusione *Multiply* in ambiente Adobe Photoshop: in questo modo i toni scuri della copertura *hillshade* intensificano la profondità delle aree in ombra, ma non alterano significativamente i toni chiari caratteristici della copertura *slope* nelle aree di crinale. Queste operazioni, ancorché costringano a occupare qualche riga per descriverle, riproducono essenzialmente le tecniche di lumeggiamento a luce mista caratteristiche della cartografia tradizionale; il metodo risulta particolarmente espressivo per dare evidenza plastica alla articolazione orografica che caratterizza i diversi paesaggi toscani. Lo "sfumo" a due livelli così costruito è utilizzato per ombreggiare gli altri tematismi areali estesi presenti nella carta, come l'uso del suolo. Per conservare i caratteri di plasticità nella rappresentazione dei rilievo i tematismi areali estesi sono schermati, nei rilievi, da una maschera costruita dal negativo della copertura *slope*. In questo modo il chiaroscuro diventa propriamente lumeggiamento, perché oltre ad abbassare i livelli di luminosità nelle ombre, li alza in corrispondenza dei crinali e delle sommità orografiche.

Le aree boscate dei rilievi sono aggettivate cromaticamente secondo una articolazione in tipi fisiografici[4] che distingue i rilievi secondo specifici caratteri geomorfologici. Il sistema idrografico è rappresentato con tematismi areali e lineari, in parte generalizzati, estratti dal DB topografico regionale.

(*ii) le singolarità vegetazionali*

I caratteri colturali e vegetazionali sono descritti da una copertura di uso del suolo in scala 1:50k derivata dalla generalizzazione di materiale 1:10k proveniente dalle banche dati del SITA regionale e parzialmente integrata con informazioni derivate dalla carta forestale dell'Arrigoni[5] e dall'Inventario Forestale della Toscana[6] e, infine, dal confronto con materiale fotografico aereo e satellitare recente. La procedura di generalizzazione seguita è contemporaneamente tematica e geometrica[7]. La riclassificazione per fini paesaggistici delle voci di legenda non segue rigidamente né la tematizzazione, né l'articolazione gerarchica caratteristica del progetto Corine Land Cover, ma è concepita per dare evidenza, nei territori naturali e seminaturali, e in particolare nelle aree protette, alla presenza di specie rare o comunque caratterizzanti. Per questo motivo, per fare alcuni esempi, i castagneti da frutto appenninici sono individuati come classe a sé stante, così come la vegetazione sclerofilla, le pinete costiere e le garighe della fascia mediterranea, o la vegetazione caratteristica dei margini fluviali. Le operazioni di generalizzazione propriamente geometrica sono strutturate per enfatizzare nella rappresentazione finale le classi di uso del suolo distribuite in *patch* di estensione limitata, ma particolarmente significative per descrivere i valori del paesaggio, come, per esempio, le sistemazioni colturali complesse di margine ai centri collinari e montani. Per le specie caratterizzanti la vestizione non usa cromatismi piatti, ma valorizza le potenzialità di generazione di *texture* grafiche proprie dell'ambiente Adobe Photoshop. Il risultato finale tenta quindi di alludere alla consistenza visiva e "tattile" delle coperture boschive (cromatismi, pattern di densità, chiaroscuro).

(iii) il sistema insediativo

Il sistema insediativo è rappresentato attraverso due coperture, la prima areale ("edifici"), la seconda lineare ("viabilità stradale e ferroviaria"). Tali coperture sono state costruite attraverso generalizzazione dell'informazione topografica corrispondente archiviata nella CTR e nel DB topografico multiscala della Regione Toscana, opportunamente aggiornate utilizzando fonti catastali

[4] I tipi fisiografici sono stati delineati dal gruppo di lavono dedicato alla descrizioni dei caratteri geomorfologici, coordinato da Carlo Alberto Garzonio e da Stefano Carnicelli.

[5] Si tratta di un campionamento per punti a maglia regolare in cui vengono indicate le specie boscate prevalenti; la carta forestale Arrigoni è costantemente aggiornata.

[6] Si tratta di un campionamento per punti a maglia regolare in cui vengono indicate con grande dettaglio, tra l'altro, le specie prevalenti con la ripartizione percentuale e il tipo di governo.

[7] Su questo tema, cfr. il contributo di Ilaria Scatarzi et al. in questa stessa raccolta.

e di pubblico dominio (*OpenStreetMap*)[8]. La copertura "edifici" contiene attributi relativi alla data di prima documentazione cartografica; questa informazione viene valorizzata distinguendo cromaticamente i centri e i nuclei storici (cioè presenti alla metà dell'Ottocento) e le addizioni urbane intervenute fino agli anni '50 del Novecento. Questa caratterizzazione rende evidente l'armatura insediativa originaria, ed è corroborata da una simbolizzazione specifica per gli elementi del sistema infrastrutturale di cui la ricerca ha riconosciuto un carattere morfogenetico fondativo. Gli altri elementi dell'organizzazione insediativa (viabilità e insediamenti contemporanei) sono simboleggiati con cromatismi di debole evidenza, per rafforzare la leggibilità degli assetti identitari persistenti. Fanno eccezione gli insediamenti industriali, individuabili per l'attributo di classe morfofunzionale che ereditano dalla CTR; questi elementi, fortemente caratterizzanti i paesaggi contemporanei delle pianure, sono riconoscibili attraverso una delicata enfasi grafica.

(iv) il mosaico dei coltivi

Come si è anticipato, i caratteri colturali sono descritti attraverso la copertura di UDS presentata al punto (ii). La scala di rappresentazione rende sufficientemente espressivo dei caratteri paesaggistici collinari il mosaico delle patch delle classi di arboricoltura (tipicamente: dell'alternanza oliveto/vigneto). La vestizione delle *patch* è anche in questo caso costruita per alludere alla consistenza "tattile" di questa classe di coltivi (le geometrie lineari dei vigneti, il ritmo degli oliveti) ed è realizzata attraverso *texture*. La caratterizzazione paesaggistica della carta ha imposto una particolare attenzione alla descrizione delle sistemazioni idraulico-agrarie dell'arboricoltura di versante. Esse sono state individuate attraverso *cluster* costruiti rispetto alle linee di terrazzamenti e ciglionamenti documentati nel DB topografico. La simbolizzazione delle sistemazioni è ottenuta attraverso la riproduzione del ritaglio delle curve di livello corrispondenti alle aree terrazzate, sottoposte a *smoothing* per aumentarne l'espressività grafica. Una attenzione diversa e specifica è stata dedicata ai seminativi di fondovalle o delle pianure estese. In questo caso l'uso esclusivo della copertura UDS, per la dimensione delle *patch* corrispondenti alle superfici coltivate non avrebbe potuto dar conto della trama locale degli appezzamenti (densità, morfologia, orientamento). Questi caratteri sono stati riprodotti riportando nella rappresentazione le scoline descritte nel DB topografico multiscala, le quali, pur rilevate con intensità molto dissimili nelle diverse parti del territorio, riescono a visualizzare i caratteri fondamentali dei mosaici colturali. Per migliorare l'espressività visiva della rappresentazione la carta tenta di alludere con sottili variazioni cromatiche alla consistenza visiva dell'alternanza delle specie coltivate. Questa simbolizzazione è ottenuta attribuendo valori *random* a una generalizzazione della parcellizzazione catastale corrispondente alla estensione dei seminativi.

[8] Su questo tema, cfr. il contributo di fabio Nardini et al. in questa stessa raccolta.

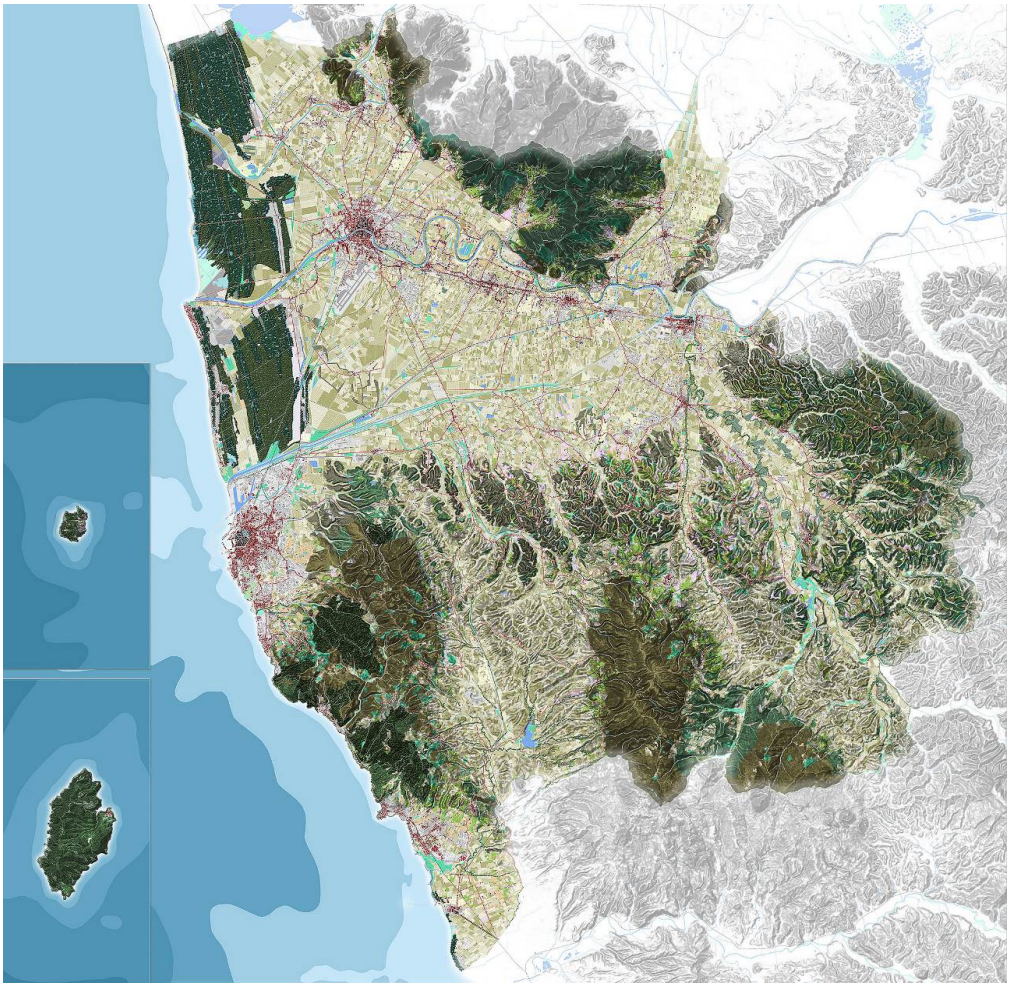


Figura 2. Carta interpretativa dei paesaggi toscani, Ambito "Piana Livorno-Pisa-Pontedera".

Bibliografia

Dematteis, G. (1996), "Nella testa di Giano. Riflessioni su una geografia poetica", *Urbanistica*: 82,
Quaini M. (1991), "Per una archeologia dello sguardo topografico", *Casabella*: 575-576
Gambino, R. (2000) "Le rappresentazioni come scelte di valore" in Marson, A. (a cura di), *Rappresentanza e rappresentazione nella pianificazione territoriale*. Atti del seminario, IUAV/DAEST, Venezia
Romano G. (1991), *Studi sul paesaggio*, Einaudi, Torino.
Söderström Ola (2005), "Città di carta: l'efficacia delle rappresentazioni visive nella strutturazione urbanistica", *Urbanistica*:106

BIOPOLE: un sistema di supporto alle decisioni (DSS) web-GIS per la localizzazione ottimale degli impianti a biomassa

Giuseppe Maffeis (*), Daniele Roncolato (*), Andrea Cherubini (*),
Alice Bernardoni (*), Salvatore Greco (*), Anna Boccardi (**), Alessandro Chiesa (**),
Mauro Brolis (**), Mauro Fasano (***)

(*) TerrAria srl, Via M. Gioia 132, 20125 Milano, Tel. 02.8708.5650, email: maffeis@terraria.com
(**) B.U. Energia & Ambiente, CESTEC S.p.a, Viale Restelli 5/A, 20124 Milano
(***) D.G. Ambiente, Energia e Reti, U.O. Energia e reti tecnologiche, Regione Lombardia,
Piazza Città di Lombardia, 20125 Milano

Riassunto
Lo sfruttamento delle biomasse a fini energetici, è un tema estremamente attuale e lo sarà ancora di più nel prossimo futuro, a causa degli obiettivi presenti nella normativa comunitaria (2020 – Piano di azione europeo per il clima) che prevedono un forte aumento del contributo della biomassa alle Fonti di Energia Rinnovabile (FER) termiche. BIOPOLE (www.bioenergis.eu - cliccare sull'icona BIOPOLE) è un *Decision Support System* (DSS), basato sulla tecnologia Web-GIS, sviluppato all'interno del progetto europeo BioEnerGIS ("IEE" - *Intelligent Energy for Europe*) volto a definire lo sfruttamento energetico sostenibile della biomassa a livello regionale. BIOPOLE ricava, sulla base di input regionali e grazie ad una simulazione modellistica online, la migliore soluzione in termini di potenza, di tipologia e di localizzazione per i nuovi impianti a biomassa che alimentino una piccola rete locale di teleriscaldamento.
Regione Lombardia insieme con Cestec ha coordinato il progetto BioEnerGIS ed è uno dei decisori regionali ai quali il sistema si rivolge. Il concetto alla base della metodologia di BIOPOLE è la ricerca, a livello locale e regionale, della corrispondenza tra la domanda di calore richiesta dal territorio e l'energia termica disponibile, in termini di biomassa potenzialmente sfruttabile in maniera sostenibile. Così BIOPOLE, sulla base di diversi layer di dati regionali, identifica la localizzazione ottimale di nuovi impianti a biomassa, minimizzando la distanza percorsa per il trasporto della stessa e massimizzando l'efficienza della rete di teleriscaldamento. Inoltre, tenendo conto dei criteri di sostenibilità specifici, il sistema consente di definire una classifica delle opzioni individuate, non considerando solo l'aspetto economico, ma anche tendendo conto della sostenibilità ambientale di ciascun impianto.

Abstract
Energy exploitation of biomass for energy purposes, is an extremely current noteworthy theme and even more it will be so in the near future, due to the foreseen strong increase in the biomass contribution to thermal Renewable Energy Sources (RES) targets, within the framework of 2020 European Climate Action. BIOPOLE (www.bioenergis.eu – click on BIOPOLE icon) is a Decision Support System (DSS), *WebGIS* based, developed in the BioEnerGIS "IEE" (Intelligent Energy for Europe) project and aimed at defining the sustainable energy exploitation of biomass resources at regional level. BIOPOLE, on the base of regional input, finds online the optimal solution in terms of power, fuel and localization of the new biomass plants feeding district heating network.
Lombardy Region is the coordinator of the project and one of the regional decision makers to whom the system is targeted. The basic concept behind BIOPOLE methodology is the expectation to match, at community or district level, energy (heat) demand and biomass availability, by identifying potential bio-energy plants in terms of capacity, biofuel supply and localization. Thus, BIOPOLE,

on the basis of different regional data layers, identifies opportunities for new biomass based district heating systems by assessing the optimal solutions which would minimise biomass supply transportation and maximise biomass-into-energy conversion and energy (heat) distribution to end-users. Besides, taking into account sustainability criteria, the system allows to define a not-purely-economic ranking of the identified options.

Introduzione

L'Unione europea (UE), per far fronte alla forte dipendenza dai combustibili fossili, sta portando avanti una nuova politica energetica che promuove anche l'uso delle FER; in questo contesto lo sfruttamento delle biomasse gioca un ruolo fondamentale. Il conseguimento degli obiettivi sugli usi finali dell'energia per il 2020 e il contributo delle FER richiede, infatti, una distribuzione più ampia e più intensa delle bioenergie in tutti i settori.

Il problema dell'identificazione e della stima delle biomasse potenzialmente sfruttabili in modo sostenibile a fini energetici (energia elettrica e termica), è stato affrontato nel corso dell'ultimo decennio anche con l'uso di strumenti GIS (*Geographical Information System*)[1]. Il GIS, infatti, consente di analizzare le variabili in gioco che sono sempre spazialmente definite (risorsa disponibile, domanda di calore, costi di trasporto, ecc). Sulla questione specifica della localizzazione di impianti a biomassa vi sono diverse esperienze: in Liguria (Freppaz et al., 2004), in Toscana (BIOSIT, 2003), nel nord della Spagna (Panichelli e Gnansounou, 2008) e in Portogallo (Vianaa et al., 2010). In questo contesto, BIOPOLE intende fornire uno strumento online, basato su un sistema GIS, che supporti i decisori nel programmare, con un approccio a larga scala, uno sfruttamento sostenibile delle biomasse ai fini di produzione di energia. BIOPOLE, infatti, fornisce in output la localizzazione ottimale (in termini di energia, sostenibilità ambientale ed economica) degli impianti a biomassa dedicati ad asservire una rete di teleriscaldamento. Gli utenti di BIOPOLE possono personalizzare, il valore di alcuni parametri (le categorie di biomassa da includere, la percentuale ed il tipo di domanda di calore da soddisfare, la tipologia dell'impianto,…) con cui viene poi eseguita la simulazione. BIOPOLE, per essere *"web performing"*, contiene algoritmi semplificati ed efficienti per ridurre al minimo l'impiego di *CPU*.

Sono state individuate, e considerate come casi di studio per implementare il sistema, quattro aree regionali, in rappresentanza di altrettanti diversi contesti ambientali ed economici: la regione Lombardia in Italia, la Vallonia in Belgio, la Slovenia e l'Irlanda del Nord.

Metodologia

BIOPOLE ragiona in modalità raster con pixel quadrati e parte dal presupposto che in ogni cella di 500mx500m, inclusa nella regione considerata, possa essere potenzialmente posizionato un impianto a biomassa. L'approccio metodologico ed i valori limite per i parametri utilizzati in BIOPOLE, derivano da uno studio specifico sviluppato durante il progetto, (Pointner e Waltenberger, 2010), basato sull'analisi statistica di oltre 500 reti di teleriscaldamento a biomassa, localizzate in Austria.

[1] In tal senso, si veda ad esempio (Masera et al., 2006), (Fiorese e Guariso, 2010), (Voivontas et al., 2001) e (Avella et al., 2005).

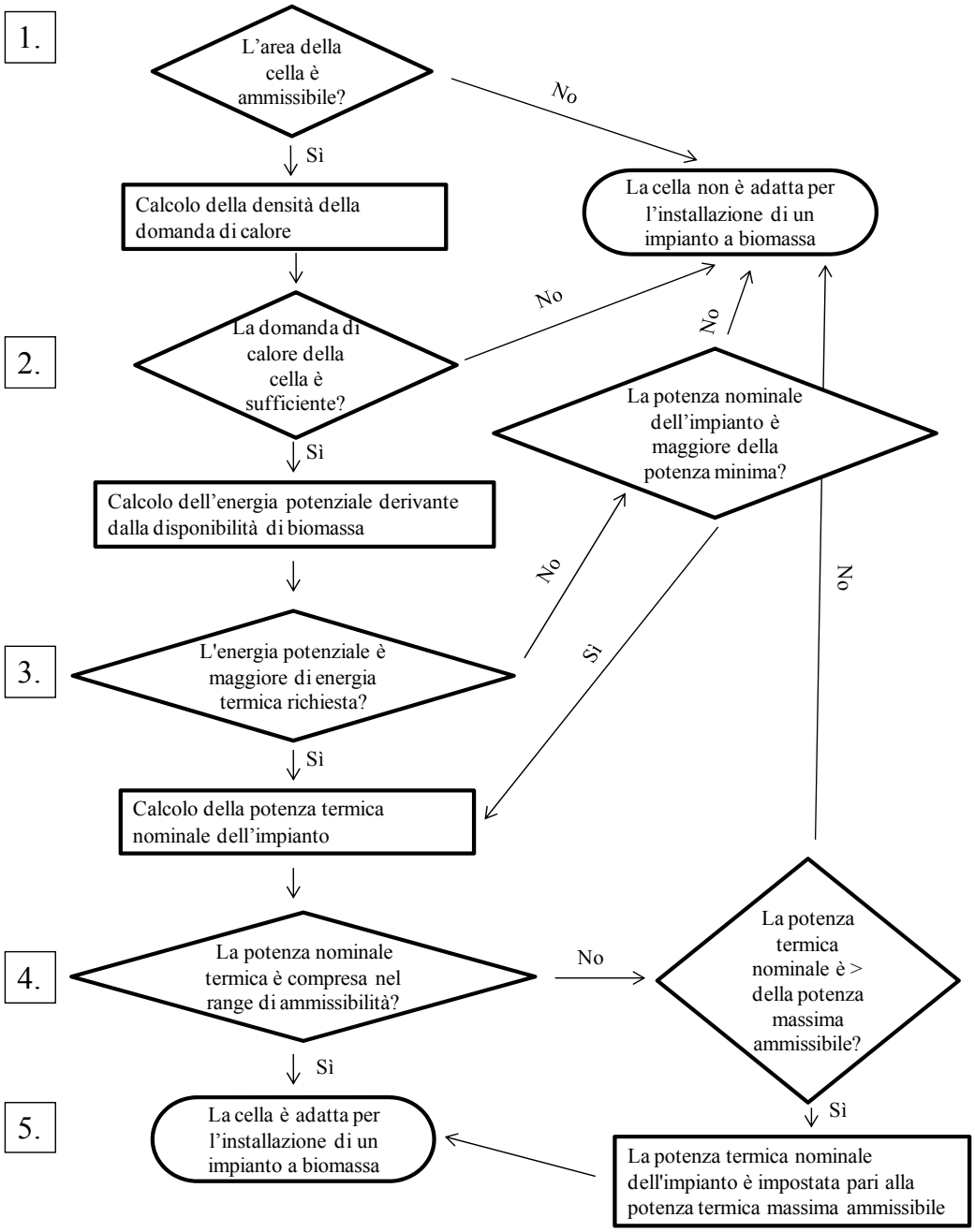


Figura 1. Passi logici per determinare le celle adatte alla realizzazione di un impianto di conversione a biomassa.

Il metodo utilizzato per determinare se una cella è realmente adatta per la realizzazione di un impianto a biomassa che alimenti una rete di teleriscaldamento, può essere suddiviso in alcune fasi logiche successive (vedi Figura 1):

1. Esame dell'ammissibilità di una cella per la localizzazione di un impianto.
2. Controllo che l'intensità della domanda di calore su una cella e sulle celle vicine sia superiore a soglie definite.
3. A seconda del tipo di impianto, verifica che la richiesta di calore (diviso per le efficienze dell'impianto e della rete) possa essere soddisfatta dai bio-combustibili disponibili all'interno del bacino di raccolta delle biomasse considerato.
4. Verifica che la richiesta di potenza termica nominale dell'impianto, soddisfi la richiesta di calore, nella cella considerata, e sia compresa in un intervallo di ammissibilità.
5. Calcolo degli indici di sostenibilità degli impianti individuati.

Localizzazione

Una cella, per essere considerata ammissibile per l'installazione di un impianto a biomassa, deve soddisfare due requisiti fondamentali:

1. "l'area ammissibile" della cella, ottenuta escludendo le zone umide, i bacini idrici e le aree al di fuori dei confini della regione, deve essere maggiore del 75% dell'area totale della cella (valore modificabile dall'utente);
2. la percentuale massima di area urbanizzata di una cella deve essere minore di un valore impostato dall'utente (di default è 90%).

La seconda condizione viene imposta per impedire la localizzazione di impianti a biomassa in celle completamente urbanizzate in cui, molto probabilmente, non è disponibile un sito adeguato; inoltre, il potenziale impatto ambientale, in termini di inquinamento atmosferico e di traffico, sarebbe certamente superiore in aree fortemente urbanizzate.

Identificazione della densità della domanda di calore

BIOPOLE considera separatamente i diversi tipi di domanda di calore (residenziale, industriale e terziario, vedi Tabella 1), tenendo conto delle peculiarità di ciascuna (ad esempio, le fluttuazioni della domanda durante il giorno, i picchi, la domanda media e il numero di ore a pieno carico equivalenti all'anno), verificando se la cella analizzata nel complesso ha una quantità sufficiente di domanda di calore per essere ritenuta ammissibile. Per tenere conto della possibilità che l'impianto possa servire, attraverso di una rete di teleriscaldamento, un'area urbanizzata limitrofa all'impianto stesso, la domanda di calore Q della cella analizzata ("*c* " in Figura 2), è uguale alla richiesta di calore massima tra quella della cella stessa e quelle nelle quattro celle confinanti ("*a*, *b*, *d*, *e*" in Figura 2).

Domanda di calore	Numero di ore annuali a pieno carico
Residenziale	2'000
Industriale	4'000
Terziario	2'000

Tabella 1.-Ore di funzionamento dell'impianto a pieno carico, per le tipologie di domanda di calore considerata.

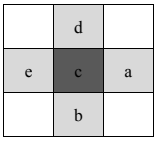


Figura 2. Celle "vicine"(grigio chiaro) all'impianto (grigio scuro) in termini di domanda di calore (quadrato di lato 500m).

Quindi la densità di domanda di calore nella cella *c* è definita come il rapporto tra la domanda di calore massima (tra le 5 celle individuate in Figura 2) e l'area urbanizzata.

Secondo uno studio effettuato nell'ambito del progetto BioEnerGIS, (Pointner e Waltenberger, 2010), una cella può essere considerata ottimale per la localizzazione di una rete di teleriscaldamento a biomassa se la densità di domanda di calore è maggiore di 50 $\frac{kWh}{anno \cdot m^2}$

Approvvigionamento e disponibilità di biomassa

BIOPOLE prende in considerazione cinque diversi tipi di impianti a biomassa, tre basati sulla combustione e due sulla digestione anaerobica della biomassa stessa (vedi Tabella 2).

Tipo di impianto	Categoria di biomassa	Numero di sottocategorie di biomassa
(1) Combustione	Legno non trattato	15
(2) Combustione	Erbacei	10
(3) Combustione	Legno trattato	3
	Rifiuti organici	3
(4) Digestione anaerobica	Reflui zootecnici	7
(5) Digestione anaerobica	Rifiuti organici industriali	16
	Rifiuti industriali organici da prodotti	7

Tabella 2. Associazione impianti e tipo di biomassa.

Analogamente alla domanda di calore, in BIOPOLE deve essere fornita la biomassa disponibile (massa per ogni cella) dettagliata per ciascuna delle 6 categorie, viene moltiplicata per il rispettivo valore di potere calorifico inferiore (PCI) per calcolare l'energia a disposizione. E' stato definito, per ogni tipo di impianto, quali tipologie di biomassa (tra le 61 considerate) possono essere utilizzate. Al fine di garantire che l'energia primaria disponibile dalla biomassa possa soddisfare la domanda di calore è stata considerata sia l'efficienza della rete e che quella dell'impianto, ed un opportuno coefficiente di sicurezza.

Il PCI si riferisce alla biomassa secca; BIOPOLE utilizza un metodo di correzione per modificare il PCI secco in PCI umido (condizione della biomassa reale), sulla base del contenuto d'acqua di ogni singola tipologia di biomassa. Tale trasformazione è indispensabile per non commettere un errore di sovrastima dell'energia disponibile nella biomassa stessa.

La disponibilità annuale di biomassa in ogni cella viene calcolata considerando che essa possa essere raccolta anche nelle celle vicine, secondo una logica di sostenibilità ambientale di filiera "cortissima" se la distanza tra la cella analizzata e le altre è minore di un valore fisso, che dipende dal tipo di biomassa considerata (Tabella 3).

Tipo di biomassa	Raggio (km)
Biomassa legnosa	30
Erbacei	15
Reflui zootecnici	10
Rifiuti organici/materiale trattato	15

Tabella 3. Distanza massima tra l'impianto e le differenti tipologie di biomassa utilizzate nell'impianto stesso.

Per quanto riguarda la tipologia dell'impianto a biomassa, la scelta del processo di conversione più adatto dipende dalle caratteristiche della biomassa (come il contenuto di umidità, la densità apparente, ecc). Nella Tabella 4 sono riportati, per i cinque tipi di impianti considerati, i rendimenti degli impianti, differenziando se nell'impianto viene prodotta energia elettrica in cogenerazione o se viene fornita unicamente energia termica.

Tipologia di impianto	Efficienza – solo termico	Efficienza - cogenerazione	Processo
(1) Biomassa legnosa	0.8	0.7	Combustione
(2) Biomassa legnosa	0.8	0.7	Combustione
(3) Rifiuti legnosi	0.8	0.7	Combustione
(4) CHP biogas da agricoltura	0.425	0.425	Digestione
(5) CHP Biogas da rifiuti organici	0.425	0.425	Digestione

Tabella 4. Efficienza di conversione per i differenti tipi di impianto a biomassa considerati.

Il *range* ammissibile di potenza termica considerato in BIOPOLE è tra 250 kW e 10 MW. Si presume che gli impianti a combustione possano funzionare sia unicamente per la produzione di energia termica sia in cogenerazione (CHP), mentre gli impianti a digestione anaerobica possano operare solo in cogenerazione. In questo modo, BIOPOLE considera 8 tipi di impianti a biomassa: 6 per la combustione e 2 per la digestione anaerobica (Tabella 5).

Impianti con solo funzionamento termico	Impianti con funzionamento in cogenerazione
Combustione biomassa legnosa	Combustione biomassa legnosa
Combustione biomassa erbacea	Combustione biomassa erbacea
Combustione di rifiuti organici	Combustione di rifiuti organici
	Biogas da materiale agricolo/zootecnico
	Biogas da rifiuti

Tabella 5. Tipologie dei possibili impianti presenti in BIOPOLE.

Analisi dell'output di BIOPOLE

Una volta che BIOPOLE ha raggiunto la fine del processo descritto in Figura 1, è possibile individuare due diversi tipi di celle:

- ✓ Celle non adatte, in cui uno o più vincoli (nella disponibilità di territorio, sulla domanda di calore, sulla disponibilità di biomassa, o sulla potenza termica dell'impianto) non sono soddisfatti.
- ✓ Celle adatte, in cui sono soddisfatti tutti i vincoli.

  Per ogni cella idonea, BIOPOLE calcola:

  1. Le tipologie di impianto a biomassa installabili. E' importante notare che non tutti i tipi di impianti potrebbero essere ammissibili dal momento che non tutte le tipologie di impianti potrebbero soddisfare contemporaneamente tutti i vincoli di fattibilità nella stessa cella.
  2. La potenza termica nominale da installare per ogni tipologia di impianto realizzabile.
  3. Gli indici di sostenibilità per ogni impianto realizzabile.

Criteri di sostenibilità e ordinamento degli impianti

Il passo successivo consiste nella costruzione della classifica, rispetto agli indici di sostenibilità, di tutti i possibili impianti a biomassa identificati, al fine di evidenziare la migliore realizzazione, vincolata ad alcuni criteri espressi dal decisore.

L'approccio seguito dall'applicativo *web* di BIOPOLE attualmente considera la realizzazione di ciascun impianto come indipendente rispetto a tutte le altre possibili realizzazioni nel dominio; questo significa che la domanda di calore può essere soddisfatta da ciascun impianto e la biomassa può essere utilizzata in qualsiasi impianto. Questo approccio è utile per la scelta della migliore localizzazione di un impianto a livello locale, ma non per riassumere tutti gli impianti potenzialmente realizzabili in un approccio di pianificazione regionale, . E' disponibile una versione off line di BIOPOLE che, viceversa, permette di tenere conto della "competizione" tra i vari impianti a biomassa.

BIOPOLE offre tre criteri di sostenibilità che sono poi stati trasformati in indici (cioè normalizzati tra 0 e 1, rispettivamente la peggiore e le migliore situazione), grazie a delle specifiche funzioni utilità. Tali criteri, ritenuti i più significativi dalle diverse consultazioni con gli *stakeholders* svolte durante il progetto BioEnerGIS, sono:

- ✓ <u>Rapporto tra domanda e offerta</u>

  Una quantità adeguata di biomassa è un prerequisito fondamentale per la realizzazione di una specifica tipologia di impianto a biomassa. Un surplus della biomassa disponibile,

rispetto alla quantità necessaria, riduce l'eccessiva dipendenza di approvvigionamento di fonti di biomassa dai singoli mercati e dalle variazioni di produzione.

- ✓ Distanza media della biomassa dall'impianto

  Un impatto rilevante di un impianto a biomassa è determinato dai mezzi che trasportano la biomassa dalle aree di raccolta all'impianto stesso. Tale impatto, chiaramente, dipende dalla distanza percorsa da tali mezzi e deve quindi essere minimizzata.

- ✓ Popolazione coinvolta

  Essa è calcolata come il rapporto tra le persone potenzialmente interessate dell'impatto ambientale causato dall'impianto a biomassa, rispetto alle persone che potrebbero beneficiare della rete di teleriscaldamento. Un impianto a biomassa è una fonte di inquinamento atmosferico nel territorio circostante e, nello stesso tempo, rappresenta un beneficio per le persone che utilizzano la rete di teleriscaldamento.

Una volta che i valori dei tre indicatori sono calcolati per ogni cella idonea, essi devono essere normalizzati prima di poter essere sommati, poiché hanno differenti unità di misura. La normalizzazione viene eseguita mediante la trasformazione degli indicatori (i_1, i_2, i_3) in indici (I_1, I_2, I_3) sulla stessa scala, tra 0 e 1, per mezzo di funzioni di utilità. Una funzione di utilità è una funzione che riflette la soddisfazione (massimo 1 e minimo 0) in relazione al valore assunto dall'indicatore considerato. Per poter aggregare tali indici ed ottenere un indice di sostenibilità globale attraverso il quale definire l'ordinamento delle diverse possibili localizzazione degli impianti, l'utente deve assegnare un peso (w_i) a ciascuno indice. L'utente può variare tali pesi e visualizzare la nuova classifica degli impianti risultante.

Il sistema di supporto alle decisioni BIOPOLE

La metodologia precedentemente descritta è stata interamente implementata nell'applicazione *WebGIS* BIOPOLE. L'interfaccia web di BIOPOLE offre:

- l'accesso all'informazione primaria (disponibilità di biomassa, domanda di calore, fattibilità dell'impianto) in modo coerente, strutturato e comparabile nelle quattro regioni europee partner del progetto. Tale funzionalità di *geo-database* è erogata attraverso un semplice *WebGIS*;
- la possibilità di simulare scenari definiti dall'utente per la localizzazione degli impianti.

Più in dettaglio, in BIOPOLE, un utente registrato (la registrazione è aperta a tutti), attraverso l'interfaccia *WebGIS,* può analizzare la domanda di calore o la disponibilità di biomassa della regione considerata (Figura 3); ad esempio, l'utente può verificare la disponibilità di biomassa in ogni cella, sia in termini di massa sia in termini di energia potenziale. Può essere prodotta una mappa della disponibilità di ogni singolo tipo di biomassa e per ogni singolo settore di domanda di calore; tali mappe possono anche contenere più tipologie di biomassa o di domanda di calore.

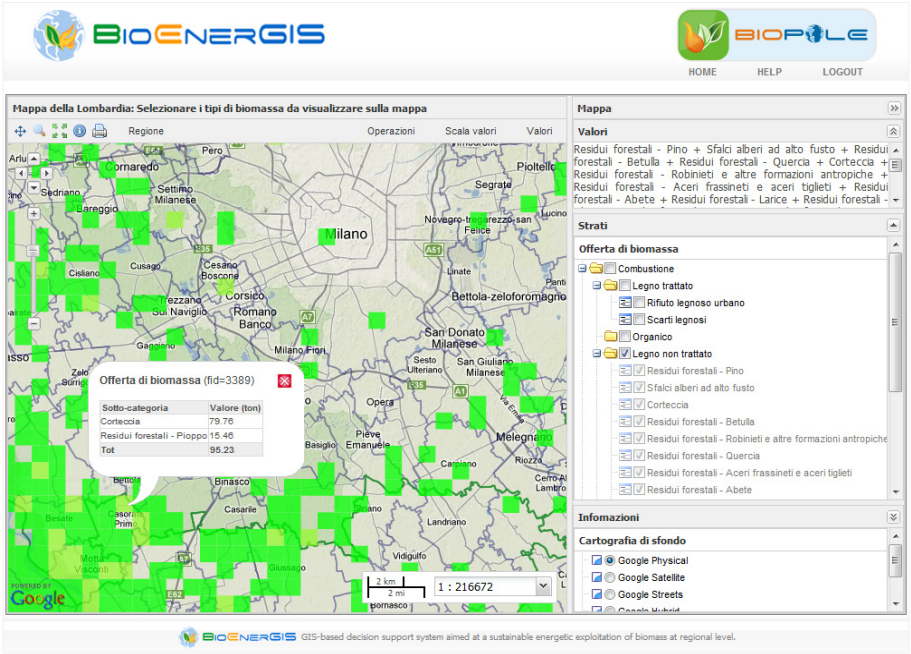


Figura 3. BIOPOLE: schermata di consultazione della quantità di biomassa disponibile.

L'utente di BIOPOLE può, inoltre, eseguire una simulazione sulla localizzazione degli impianti a biomassa (Figura 4), modificando alcuni parametri, in particolare il tipo di impianto, il tipo e la percentuale di biomassa da utilizzare, il tipo e il tasso di domanda di calore da soddisfare, la percentuale massima di area urbanizzata presente in una cella per essere considerata ammissibile ed i pesi da assegnare a ciascun indice di sostenibilità.

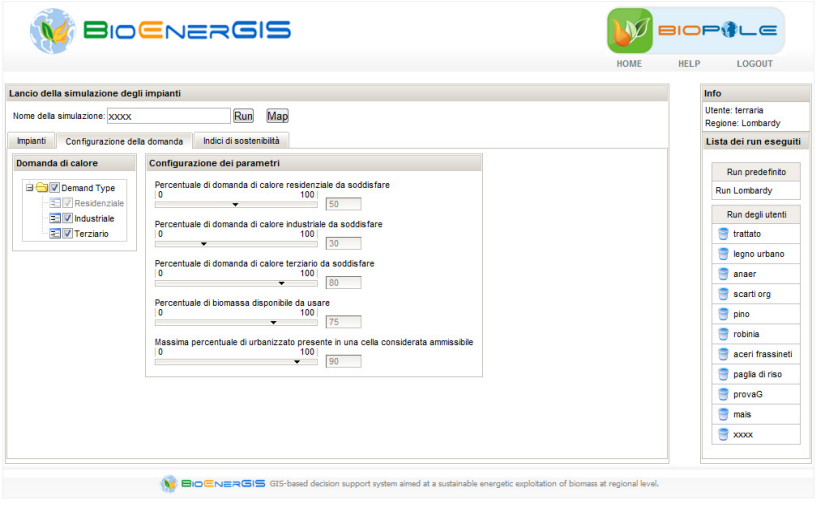


Figura 4. BIOPOLE: schermata di inserimento dei parametri necessari per effettuare una simulazione modellistica.

Il risultato della simulazione eseguita (*run* modellistico), viene reso disponibile dopo un periodo variabile da qualche decina di secondi ad alcuni minuti (a seconda della quantità biomassa e di domanda di calore selezionate dall'utente) e consiste in una mappa contenente le localizzazioni ottimali, per ciascuna tipologia di impianto a biomassa, in cui l'utente può visualizzare la potenza termica necessaria ed il valore degli indici di sostenibilità (singoli valori degli indici e indice globale); viene inoltre fornita la posizione dell'impianto selezionato rispetto alla classifica totale ottenuta mediate un indice di sostenibilità globale (Figura 5). Cliccando su una cella in cui è possibile costruire un impianto, l'utente può visualizzare, inoltre, una scheda tecnica contenente un esempio di un impianto virtuoso esistente, con caratteristiche simili a quello selezionato (Figura 5).

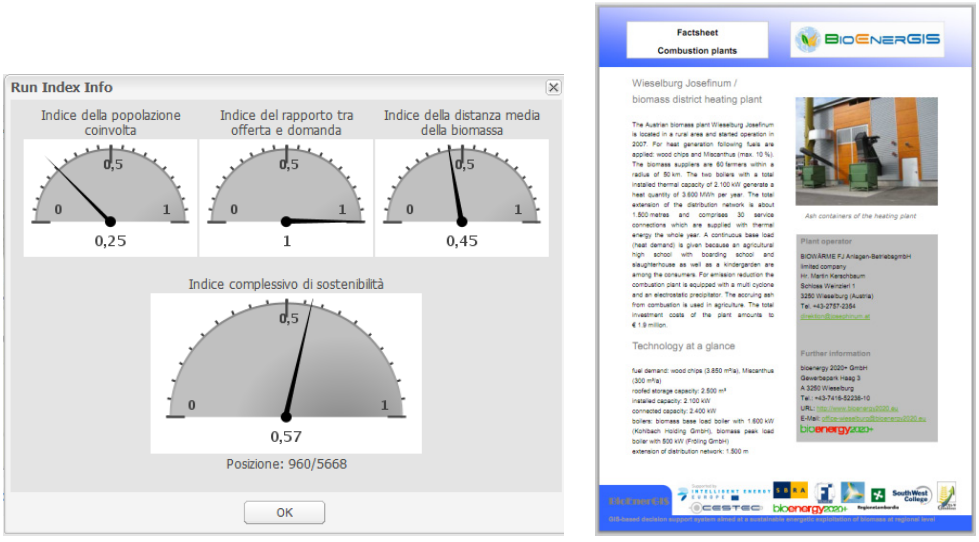


Figura 5. BIOPOLE: schermata di visualizzazione degli indici di sostenibilità (a sinistra) e di una scheda di un impianto virtuoso esistente (a destra).

Conclusioni

Questo lavoro presenta l'applicazione WebGIS BIOPOLE per il supporto alla localizzazione ottimale di impianti a biomassa che alimentino reti di teleriscaldamento, sviluppata all'interno del progetto europeo IEE BioEnerGIS. BIOPOLE è uno strumento online che, a seconda della disponibilità di biomassa, della domanda di calore ed altri parametri scelti dall'utente, trova la localizzazione alla macroscala ottimale di un impianto, dedicato ad asservire una rete di teleriscaldamento; tale applicazione aiuta il pianificatore regionale ad individuare gli ambiti territoriali più idonei. BIOPOLE non è, quindi, uno strumento per la localizzazione dell'impianto e della rete, ma il pianificatore locale può ricavare informazioni utili sul dimensionamento, la tipologia di impianto, le disponibilità di biomassa nonché informazioni relative a impianti analoghi già in esercizio.

E' disponibile offline una nuova versione del software che permette il calcolo della produzione totale di energia da biomassa disponibile in un territorio. Il metodo di calcolo è iterativo, si individua ogni volta il miglior impianto (ovvero quello che ha indice di sostenibilità maggiore) eliminando, ad ogni passo successivo, la biomassa già utilizzata e la richiesta di calore soddisfatta.

Riferimenti bibliografici

Vianaa H., B. Warren Cohenb, D. Lopesc, J. Aranhac, (2010) Assessment of forest biomass for use as energy. GIS-based analysis of geographical availability and locations of wood-fired power plants in Portugal, *Applied Energy*, 87(8), 2551–2560.

Pointer C., R. Waltenberger, (2010) "Parameters for the localization of biomass district heating and anaerobic digestion plants for the software BIOPOLE", *AFO, Bioenergy2020+*, http://www.bioenergy2020.eu/.

Fiorese G., G. Guariso, (2010) "A GIS-based approach to evaluate biomass potential from energy crops at regional scale", *Environmental Modelling & Software*, 25(6), 702-711.

Panichelli L., E. Gnansounou, (2008) "GIS-based approach for defining bioenergy facilities location: a case study in Northern Spain based on marginal delivery costs and resources competition between facilities", *Biomass and Bioenergy*, 32(4), 289–300.

Masera O., A. Ghilardi, R. Drigo, M. A. Trossero, (2006) WISDOM: "A GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management", *Biomass and Bioenergy*, 30(7), 618-637.

Avella R., C. Bassano, (2005) "Il GIS nella pianificazione della risorsa biomassa". *Energia, Ambiente e innovazione*. 5/05. ENEA.

BIOSIT – *GIS based methodology and algorithm (*2003*)*, ETA Renewable Energie.

Freppaz D., R. Minciardi, M. Robba, M. Rovatti, R. Sacile, A. Taramasso, (2004) "Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level", *Biomass and Bioenergy*, 26, 15-25.

Voivontas D., D. Assimacopoulos, E.G. Koukios, (2001) "Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method", *Biomass and Bioenergy*, 20(2), 101-112.

CO_{20} e la pianificazione energetica

Giuseppe Maffeis, Daniele Roncolato, Roberta Gianfreda, Giorgio Fedeli,
Salvatore Greco, Luisa Geronimi, Andrea Cherubini

TerrAria srl, Via M. Gioia 132, 20125 Milano, Tel. 02.8708.5650, Fax: 02.9737.6569, email: co20@terraria.com

Riassunto

L'Unione Europea da tempo sta agendo nel settore dell'efficienza energetica e dell'incremento della produzione da fonti energetiche rinnovabili (FER): nel 2008 ha adottato il "pacchetto 20-20-20" che fissa obiettivi in tale ambito per il 2020. Gli Enti Locali attraverso il Patto dei Sindaci ed i Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) svolgono un ruolo decisivo nel raggiungimento di questi obiettivi. In questo contesto si colloca l'applicativo web-based CO_{20} che costruisce il bilancio energetico-emissivo comunale annuo e permette di valutare ex-ante l'efficacia degli interventi locali in termini di risparmio energetico ed emissivo sulla base degli algoritmi messi a punto dal team di lavoro, in linea con i metodi di calcolo sviluppati dall'Autorità per l'Energia Elettrica e per il Gas (AEEG) per la quantificazione dei Titoli di Efficienza Energetica (TEE). CO_{20} consente, attraverso un'interfaccia web, di inserire le informazioni a scala comunale mentre si sincronizza periodicamente rispetto alle banche dati nazionali e regionali. A partire da questi dati, CO_{20} stima ex-ante gli effetti delle azioni previste in termini di risparmio energetico, riduzione delle emissioni, incremento della produzione di energia da FER, costo dell'investimento necessario e relativo tempo di ritorno. Attraverso l'integrazione con Google Maps, CO_{20} raggiunge due obiettivi di pianificazione energetica ad un diverso dettaglio spaziale: il primo è la scala intercomunale dove la "Struttura di Supporto" può supportare ed omogeneizzare il processo di stima del Baseline Emission Inventory (BEI) e di definizione delle politiche dei vari PAES mediante un'interfaccia WebGIS; il secondo, a scala comunale, consente di fare un focus nel patrimonio pubblico edilizio esistente, integrando in particolare la funzionalità Street View per l'individuazione e la visualizzazione diretta dell'edificio e di costruire così un catasto georeferenziato.

Abstract

The European Union is acting for a long time in the field of energy efficiency and energy production from renewable energy sources (RES): in 2008 the EU Heads of State and Government set a series of demanding climate and energy targets to be met by 2020, known as the "20-20-20" targets, that can't be achieved without the involvement of local authorities. For this reason, the European Commission launched the Covenant of Mayors to support the efforts deployed by local authorities in the implementation of sustainable energy policies. In this context, the web-based software CO_{20} has been designed specifically for local authorities to calculate their CO_2 and energy balance and make an ex-ante evaluation of the effectiveness of activities and measures that can be included in a Sustainable Energy Action Plan (SEAP), in terms of energy saving, production from RES and CO_2 emission reduction, having also a simple financial analysis. CO_{20} allows the user to enter data at municipal level through a web interface while synchronizes periodically itself with national and regional databases. Moreover, the software integration with Google Maps makes it possible to achieves a dual purpose: first, CO_{20} can be used by a "support structure" to supervise and to coordinate the estimation process of the BEIs and the drafting of the SEAPs of a group of municipalities through a WebGIS interface; second, a specific section of the software has been

designed to collect information about the public real estate, link it to a geographic position (with also the integration of Street View) and set up a geo-referenced database.

Introduzione

Il deciso incremento nel consumo di fonti energetiche fossili è indubbiamente la causa da un lato del persistere di concentrazioni atmosferiche elevate di alcuni inquinanti (primi fra tutti le polveri sottili) e dall'altro dell'aumento globale delle concentrazioni in atmosfera dei gas serra (di cui la CO_2 è l'indicatore più noto). La politica di risanamento più immediata da adottare per entrambi i problemi è il risparmio energetico: tale politica è strategica non solo da un punto di vista ambientale ampio (locale e globale) ma anche e soprattutto in termini economici (basti ricordare il costo dell'energia) e strategici (minor dipendenza da approvvigionamenti di fonti fossili da paesi terzi). L'Unione Europea da tempo sta agendo nel settore dell'efficienza energetica, dell'uso razionale e dell'incremento della produzione da fonti energetiche rinnovabili (FER). Nel 2008 l'UE ha infatti adottato una strategia integrata in materia di energia e cambiamenti climatici, che fissa per il 2020 i seguenti obiettivi ("pacchetto 20-20-20"): riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra almeno del 20%, riduzione dei consumi energetici del 20% attraverso un aumento dell'efficienza energetica, soddisfacimento del 20% del nostro fabbisogno energetico mediante l'utilizzo delle energie rinnovabili. Se l'impegno europeo e delle singole nazioni è fondamentale, senza una azione dal basso delle Amministrazioni locali ed in ultima analisi della cittadinanza allargata (cittadini, imprese…), questi obiettivi possano essere difficilmente raggiunti. I governi locali, infatti, svolgono un ruolo decisivo nella mitigazione degli effetti conseguenti al cambiamento climatico, soprattutto se si considera che l'80% dei consumi energetici e delle emissioni di CO_2 è associato alle attività urbane. Pertanto, la Commissione europea ha lanciato il Patto dei Sindaci per avallare e sostenere gli sforzi compiuti dagli enti locali nell'attuazione delle politiche nel campo dell'energia sostenibile. In questo contesto si colloca CO_{20}, uno strumento innovativo e avanzato, ideato e realizzato da TerrAria, con la collaborazione scientifica de La Esco del Sole, specificatamente a supporto del PAES, che permette di costruire bilanci energetico-emissivi e di valutare l'efficacia di interventi volti a perseguire gli obiettivi fissati dall'UE. Tale software è fruibile online dagli utenti che ne fanno richiesta (www.co20.it) ed è stato progettato con l'idea di affiancare ad una metodologia scientifica e rigorosa le potenzialità offerte dal Web. Di fatto CO_{20} è uno strumento a supporto della pianificazione energetica locale, della programmazione e del monitoraggio delle politiche comunali in tale ambito. La metodologia proposta dal PAES può essere utilizzata anche a supporto di Piani Energetici Comunali, Piani Clima o Bilanci Emissivi dei gas climalteranti. Sono quindi possibili configurazioni ad hoc per le strutture di supporto (Province, Comunità Montane, ATO) per le quali è possibile valutare bilanci di sintesi su tutto il territorio sia in termini di baseline che di interventi.

Struttura dell'applicativo

In Figura 1 è riportato uno schema grafico che riassume in sintesi il funzionamento e la struttura del software.

Come si può osservare, gli input del software sono in parte precaricati dal sistema e in parte dall'utente, che attraverso il proprio browser può interagire con l'applicativo per completare e validare i dati disponibili di default (si veda il paragrafo successivo). Il programma si articola quindi in due grandi sezioni:

1. *Baseline e trend*, avente lo scopo di creare l'inventario energetico-emissivo annuo comunale, a partire dal BEI (Baseline Emission Inventory) per l'anno di riferimento e proseguendo per i successivi MEI (Monitoring Emission Inventory), andando anche a quantificare le produzione locale di energia, fornendo dunque una serie di fotografie della situazione comunale;
2. *Piano d'azione*, strutturata in modo tale da definire l'obiettivo del Piano in termini di riduzione delle emissioni di CO_2 e individuare le azioni attraverso le quali raggiungerlo.

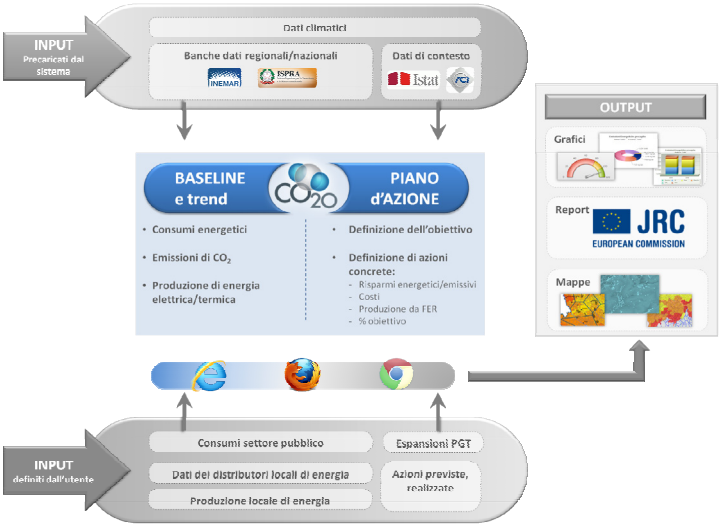


Figura 1. Schema dell'architettura dell'applicativo CO_{20}.

Sempre attraverso il proprio browser (si consiglia l'utilizzo di Mozilla Firefox) l'utente può quindi creare e scaricare grafici (in formato immagine) e tabelle (come fogli di calcolo di Microsoft Excel) relativi ai dati inseriti e stimati dal programma. Per quanto riguarda la parte territoriale, si mette a disposizione di tutte le versioni di CO_{20} un WebGIS (Google Map integrato Street View) per la costituzione di un catasto georeferenziato degli edifici pubblici ed, inoltre, nel caso della versione di CO_{20} per Strutture di Supporto, si mette a disposizione un WebGIS per l'analisi territoriale di tutti i dati energetico-emissivi comunali.
Il sistema è per ora configurato per scegliere come anno di riferimento per il BEI l'anno 2005; tale scelta è giustificata dal fatto che all'attualità risulta difficile ricostruire un inventario completo e affidabile come richiesto nelle Linee Guida per la stesura dei PAES del JRC relativo ad anni precedenti ed inoltre il 2005 è l'anno di definizione delle emissioni soggette ad ETS.

Dati di partenza e relativo caricamento
I dati utilizzati come input dal software CO_{20}, definiti sempre su scala comunale, possono essere distinti in due gruppi a seconda del soggetto responsabile del loro inserimento: dati definiti dall'amministratore del sistema e dati inseriti dall'utente. L'amministratore del sistema si occupa in particolare del caricamento e dell'aggiornamento di:

1. *Dati di consumo energetico*, disaggregati per settore (residenziale, terziario, industria non ETS, trasporto urbano) e vettore (energia elettrica, gas naturale, gasolio, benzina …) a livello comunale definiti sulla base delle banche dati disponibili delle emissioni e/o dei consumi energetici, con il massimo dettaglio spaziale fornito. Esempi di banche dati utilizzate dal software sono: SIRENA (Sistema Informativo Regionale Energia ed Ambiente, sirena.cestec.eu), per la Lombardia; INEMAR (INventario EMissioni Aria, www.inemar.eu), database progettato per realizzare l'inventario delle emissioni in atmosfera, attualmente utilizzato in sette regioni e due provincie autonome; inventario nazionale delle emissioni in atmosfera di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Nell'ipotesi in cui siano disponibili dati in termini di emissioni il passaggio da emissioni a consumi viene condotto dividendo per i fattori di emissione proposti dall'IPCC (Intergovernamental Panel on Climate Change). Invece, nel caso non si disponga di dati dettagliati, la disaggregazione viene operata mediante una fase di pre-processamento sulla base dei dati disponibili, utilizzando un approccio top-down.

2. *Dati di contesto*, ricavati da fonti ufficiali quali Istat (dati su popolazione, abitazioni, edifici e impianti), ACI (dati sulla composizione del parco veicolare) e Atlasole (atlante del GSE che fornisce informazioni circa le installazioni di impianti fotovoltaici). Ad eccezione dei dati sulla popolazione, aggiornati annualmente, tutti gli altri dati forniti da Istat sono relativi al censimento del 2001 e, pertanto, viene operata una fase di pre-processamento al fine di renderli aggiornati all'anno di riferimento del BEI, effettuando una proiezione sulla base della crescita della popolazione (nel caso di calo della popolazione, si suppone uno sviluppo nullo).
3. *Dati climatici*, quali la zona climatica di appartenenza, assegnata in base al D.P.R. 412/93, la fascia solare di appartenenza e la classificazione in base al fabbisogno di raffrescamento, assegnate in base alle disposizioni dell'AEEG. Inoltre, per ciascun Comune, a partire dalle serie temporali di temperatura media giornaliera fornite da ISPRA attraverso il Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA) vengono elaborati e passati al software i Gradi-Giorno di ciascun anno, grandezza definita nel D.P.R. 412/93 per il calcolo del fabbisogno termico di un'area geografica.

L'utente di CO_{20} integra i dati precaricati dall'amministratore del sistema inserendo i consumi relativi al settore pubblico (edifici pubblici, illuminazione pubblica, parco veicolare pubblico e trasporto pubblico), di cui le banche dati disponibili tengono conto in maniera aggregata ai settori terziario e dei trasporti: il dato totale utilizzato da CO_{20} per questi settori non viene quindi modificato dalle informazioni inserite dall'utente, ma viene semplicemente ulteriormente disaggregato distinguendo fra parte pubblica e parte privata. Tali inserimenti sono effettuabili dall'utente sia attraverso apposite schermate che tramite il caricamento di file Excel predisposti.

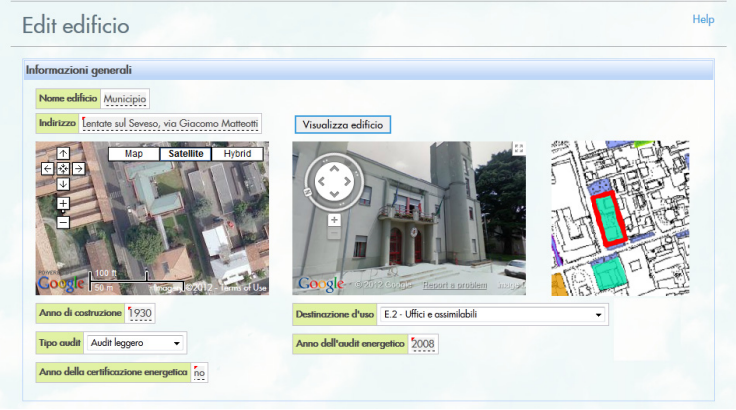


Figura 2. Schermata di CO_{20} per la raccolta dei dati relativi agli edifici pubblici.

Per quanto riguarda gli edifici pubblici è poi stata creata un'apposita sezione per raccogliere informazioni ulteriori al fine di localizzarne la posizione, attraverso l'integrazione con Google Maps e lo strumento Street View, e definirne le caratteristiche costruttive (vedi Figura 2), creando anche un catasto georeferenziato: tale funzione risulta di notevole utilità alle Amministrazioni Comunali in quanto permette di individuare su mappa e monitorare costantemente gli edifici maggiormente energivori, diventando inoltre un utile strumento di appoggio per la valutazione preliminare di un'eventuale rete di teleriscaldamento a servizio delle aree cittadine in cui la domanda di energia risulta essere maggiore, a partire delle reali condizioni di esercizio dei diversi immobili comunali.

L'utente ha inoltra la possibilità di inserire dati "correttivi" in quanto, pur utilizzando banche dati con un dettaglio spaziale disponibile inferiore a quello comunale (provinciale, regionale o addirittura nazionale), per scendere a scala comunale sono necessari processi di disaggregazione

che possono necessitare di una taratura/correzione a livello comunale. L'utente può quindi validare o sostituire i dati di consumo utilizzati di default da CO_{20} nel caso in cui si disponga dei consumi rilevati dai distributori locali di energia elettrica o gas naturale.
Infine, è possibile inserire informazioni integrative riguardo alla produzione locale di energia elettrica e termica. Tali dati hanno il duplice scopo di monitorare la diffusione delle energie rinnovabili a livello comunale e di tenerne conto per la determinazione del Fattore di Emissione locale di energia elettrica o dell'energia termica prodotta, utilizzato per la valutazione delle emissioni nel BEI e nel MEI.

Creazione degli inventari energetico-emissivi e definizione dell'obiettivo di riduzione
Il primo passo per la costruzione del BEI (riferito al 2005) e dei MEI successivi è la determinazione dei consumi energetici finali suddivisi per vettore (combustibile) e per settore (residenziale, terziario, edifici pubblici, illuminazione pubblica, settore produttivo, trasporto privato, trasporto pubblico) espressi in MWh. Si sottolinea che quando si parla di settore produttivo in realtà ci si riferisce ad un settore "complessivo" che comprende i consumi (e le rispettive emissioni) sia del settore industriale produttivo vero e proprio sia quelli dovuti al settore agricolo in quanto ad oggi la nomenclatura utilizzata dal *template* predisposto per il PAES dal JRC non prevede di valutare il settore agricolo in maniera indipendente.
L'inventario delle emissioni annue di CO_2 viene ricostruito sulla base degli usi energetici finali attribuibili ad attività di competenza diretta e indiretta dell'Amministrazione Comunale: nella prima categoria ricadono i consumi energetici del patrimonio edilizio pubblico, dell'illuminazione pubblica e del parco veicoli del Comune; nella seconda rientrano i consumi del parco edilizio privato, del terziario, delle piccole e medie imprese (non ETS) e del trasporto in ambito urbano.

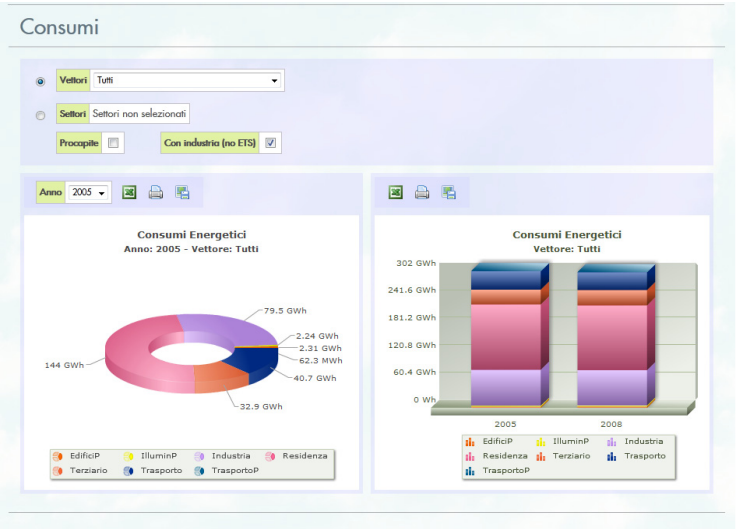


Figura 3. Pagina di CO_{20} dedicata all'analisi dei dati relativi ai consumi comunali.

Tale determinazione è basata sulle banche dati disponibili, integrate con i dati forniti dall'utente relativi ai consumi pubblici (vedi paragrafo precedente). Inoltre, il software applica automaticamente una correzione ai consumi termici dei settori residenziale e terziario dei MEI per normalizzarli rispetto ad una situazione climatica equivalente a quella verificatasi nell'anno di riferimento del BEI (2005), dando modo così di effettuare un confronto che non tenga conto delle variazioni dei consumi energetici dovuti alle maggiori o minori temperature verificatesi nei diversi anni, sulla base della variazione registrata nei Gradi-Giorno relativi al contesto comunale (vedi

paragrafo precedente). I dati inseriti sono visualizzabili attraverso grafici modificabili dall'utente, riportati in un'apposita schermata (Figura 3) in cui si dà anche la possibilità di focalizzare l'attenzione su uno specifico settore o vettore e di scegliere l'unità di misura (consumi assoluti in MWh o procapite in MWh/abitante). Il software permette di scaricare i dati numerici rappresentati sotto forma di foglio Excel e di stampare o salvare le immagini dei grafici creati.
Il passaggio da consumi energetici a emissioni di CO_2 legate a tali consumi avviene attraverso i fattori di emissione dell'IPCC suggeriti dalle Linee Guida del Joint Research Centre (Bertoldi et al., 2010), che forniscono un valore di emissione (tonnellate di CO_2) per unità di energia consumata (MWh) per ogni tipologia di combustibile. Per quanto riguarda l'energia elettrica, il fattore di emissione utilizzato dipende dal contesto locale: il valore medio regionale (pari ad esempio a 0.4 t/MWh nel caso di Regione Lombardia) viene "corretto" in base alla quota di energia elettrica rinnovabile prodotta localmente o acquistata sotto forma di energia certificata verde dall'Amministrazione Comunale, avente fattore di emissione nullo. Nell'ipotesi in cui la produzione locale di energia elettrica sia superiore rispetto ai consumi, il fattore di emissione dell'energia elettrica viene posto pari a 0. Inoltre, è possibile determinare il fattore di emissione locale utilizzato per il riscaldamento/raffreddamento, calcolato in modo tale da rispecchiare il mix energetico utilizzato per la produzione di calore/freddo (ad esempio in una rete di teleriscaldamento).

Piano d'azione
Per poter elaborare il Piano d'azione, l'utente è tenuto a definire a priori un obiettivo di riduzione delle emissioni, valutato a partire dal BEI in base ad una riduzione percentuale, che secondo le Linee Guida del JRC (Bertoldi et al., 2010) deve essere compresa tra 20% e 100%. L'obiettivo può essere fissato in termini assoluti o procapite; quest'ultima opzione è fortemente consigliata per i comuni in cui si osserva una significativa evoluzione demografica e obbligatoria in caso di decrescita.
Il software CO_{20} è stato inoltre progettato per dare la possibilità di stimare e tenere conto anche degli impatti emissivi legati alle previsioni di aumento di popolazione, di edificato e di attività produttive e terziarie sul territorio comunale, stimati in modi differenti a seconda del settore e del vettore (distinguendo tra vettore elettrico e altri vettori) sulla base delle espansioni territoriali previste, espresse in termini di superficie, e dell'incremento demografico presunto.
Definito il BEI e l'obiettivo del Piano, il software CO_{20} è in grado di valutare ex-ante l'efficacia di alcune delle azioni che possono essere incluse, per le quali sono state individuate metodologie standardizzate. Tali azioni sono raggruppate nei seguenti campi di azione, in linea con quanto previsto nel modulo PAES del JRC: edifici, attrezzature/impianti e industrie; trasporti; produzione locale di elettricità; teleriscaldamento/raffrescamento, cogenerazione, solare termico; appalti pubblici di prodotti e servizi.
In generale, la metodologia utilizzata dall'applicativo è mutuata, quando possibile, dalle procedure indicate dall'AEEG nelle Schede Tecniche approvate per la valutazione dei risparmi energetici degli interventi, utilizzando però un approccio sostitutivo, ovvero non considerando il miglioramento rispetto allo standard di mercato, ma il miglioramento rispetto alla tecnologia che si va a sostituire. Tale valutazione può essere condotta in modo puntuale, nel caso in cui siano disponibili informazioni dettagliate (numero di tecnologie sostituite), o statistico, effettuando una stima del numero di sostituzioni basata sui dati statistici che descrivono il contesto comunale precaricati dall'amministratore del sistema o sui dati relativi agli ambiti di trasformazione previsti dal PGT e inclusi dall'utente nel calcolo dell'obiettivo e su alcuni fattori (indicati dall'utente) che permettono di valutare il mercato potenziale di riferimento e di tenere anche conto delle modalità di "attivazione" dell'azione (attività di promozione effettuata dal Comune) oltre che della sua durata. Il risparmio energetico viene dunque calcolato sulla base di coefficienti di risparmio 'unitari' (espressi in kWh/tecnologia) o, nel caso di interventi che prevedano un cambio di vettore, sulla base del consumo unitario prima e dopo l'intervento. Viene inoltre calcolata la quota di energia prodotta

attraverso FER per le azioni che lo prevedono. Il calcolo del relativo risparmio emissivo (*Remi*) viene quindi calcolato nel seguente modo:

$$REmi = \begin{cases} \text{se } vettore_{iniz} = vettore_{fin} \rightarrow (ER + FER) \cdot FE \\ \text{se } vettore_{iniz} \neq vettore_{fin} \rightarrow C_{iniz} \cdot FE_{iniz} - C_{fin} \cdot FE_{fin} - FER \cdot FE_{iniz} \end{cases} \quad [1]$$

In cui *ER* rappresenta l'energia risparmiata, *FER* l'incremento dell'energia prodotta attraverso fonti rinnovabili, *FE* il fattore di emissione del vettore considerato, *C* il consumo energetico complessivo. Infine, il software permette di condurre una valutazione economica di massima delle azioni inserite, determinando le spese sostenute dall'Amministrazione Pubblica e dai privati per la realizzazione dell'azione e il tempo di ritorno semplice, ossia il tempo necessario per recuperare l'investimento effettuato attraverso i risparmi monetari associabili ai risparmi energetici annui conseguiti (o l'energia prodotta), senza tenere conto dei tassi di sconto.

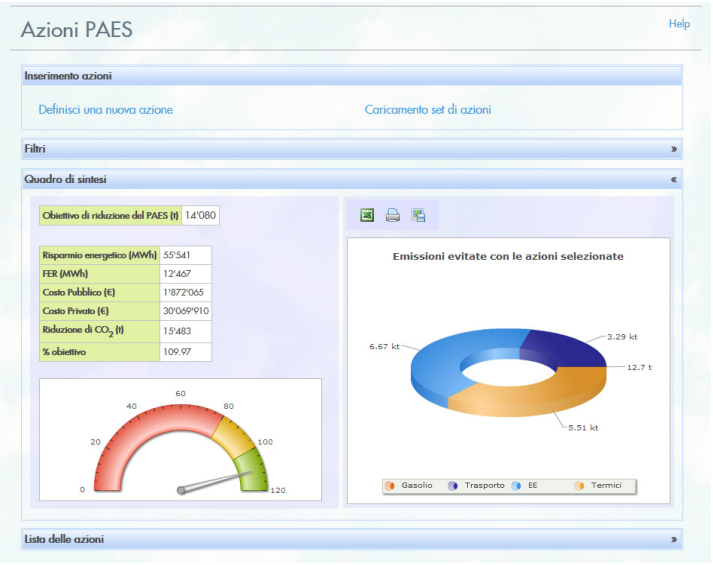


Figura 4. Schermata di CO_{20} dedicata alla visualizzazione dei risultati attesi dalle azioni valutate.

Si sottolinea che è possibile anche inserire direttamente i risultati di stime effettuate dall'utente attraverso metodologie diverse da quelle implementate in CO_{20}, lasciando al software solamente il calcolo delle emissioni evitate e del tempo di ritorno.

Tipologie di servizio

CO_{20} è disponibile sia nella versione base studiata per l'utilizzo da parte di singoli Comuni che nella versione per Strutture di Supporto. Nel primo caso, l'utente ha la possibilità di creare il proprio BEI/MEI e definire un Piano d'Azione secondo le procedure viste nei paragrafi precedenti. La seconda versione è stata invece creata per quegli Enti che si propongono come coordinatori di un gruppo di Comuni: alle singole Amministrazioni viene quindi fornita la versione base mentre la versione fornita alla Struttura di Supporto permette sia di analizzare i dati dei singoli Comuni che di effettuare valutazioni globali sugli inventari BEI/MEI dell'unione dei Comuni e su effetti e misure previsti dai diversi Piani d'Azione. Tale analisi può essere condotta sia attraverso grafici simili a quanto riportato nelle Figure 3 e 4, sia tramite un apposito WebGIS (Figura 5), che consente quindi di creare un quadro georeferenziato della situazione energetico-emissiva dell'aggregazione di Comuni, aggiornato automaticamente dai singoli utenti. I vantaggi forniti da tale strumento sono molteplici, come ad esempio la possibilità per la Struttura di Supporto di individuare cause di

eventuali anomalie negli inventari comunali legate alla localizzazione geografica dei diversi Comuni, oppure la possibilità di intervenire a sostegno di misure previste in più Piani d'Azione di Comuni limitrofi, organizzando in modo strategico le attività di promozione e mettendo a disposizione le proprie risorse in modo mirato.

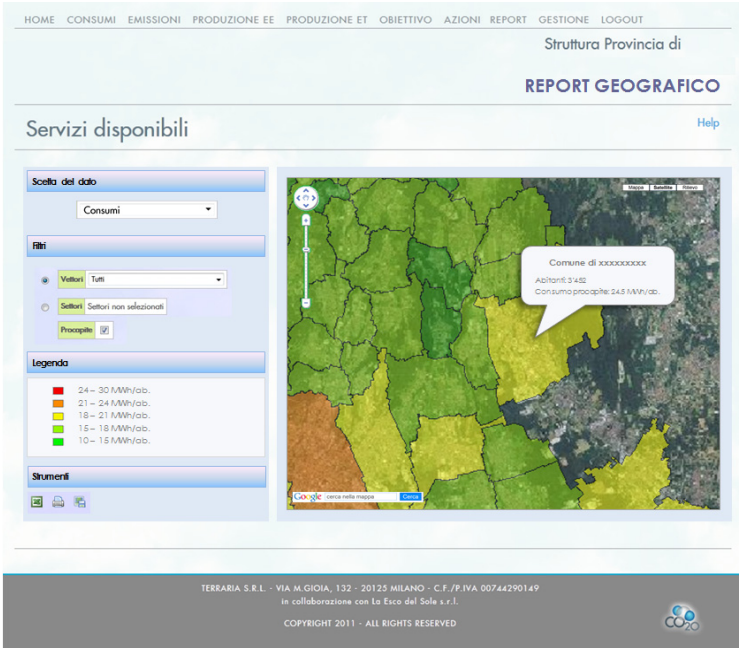


Figura 5. Pagina di CO_{20} prevista per le Strutture di Supporto dedicata alla visualizzazione dei consumi comunali.

Conclusioni

Il software CO_{20} viene attualmente utilizzato da 85 utenti comunali mentre la versione per Struttura di Supporto è a disposizione della Provincia di Bologna in via sperimentale. Oltre a fornire ai soggetti pubblici un valido strumento per la pianificazione energetica locale, sia a livello comunale che al livello più ampio delle Strutture di Supporto, attraverso la versione "pubblica" del proprio profilo ogni utente ha la possibilità di presentare e diffondere i dati raccolti ed elaborati nella stesura del Piano. Tale aspetto risulta di fondamentale importanza per sensibilizzare i cittadini privati ai temi del risparmio energetico e delle fonti rinnovabili oltre che a dare la possibilità alle Amministrazioni Locali di pubblicizzare i propri comportamenti virtuosi. La possibilità di analizzare i dati tramite WebGIS risulta inoltre particolarmente efficace, in quanto permette ai diversi utenti di individuare problemi e soluzioni legati alla territorialità.

Ringraziamenti

Si ringrazia La Esco del Sole S.r.l. per la collaborazione e il supporto scientifico nella definizione della metodologia implementata nel software.

Riferimenti bibliografici

Bertoldi P., Bornás Cayuela D., Monni S., De Raveschoot P. (2010) *"How to develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP) – Guidebook"*

Settore Ambiente Provincia di Bergamo (2010) *"Guida pratica alla stesura del PAES"*

Boccardi A., Ghidorzi S., De Simone D., Brolis M., Maffeis G. (2007) *"Un approccio integrato per i Bilanci Energetico-Ambientali Regionali: il caso della Regione Lombardia"*

Un'applicazione per il monitoraggio del consumo di suolo

Stefano Malagesi (*), Fabio Baiocco (**), Ines Marinosci (**), Michele Munafò (**)

(*) Tirocinante presso Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Via Vitaliano Brancati 48, Roma, stefano.malagesi@hotmail.it
(**) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Via Vitaliano Brancati 48, Roma, fabio.baiocco@isprambiente.it ines.marinosci@isprambiente.it michele.munafo@isprambiente.it

Abstract
La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo, sviluppata e gestita da ISPRA in collaborazione con il Sistema delle Agenzie Ambientali, consente di valutare lo stato e l'andamento del fenomeno del consumo del suolo agricolo e naturale, dovuto all'espansione urbana e alla cementificazione del territorio. Nell'ambito delle attività di sviluppo del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA), è stata sviluppata da ISPRA un'applicazione specifica, in ambiente open source, che permette, agli utenti responsabili del monitoraggio, di acquisire e gestire i dati attraverso la lettura e la fotointerpretazione di cartografia, al fine di concorrere all'elaborazione automatica di indicatori sul consumo di suolo. La restituzione di tali indicatori è resa possibile dal fatto che, in fase di progettazione dell'applicativo, vengono inseriti all'interno della struttura del programma i criteri specifici per il calcolo di ogni singolo indicatore. Inoltre il sistema è in grado di realizzare dinamicamente grafici e statistiche, all'interno delle quali si possono trovare, sia la quantità di dati elaborati, sia la quantità di lavoro prodotta da ogni singolo utente e di rendere accessibili tali informazioni sul web ai diversi livelli di utenza. L'applicazione sviluppata consente di rendere più semplice la valutazione del consumo di suolo a livello nazionale, regionale e comunale, garantendo maggiore omogeneità nelle attività di acquisizione e di elaborazione dei dati da parte di ISPRA e delle Agenzie Regionali e delle Province Autonome per la Protezione dell'Ambiente.

Introduzione

Un suolo in condizioni naturali fornisce al genere umano i servizi ecosistemici necessari al proprio sostentamento: servizi di approvvigionamento (prodotti alimentari, materie prime, etc.); servizi di regolazione (clima locale, cattura e stoccaggio del carbonio, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, etc.); servizi di supporto (decomposizione e mineralizzazione di materia organica, habitat delle specie, conservazione della biodiversità, etc.) e servizi culturali (servizi ricreativi, paesaggio, etc.). Allo stesso tempo è anche una risorsa fragile che viene spesso considerata con scarsa consapevolezza e ridotta attenzione nella valutazione degli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni; le scorrette pratiche agricole, la concentrazione in aree localizzate della popolazione, le variazioni d'uso e gli effetti locali dei cambiamenti ambientali globali, possono originare gravi processi degradativi che limitano, o inibiscono totalmente, le funzionalità del suolo, diventando evidenti solamente nel momento in cui assumono carattere di irreversibilità.
Oggigiorno si tende a prestare sempre maggiore attenzione alla tematica del consumo di suolo a causa della progressiva cementificazione e impermeabilizzazione del suolo che colpisce in modo sempre più pesante i terreni agricoli e naturali, incidendo negativamente sugli ecosistemi locali.

La rete di monitoraggio del consumo di suolo

In tale contesto, e nell'ottica di una valutazione del fenomeno finalizzata al riequilibrio delle attività di sviluppo a livello territoriale, ISPRA, in collaborazione con il Sistema delle Agenzie Ambientali

delle Regioni e delle Province Autonome, ha avviato da alcuni anni il monitoraggio del consumo di suolo in atto nel nostro Paese e della contemporanea sua progressiva impermeabilizzazione, attraverso lo sviluppo di specifiche reti di monitoraggio a livello nazionale e sulle principali aree urbane e il popolamento e la valutazione di indicatori ambientali.
Per avere un quadro dettagliato del fenomeno anche a livello regionale, si è resa necessaria la realizzazione di una nuova rete di monitoraggio costituita da circa 28.000 punti distribuiti sul territorio nazionale, con l'acquisizione dei dati di campionamento basata sulla fotointerpretazione di ortofoto e l'interpretazione di carte topografiche storiche. Si è integrata, in tal modo, la rete azionale già esistente costituita da 12.000 punti.
La realizzazione di queste reti di monitoraggio risulta essere utile nella successiva fase di elaborazione degli indicatori utilizzati per la lettura e l'interpretazione della situazione attuale finalizzata a fornire un valido supporto per una pianificazione territoriale sostenibile che non vada più ad intaccare il patrimonio naturale del nostro Paese.

L'acquisizione dei dati
Nell'ambito delle attività di sviluppo del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA), è stata sviluppata un'applicazione, in ambiente open source, che permette, agli utenti responsabili del monitoraggio, di acquisire e gestire i dati attraverso la lettura e la fotointerpretazione di cartografia, al fine di concorrere all'elaborazione automatica di indicatori sul consumo di suolo. La restituzione di tali indicatori è resa possibile dal fatto che, in fase di progettazione dell'applicativo, vengono inseriti all'interno della struttura del programma i criteri specifici per il calcolo di ogni singolo indicatore. Inoltre il sistema è in grado di realizzare dinamicamente grafici e statistiche, all'interno delle quali si possono trovare, sia la quantità di dati elaborati, sia la quantità di lavoro prodotta da ogni singolo utente e di rendere accessibili tali informazioni sul web ai diversi livelli di utenza. L'applicazione, inoltre, consente di rendere più semplice la valutazione del consumo di suolo a livello nazionale, regionale e comunale, garantendo maggiore omogeneità nelle attività di acquisizione e di elaborazione dei dati da parte di ISPRA e delle Agenzie Regionali e delle Province Autonome per la Protezione dell'Ambiente (Figura 1).



Figura 1. Home page dell'applicativo.

Come visibile nella home page dell'applicativo, gli utenti previa autenticazione tramite username e password, possono stabilire, attraverso criteri di ricerca, ogni singolo ambito di interesse; ciò rende più semplice ed immediato il lavoro di monitoraggio ambientale dei soggetti che andranno a selezionare unicamente la regione di proprio interesse. Oltre la regione, vi è anche la possibilità di selezionare la provincia e il comune in modo tale da condurre indagini sul consumo di suolo in maniera capillare e approfondita a diverse scale di dettaglio. Una volta inseriti i criteri di ricerca, l'utente avrà il compito di interpretare e fotointerpretare rispettivamente le carte topografiche storiche (tavolette 1:25.000 fornite dall'IGM) e le ortofoto, attribuendo ad ogni singolo punto la copertura corrispondente (Figura 2).

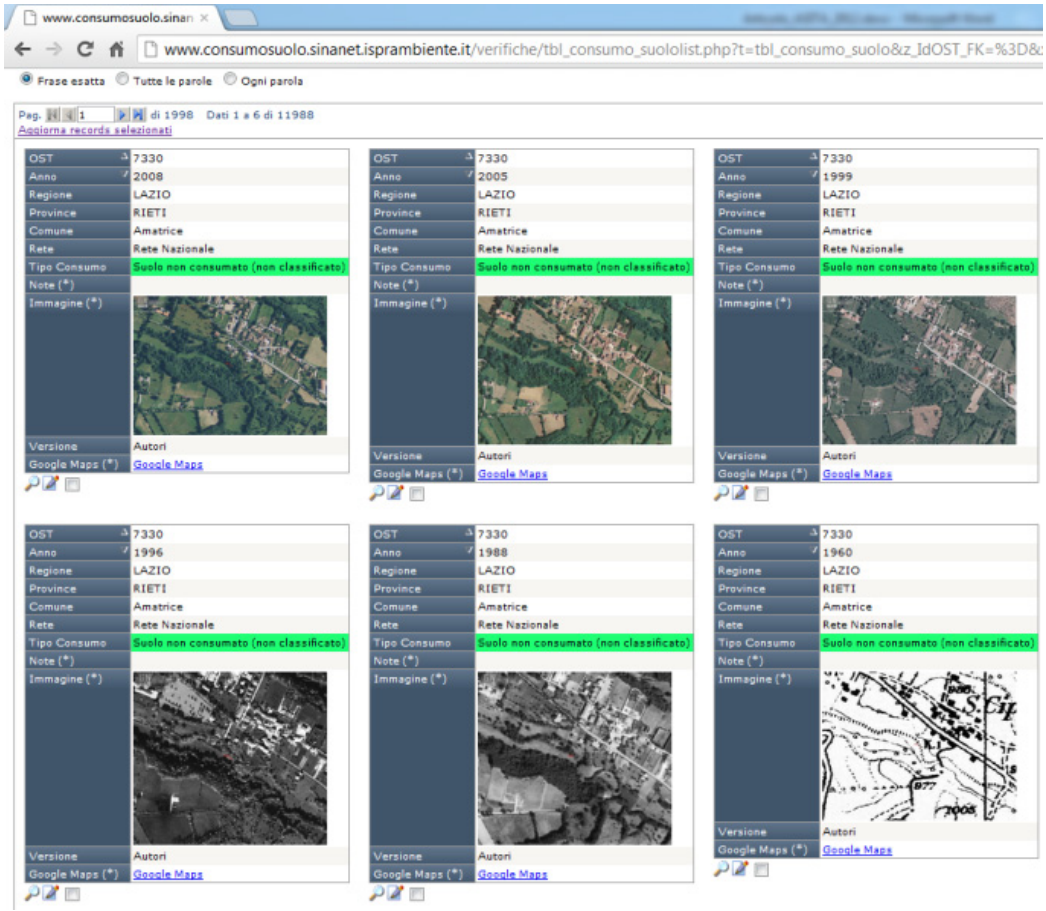


Figura 2. Interfaccia per l'interpretazione e la fotointerpretazione della cartografia.

L'elaborazione degli indicatori a livello nazionale

I dati raccolti sono salvati all'interno di un geodatabase e successivamente elaborati al fine di valutare il consumo di suolo attraverso indicatori che, oltre a restituire dati sull'andamento del fenomeno nell'intervallo temporale considerato (1956-2006), hanno avuto il compito di validare la metodologia utilizzata, confrontando dati derivanti da analisi precedentemente svolte con quelli derivanti dalle analisi effettuate con il nuovo metodo d'indagine.

Per il calcolo degli indicatori si è utilizzato il metodo di classificazione binaria già utilizzato in analisi precedentemente validate che hanno previsto l'utilizzo del codice 0 per identificare aree non consumate e del codice 1 per identificare aree consumate. La percentuale di suolo consumato deriva dalla misurazione del numero di punti classificati come consumati rispetto al numero di punti totali ricadenti, o in ogni singola regione o nel territorio nazionale, a seconda del livello di dettaglio delle analisi da compiere.
Il consumo di suolo al livello nazionale viene valutato attraverso una stima in termini:

- percentuali: indicatore 1 “Percentuale di consumo di suolo” - Figura 3
- assoluti: indicatore 2 “Superficie consumata totale” espressa in ettari - Tabella 1
- relativi alla popolazione residente: indicatore 3 "Consumo di suolo pro capite " - Tabella 2

Le percentuali riportate nella Tabella 1 sono riferite a "date corrette"; visibili nella prima riga della Tabella 1, le "date corrette" sono state ricavate attraverso una media pesata dall'insieme di date che compongono ogni serie storica di riferimento. Sia le ortofoto che la cartografia utilizzata, pur riferendosi ad un determinato lasso temporale, sono state acquisite in momenti ed anni diversi tra di loro. Per questo si è reso necessario il calcolo delle "date corrette" a cui riferire le analisi sia a livello regionale che a livello nazionale. I dati risultati sono ancora provvisori in quanto saranno necessari il completamento e la validazione delle informazioni derivanti dalle nuove reti di monitoraggio.

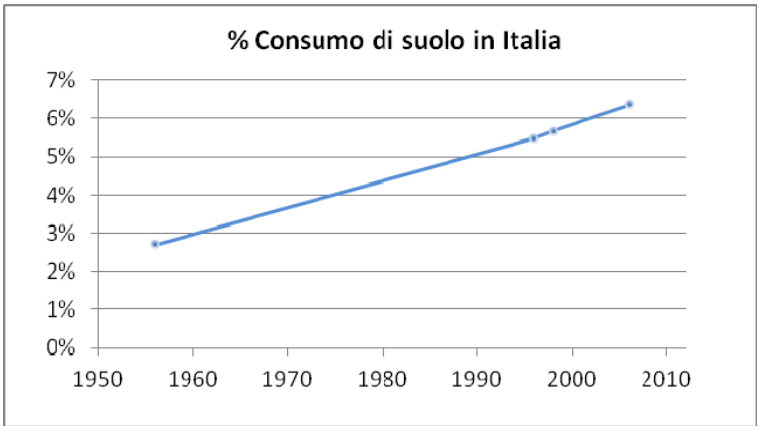


Figura 3. Andamento percentuale del consumo di suolo in Italia.

DATE CORRETTE	1956	1996	1998	2006
SERIE DI RIFERIMENTO	1960	1994-97	1998-2001	2004-2007
ITALIA (%)	2,70%	5,48%	5,66%	6,36%
ITALIA (ha)	813.989	1.654.231	1.709.900	1.919.900

Tabella 1. Percentuali di consumo di suolo in Italia.

Alla luce dei risultati ottenuti si è calcolata anche la superficie di suolo consumata pro capite misurata in metri quadri: si nota in Tabella 2 come questo valore sia più che raddoppiato nell'ultimo cinquantennio.

ANNO	POPOLAZIONE (ab)	CONSUMO DI SUOLO PRO CAPITE (mq)
1956	48.788.140	167
1996	56.516.103	293
1998	56.578.754	302
2006	58.430.804	329

Tabella 2. Consumo di suolo pro capite.

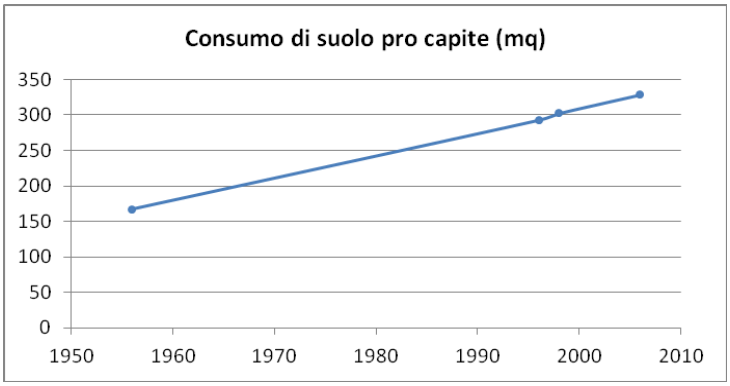


Figura 4. Andamento del consumo di suolo pro capite.

L'elaborazione degli indicatori a livello regionale

Parallelamente a quanto calcolato a livello nazionale, si è andati a popolare gli stessi indicatori a livello regionale, valutando il fenomeno attraverso una stima in termini:

- percentuali: indicatore 4 "Percentuale di superficie regionale consumata" - Figura 5
- assoluti: indicatore 5 "Superficie totale regionale consumata" espressa in ettari - Tabella 3

La percentuale di superficie regionale consumata deriva dalla misurazione del numero di punti classificati come consumati rispetto al numero di punti totali di ogni singola regione. Successivamente la stima percentuale di superficie regionale consumata è stata riportata sotto forma di ettari di superficie regionale consumata.

Attraverso la realizzazione della nuova rete di monitoraggio a scala regionale, e l'integrazione della rete nazionale già esistente, si è risaliti al valore percentuale di consumo di suolo di ogni singola regione per tutti gli anni della serie storica presa in considerazione. Di seguito vengono riportati in Tabella 3 i valori provvisori, espressi in percentuale, del suolo consumato a livello regionale di tre regioni italiane prese come rappresentative del Nord, del Centro e del Sud, rispettivamente Emilia Romagna, Lazio, Sicilia, attualmente in corso di validazione e, in Tabella 4, i valori in ettari del consumo di suolo per regione.

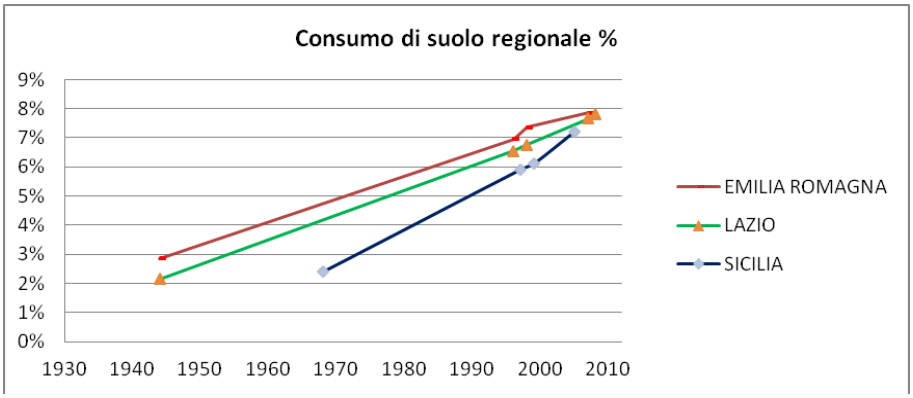


Figura 5. Andamento percentuale del consumo di suolo nelle regioni considerate.

	1956	1996	1998	2006	2008
Emilia Romagna	2,86%	6,96%	7,36%	7,86%	/
Lazio	2,15%	6,56%	6,76%	7,66%	7,81%
Sicilia	2,40%	5,91%	6,11%	7,21%	/

Tabella 3. Percentuali del consumo di suolo nelle regioni considerate.

REGIONE	Superficie (ha)	1956	1989	1996	1998	2006	2008
Emilia Romagna	2.249.219	64.360	146.995	156.477	165.483	176.740	
Lazio	1.720.483	37.046	97.829	112.804	116.249	131.749	134.352
Sicilia	2.570.422	61.752	160.006	151.807	156.953	185.256	

Tabella 4. Ettari di suolo consumato per regione.

Conclusioni

Dai dati ottenuti a livello nazionale si vede come in 50 anni il consumo di suolo in Italia sia arrivato a toccare livelli di crescita pari a circa il 136% rispetto al valore iniziale. La crescita costante di suolo consumato nell'immediato dopoguerra trova giustificazione nella ricostruzione delle città devastate dal conflitto; successivamente il benessere, portato dal boom economico, ha fornito nuova linfa allo sviluppo di città e di poli industriali. Purtroppo però, l'aumento del consumo di suolo negli ultimi anni non può essere ricondotto a nessuna forma di crescita economica o demografica.

L'andamento del consumo di suolo nelle tre regioni considerate assume un valore crescente con un incremento annuo di circa il 2,78% per l'Emilia Romagna, il 4,19% per il Lazio e il 5,41% per quanto riguarda la Sicilia. In totale dal 1956 al 2006 la superficie consumata di queste tre regioni è aumentata rispettivamente del 175%, del 256% e del 200%, valori del tutto in linea con l'incremento riscontrato a livello nazionale.

L'impiego dell'applicazione sviluppata da ISPRA permette di acquisire i dati sul consumo di suolo e di procedere quindi alla validazione e all'elaborazione degli indicatori; ciò rende confrontabili i set di dati derivanti da ogni regione in modo da costruire una banca dati completa che possa documentare l'incidenza del consumo di suolo sul territorio indirizzando l'attenzione di regioni, comuni ed enti locali sull'importanza del fenomeno.

L'applicazione WebGIS Microzonazione Sismica sul portale cartografico della Provincia di Modena www.sistemonet.it

Antonella Manicardi, Amelio Fraulini, Corrado Ugoletti, Barbara Mengoli

Provincia di Modena, Servizio Pianificazione Urbanistica e Cartografia,
Viale Martiri della Libertà 34, Tel. 059209327, Fax 059209284,
sistemonet@provincia.modena.it

Riassunto

L'applicazione WebGIS Microzonazione Sismica pubblicata sul portale geografico della Provincia di Modena www.sistemonet.it costituisce sia un esempio di buone pratiche per la prevenzione del rischio sismico ma soprattutto divulga il progetto realizzato dal Servizio Pianificazione Urbanistica e SIT della Provincia di Modena, nell'ambito dell'Accordo sottoscritto con i Comuni di Bastiglia, Guiglia, Marano Sul Panaro, Montese e Zocca, a supporto degli studi di microzonazione realizzati. Il progetto prevede l'assunzione degli esiti di microzonazione sismica del territorio, unitamente alla revisione dei cinque PRG. L'Accordo ha realizzato la microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale, mediante la redazione di un vasto complesso di cartografie, elaborate utilizzando e coordinando dati esistenti ed i risultati di nuove indagini geologico-sismiche. La Provincia di Modena si è occupata dell'informatizzazione dei dati, progettazione e redazione delle cartografie. Il Progetto è stato realizzato in conformità alla DAL 12/2007 della Regione Emilia Romagna che ha approvato gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" e agli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dalla Protezione Civile il 13/11/2008. Sulla base di tali atti il progetto è stato ammesso a finanziamento, nel percorso definito dall'OPCM 3907/2010 in materia di prevenzione del rischio sismico e attuato dal Decreto Protezione Civile 8422/2010 che ha definito: i criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica, gli elaborati da produrre e la struttura della banca dati. I principali prodotti realizzati sono: Carte delle indagini, Carte geo-morfologiche, Carte delle frequenze naturali dei terreni e le Carte di Microzonazione Sismica, ovvero le Carte delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). In questi elaborati sono individuate le zone stabili, le zone suscettibili di amplificazioni locali e le zone suscettibili di instabilità. L'applicazione WebGIS MICROZONAZIONE SISMICA che viene presentata utilizza la Banca dati creata per il progetto e ne pubblica integralmente i risultati scientifici.

Abstract

The WebGIS application "Seismic Microzonation" (SM), published on the geo-portal www.sistemonet.it, is both an example of good practice in prevention of seismic hazard and the illustration of the project carried out and implemented by the Urban Planning and GIS Services of Provincia di Modena, within the agreement with the Municipalities of Bastiglia, Guiglia, Marano sul Panaro, Montese and Zocca, signed in 2010. The SM project uses the results of the Seismic Microzonation of the investigated areas (II level of investigation) in order to upgrade the Urban Plans of these five Municipalities. The agreement has achieved the SM project, that is a detailed mapping of the territory according to the local seismic response, editing existing databases and the results of about 400 new geological and seismic surveys. Provincia di Modena has provided for the processing of geo-databases and produced several sets of maps. The SM Project was carried out in

accordance with the guidelines of Emilia-Romagna Region (Legislative Assembly Decree n.112/2007 "Guidelines for seismic microzonation studies in Emilia-Romagna to support territorial and urban planning") and with the "Guidelines and criteria for seismic microzonation", Department of Civil Protection, approved november 13th, 2008. The SM project was funded by Emilia-Romagna Region according to Decree n.1051/2011, based on Prime Ministerial Decree (OPCM) n.3907/2010 in prevention of seismic risk, implemented by Department of Civil Protection (Decree n. 8422/2010). The Decree establishes strict technical criteria of SM studies, including production of maps and the database structure. The main maps produced within SM project are: "Geo-morphological", "Fundamental frequencies of grounds", "Seismic waves speed (Vs30)"; "Peak Acceleration Ground (PGA)"; "Amplification factors (Housner Intensity)"; "Areas susceptible to site effects / homogeneous microzones in seismic perspective (MOPS)". SM project also provides planning standards at municipal level to reduce seismic hazard. WebGIS application "Seismic Microzonation" uses the database created for the SM project and publishes the full scientific results.

Introduzione

A partire dalla Legge Regionale dell'Emilia Romagna n. 31/2002 (nel seguito LR 31/2002) e con maggiore incisività a seguito dell'entrata in vigore della riclassificazione sismica nazionale le province hanno assunto, in parallelo alle competenze urbanistiche, anche un ruolo proprio per l'espressione di pareri sugli strumenti di pianificazione nelle zone sismiche. Tale ruolo è stato poi definitivamente codificato con la LR 19/2008 che all'art. 5 ha demandato alla Provincia l'espressione dei pareri sulla "compatibilità delle ... previsioni (del PSC, POC, PUA e PRG) con le condizioni di pericolosità locale del territorio" ed ha definito i principi generali in materia di pianificazione sia provinciale (art. 7) che comunale (art. 8) per la riduzione del rischio sismico. In materia la Regione Emilia Romagna (RER) aveva già provveduto emanando l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico per gli studi di microzonazione sismica applicati al campo della pianificazione, approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa n.112 del 2 maggio 2007 (nel seguito DAL 112/2007). La Provincia di Modena, dando attuazione all'art. 7 della LR 19/2008, nell'ambito della revisione del Piano Territoriale di Coordinamento (PTCP), ha realizzato la "**Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici**" e la "**Carta dei depositi del sottosuolo che possono influenzare il moto sismico in superficie**". Da queste, realizzando un accorpamento delle diverse combinazioni lito-morfologiche sulla base degli effetti sismici attesi si è ottenuto un elaborato che sintetizzando i dati di superficie e sottosuolo in una sola carta con un minore numero di classi non richiede specifiche conoscenze geologiche: la "**Carta delle aree suscettibili di effetti locali**". Essa non è ancora una carta di Microzonazione Sismica (MS), la cui elaborazione è demandata alla competenza comunale, ma costituisce un livello di conoscenza propedeutico e necessario alla microzonazione sismica poiché, localizzando aree a diversa pericolosità, fornisce indicazioni utili per il tipo di indagini da realizzare e per la loro localizzazione. In questo senso, costituisce un "primo livello di approfondimento" negli studi di MS. La pubblicazione di tali specifici elaborati è già realizzata, tramite l'applicazione web-GIS di pubblicazione del PTCP2009 ed è disponibile sul portale provinciale www.sistemonet.it.

Il Progetto di Microzonazione Sismica (MS)

La Provincia di Modena ed i Comuni di Bastiglia, Guiglia, Marano sul Panaro, Montese e Zocca hanno sottoscritto un accordo (2010) per la realizzazione della MS dei cinque territori comunali. Sulla base dell'accordo sono stati realizzati studi per ognuno dei Comuni, per la redazione dei quali si è dato incarico a un geologo specializzato in materia, mentre la Provincia si è assunta l'impegno della digitalizzazione dei dati e della realizzazione della banca-dati, della progettazione e redazione delle cartografie. Il progetto infine prevede l'assunzione degli esiti della MS del territorio nell'ambito della revisione della pianificazione comunale. L'accordo ha quindi realizzato da una parte la MS, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale, mediante la redazione di un vasto complesso di cartografie, elaborate utilizzando e coordinando i

dati esistenti ed i risultati di nuove ed importanti campagne di indagini geologico-sismiche. In parallelo un tavolo tecnico tra Provincia e Comuni ha provveduto a predisporre il quadro conoscitivo dei territori e della pianificazione comunale, al fine di porre le basi per la formazione dei Piani Strutturali Comunali o di specifiche varianti al PRG in adeguamento al PTCP, attraverso le quali recepire organicamente gli esiti della MS. Anche per la realizzazione del quadro conoscitivo dei Comuni la Provincia si è assunta l'onere della informatizzazione di tutte le cartografie e relative banche dati. Il progetto di MS è stato realizzato in conformità alla già citata DAL-RER 112/2007 che ha approvato gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", agli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile il 13/11/2008 ed al Decreto Protezione Civile 8422/2010 che ha definito: i criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica, gli elaborati da produrre e la struttura della banca dati. Sulla base di tali elementi il progetto ha goduto dei finanziamenti in materia di prevenzione del rischio sismico. L'intero progetto è realizzato in collaborazione con il Servizio Geologico della RER che costituisce il trait d'union tra il Dipartimento della Protezione Civile e le Amministrazioni comunali, destinatarie esclusive dei relativi finanziamenti. I prodotti realizzati sono diversi per i Comuni in territorio montano (Guiglia, Marano Sul Panaro, Montese, Zocca) e per l'unico Comune di pianura (Bastiglia). L'ovvia differenziazione territoriale ha infatti consentito che lo studio di microzonazione sismica del Comune di Bastiglia si spingesse fino alla realizzazione del terzo livello di analisi. I prodotti realizzati per il Comune di Bastiglia sono: -Primo livello di approfondimento: Carta delle indagini pregresse e nuove, Carta geo-morfologica, Sezioni geologiche, Carta delle isopieze, Carta della soggiacenza, Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS), Carta del primo contrasto, Carta delle frequenze naturali dei terreni e Carta del Tetto AES6. -Secondo livello di approfondimento: Carta delle nuove indagini e Carta della velocità delle onde di taglio S(Vs). -Terzo livello di approfondimento: Carta FA PGA, Carta dei fattori di amplificazione 0,1-0,3 / 0,3-0,5 / 0,5-1 / 1-1,5, Carta Fa e Carta Fv. I prodotti realizzati per i Comuni di Guiglia, Marano Sul Panaro, Montese, Zocca sono: -Primo livello di approfondimento: Carta delle indagini pregresse e nuove, Carta litomorfologica, Sezioni geologiche, Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS), Carta delle frequenze naturali dei terreni. -Secondo livello di approfondimento: Carta delle nuove indagini, Carta della velocità delle onde di taglio S (Vs), Carta dei fattori di amplificazione. A tali prodotti cartografici si accompagnano specifiche Relazioni tecniche che dettagliano le modalità di realizzazione dello studio geologico-sismico e di come questo abbia portato alla realizzazione delle singole elaborazioni.

L'applicazione WebGIS Micronazione Sismica

A partire dai prodotti descritti sopra la Provincia di Modena, nell'ambito del Servizio Pianificazione Urbanistica e Cartografia e attraverso il personale tecnico dell'Unità Operativa Cartografico e SIT ha provveduto alla progettazione e realizzazione dell'applicazione WebGIS MICROZONAZIONE SISMICA che si pone l'obiettivo di divulgare il progetto realizzato nell'ambito dell'Accordo sopra descritto. L'applicazione WebGIS MICROZONAZIONE SISMICA realizza la pubblicazione dell'intero gruppo di carte prodotte per ogni singolo comune. La visualizzazione avviene in modalità alternativa, non è possibile consultare contemporaneamente più carte in quando l'elaborazione dell'immagine sarebbe troppo lenta. Il servizio web offre le comuni modalità di consultazione geografica: posizionamento attraverso la scelta di specifici parametri di localizzazione (comune, località, indirizzo, particella catastale, argomento), navigazione, interrogazione dei livelli informativi, stampa delle mappe visualizzate corredate delle opportune legende descrittive delle informazioni relative all'area inquadrata, salvataggio delle impostazioni di ricerca impostate utilizzabili poi per consultazioni successive.

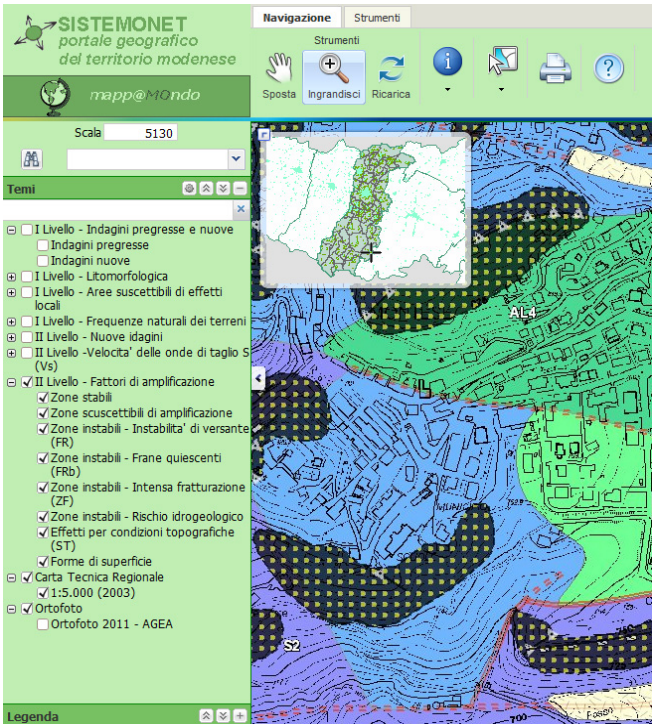


Figura 1. Legenda dell' applicazione WebGIS.

L'organizzazione dei dati utilizzati per la realizzazione dei prodotti cartografici segue le specifiche dettate dalla Delibera Giunta RER n. 1051/2011 e dagli Indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile già citati, ovvero agli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica", versione 1.5. Il sistema cartografico di riferimento è quello in uso in RER (European datum 1950 UTM32 Nord* con falso Nord a – 4000000 m). La consultazione delle carte oltre che per comune è organizzata secondo i tre livelli di approfondimento previsti dalle specifiche regionali e nazionali in materia di riduzione del rischio sismico. Il primo ed il secondo livello di approfondimento sono stati realizzati per tutti i cinque comuni compresi nello studio, il terzo livello solo per il comune di Bastiglia. La maggior parte delle carte descrittive dei primi due livelli è comune ad entrambi gli ambiti, pianura ed alta collina-montagna, ci sono poi carte specifiche legate alla natura morfologica dei luoghi e descrittive di aspetti e comportamenti peculiari. Le carte comuni a tutto il territorio esaminato sono, per il primo livello di approfondimento: **-Carta delle indagini pregresse e nuove**: scala 1:10.000, individua e qualifica le prove geognostiche svolte, di nuova realizzazione o tratte da bibliografia esistente, specificando la data di esecuzione e la profondità nel sottosuolo raggiunta dall'indagine; **-Carta litomorfologica** (montagna) e **-Carta geomorfologica** (pianura): scala 1:10.000, descrivono la natura del substrato, le forme morfologiche e le strutture tettoniche, in particolare sono indicati gli elementi in grado di indurre modifiche del moto sismico superficiale; **-Sezioni geologiche**: scala 1:5.000 per le aree montane e scala 1:10.000 per Bastiglia; riportano, lungo le tracce di sezione, l'organizzazione in profondità delle unità litologiche e delle forme di discontinuità litologiche e strutturali illustrate in pianta nelle carte descritte al punto precedente. **Carta delle frequenze naturali dei terreni**: scala 1:5.000 per l'ambito montano e solo per gli sviluppi con approfondimenti di secondo livello; scala 1:10.000 per Bastiglia, estesa a tutto il Comune. Riporta le frequenze proprie dei terreni misurate in situ attraverso l'esecuzione di prove HVSR (*Horizzontal to Vertical Spectral Rario*). In carta vengono indicate la posizione

dell'indagine, il valore della frequenza di risonanza misurato e l'ampiezza massima della curva HVSR. Per Bastiglia è stato possibile suddividere il territorio in aree caratterizzate da frequenze proprie simili o paragonabili, attraverso l'attribuzione di classi di variabilità del parametro misurato. Tale suddivisione costituisce il riferimento per la Pianificazione attuativa e per le Norme tecniche di attuazione/Regolamenti urbanistici edilizi, al fine di prevenire, in caso di sisma, il fenomeno di doppia risonanza. **-Carta delle aree suscettibili di effetti locali** (MOPS - microzone omogeneee in prospettiva sismica): scala 1:10.000; suddivide il territorio in base alla sua propensione ad amplificare il moto sismico. Vengono individuate: le zone stabili, nelle quali si ritiene non possano manifestarsi effetti di sito, e in cui non sono previsti ulteriori approfondimenti; le zone suscettibili di amplificazioni locali in cui sono previsti approfondimenti di secondo o terzo livello, e le zone instabili in cui sono attesi sia fenomeni di amplificazione locale che deformazioni permanenti del suolo, per le quali, nel caso si intenda modificare lo stato dei luoghi, sono sempre richiesti approfondimenti di terzo livello. La stessa carta, per il comune di Bastiglia è stata costruita considerando anche la possibile occorrenza di fenomeni quali liquefazione e densificazione dei terreni. Nelle colonne stratigrafiche illustrative dei terreni sono riportate anche caratteristiche geomeccaniche e geotecniche come consistenza, densità e resistenza alla penetrazione alla punta utilizzata per le prove penetrometriche. Sempre a corredo degli studi di primo livello, per il comune di Bastiglia sono state prodotte carte, scala 1:10.000, descrittive del livello della falda acquifera rispetto al piano campagna (**Carta della soggiacenza**); della superficie piezometrica (**Carta delle isopieze**); la **Carta del tetto dell'AES6** ovvero la profondità del tetto, sempre rispetto al piano campagna, del deposito alluvionale più recente e la **Carta del primo contrasto di impedenza sismica** che individua la profondità del tetto del livello stratigrafico che realizza la discontinuità nella velocità di propagazione delle onde sismiche. Il secondo livello di approfondimento prevede la realizzazione per tutti i comuni studiati della **Carta delle nuove indagini** che riporta le prove geognostiche di nuova esecuzione realizzate per gli studi di approfondimento al fine di aumentare il dettaglio delle informazioni relative alle zone suscettibili di amplificazioni del moto sismico e di caratterizzare le aree per le quali non si avevano notizie bibliografiche, e la **Carta della velocità delle onde di taglio S (Vs)**. Questa carta si differenzia a seconda che l'ambito sia quello di pianura, nel quale è stato possibile stimare il valore di Vs30 e rappresentare le sue variazioni attraverso isolinee, o quello di montagna nel quale le condizioni geomorfologiche variabili non consentono simili estrapolazioni. In questo caso le carte riportano, in corrispondenza di ogni stazione, la tipologia della prova geofisica svolta (HVSR o Re.Mi), il valore di velocità misurato, la profondità corrispondente ed il valore stimato di Vs30. Per i comuni dell'area montana le carte di secondo livello comprendono anche la **Carta dei fattori di amplificazione** che associa alle zone individuate nella carta MOPS (aree stabili, suscettibili di amplificazioni ed instabili) la stratigrafia del substrato e, per ognuna delle litologie presenti nelle colonne, i valori di Vs e dei fattori di amplificazione, espressi in funzione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (FA PGA) e del rapporto di Intensita' Spettrale di Housner (FA IS) e calcolati per i periodi 0.1/0.5 sec e 0.5/1 sec. Per le zone suscettibili di instabilità sono state individuate e descritte le forme di dissesto, gli elementi tettonici, morfologici e topografici capaci di produrre effetti di sito e sono infine state individuate le aree in cui effettuare il terzo livello di approfondimento. La stessa carta per il comune di Bastiglia è stata realizzata nell'ambito degli approfondimenti di terzo livello e scorporata in più serie di tavole; la **Carta FA PGA** e le **Carte dei fattori di amplificazione**, dove sono stati cartografati singolarmente gli andamenti dei due diversi fattori di amplificazione. La prima suddivide l'intero territorio comunale in funzione del valori del fattore di amplificazione da utilizzare nell'ambito delle verifiche di sicurezza proprie delle fasi esecutive della progettazione strutturale. La carta riporta l'ubicazione delle prove geofisiche svolte ed indica le aree per le quali si ipotizza che si possano manifestare fenomeni di liquefazione e densificazione dei terreni. La seconda si compone di quattro tavole ognuna delle quali identifica le aree caratterizzate da omogenei valori di FA IS, calcolati per i quatto periodi temporali ritenuti rappresentativi dei periodi propri di vibrazione delle tipologie costruttive tipicamente presenti sul territorio e prevedibili nelle future urbanizzazioni. Il periodo

0,1/0,3s è descrittivo del comportamento delle tipologie edilizie prevalenti nel settore "civile" realizzate con qualsiasi tipologia costruttiva ed aventi al massimo 3 ÷ 4 piani. Il periodo 0,3/0,5s è l'intervallo di calcolo utilizzato in riferimento ai fattori di amplificazione propri delle più comuni strutture a telaio in cls e prefabbricate, tipiche del settore produttivo-manifatturiero e commerciale-industriale con altezza sottotrave inferiore a otto metri. I periodi 0,5/1s e 1/1,5s riguardano fabbricati "a torre" realizzati con telaio in cls e con più di 5 ÷ 6 piani, accomunabili come periodo di vibrazione a magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri piezometriche, ciminiere.

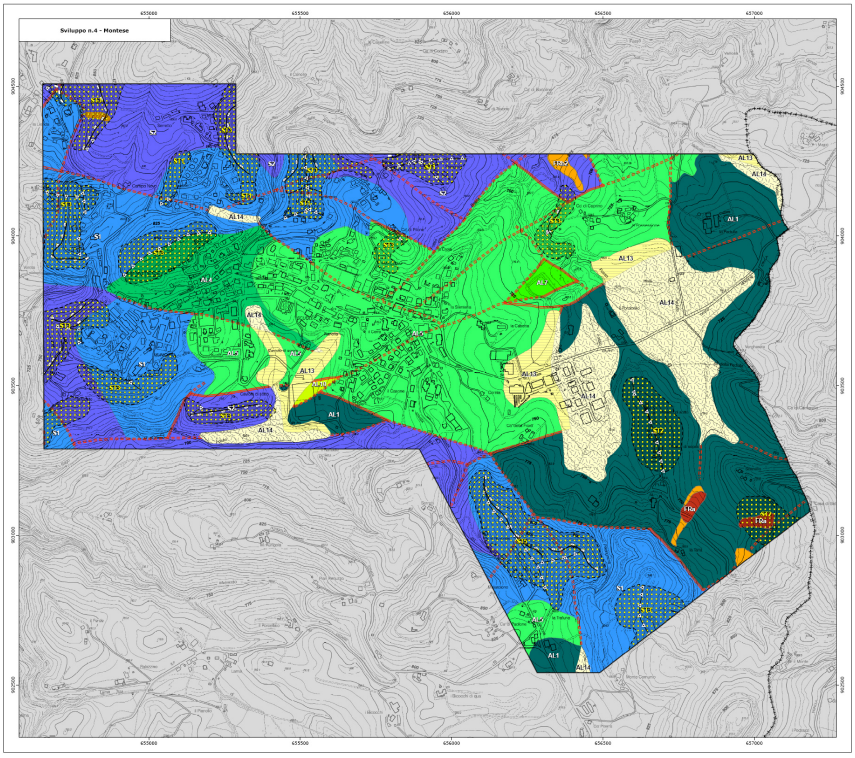


Figura 2. Carta FA PGA Comune Montese.

Carte dei fattori di amplificazione FA ed FV: scala 1:5.000 per l'ambito montano e solo per gli sviluppi con approfondimenti di secondo livello; scala 1:10.000 per Bastiglia ed estesa a tutto il Comune. In queste tavole vengono riprodotti l'andamento dei valori del fattore di amplificazione a basso periodo (FA), determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione, e del fattore di amplificazione ad alto periodo (FV) per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità.

Conclusioni

Gli Studi di Microzonazione Sismica ed progetto Web-GIS che ne realizza la pubblicazione, sono un esempio concreto di sinergie tra differenti livelli istituzionali in cui sono state messe in valore competenze e professionalità presenti, realizzando economie di scala che hanno ridotto tempi e costi di un prodotto il cui scopo è quello di pervenire ad una miglior conoscenza della pericolosità sismica locale nell'ottica di una tendenziale riduzione del deficit di sicurezza sismica del nostro territorio e con lo volontà di rendere le MS effettivamente fruibili a tutti gli operatori territoriali mediante l'apposita applicazione Web-GIS.

In volo sul passato: il Progetto Geomemories

Andrea Marchetti (*), Elizabeth Jane Sheperd (**), Maurizio Tesconi (*), Alessandro Lugari (*)

(*) CNR-IIT, Via G. Moruzzi 1, 50124 Pisa, Tel. +390503152649, Fax +390503152593,
e-mail andrea.marchetti@iit.cnr.it,
(**) ICCD, Sez. Aerofototeca Nazionale, Via di San Michele 18, 00153 Roma

Abstract
The Aerofototeca Nazionale in Rome holds a huge archive counting some million aerial photograph, extraordinary witnesses of the past century's Italian landscape.
Since 2010, an agreement with the National Research Council's Institute for Informatics and Telematics make accessible through Internet a little portion of this archive.
The so-called *Geomemories Project* aims to georeference and mosaic the images, thus making them displayable in a 4D environment via a Web 2.0 mashup application based on a Google Earth plug-in.
To date, a beta version of the www.geomemories.org website has been published; inside the user could find some images dating from the 40's and 50's years.
The expected result will be a sort of Geographical Atlas, filled with geographic-historical layers made with both open archives and social contribution.

Il Progetto Geomemories
L'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione, con sede in Roma, comprende tra gli altri una sezione dedicata alle fotografie aeree, denominata Aerofototeca Nazionale. All'interno della suddetta sezione vengono conservati milioni di fotogrammi provenienti da numerosi archivi (detti Fondi) e spazianti dal primi anni del '900 fino ad oggi.
Nel periodo compreso tra il 1943 e il 1945 ad esempio, la Royal Air Force ha eseguito sul territorio italiano migliaia di voli aerei. Lo scopo di alcuni di questi voli era sia quello di prendere visione dei possibili obiettivi militari che di valutare i danni procurati alle installazioni italo-tedesche in seguito ai bombardamenti effettuati. Per questo motivo sui velivoli erano installate delle camere fotogrammetriche con le quali sono state scattati milioni di fotogrammi. con scale medie che spaziano da 1:10000 fino a 1:50000.
Tali immagini costituiscono, per interesse e quantità, la spina dorsale del progetto Geomemories, fornendo una buona copertura spaziale e temporale del territorio nazionale in un periodo precedente al boom economico e quindi in un periodo in cui le modiche si sedimentavano ancora nell'arco dei secoli.
Tra gli altri Fondi conservati presso l'Aerofototeca è possibile citare il cosiddetto *Volo Base*, eseguito a scopi cartografici dal Gruppo Aeronautico Italiano tra il 1954 e il 1956, che mappa l'intero territorio italiano.
Geomemories nasce con l'intento di rendere agevolmente visibile una parte di questo straordinario patrimonio, auspicando una partecipazione attiva da parte dell'utenza, che può, dopo aver visionato le immagini, interagire con i webmaster comunicando informazioni, ricordi e nuovi dati, da inserire nel sito (Marchetti et al., 2011). Per questo si è scelto di utilizzare come base cartografica la piattaforma Google Earth, ormai entrata a far parte dell'uso quotidiano per una grande parte degli utenti Internet. Ad essa vengono sovrapposti come strati informativi immagini aeree e vettoriali, ai quali sono associate le informazioni disponibili relativamente alle zone riprese.

I campi di applicazione del progetto sono evidentemente molteplici, spaziando dalla mera documentazione storica all'ausilio per la ricerca di evidenze archeologiche, passando per l'utilizzo come strumento urbanistico o di ausilio alla Protezione Civile.
Ad oggi, con la pubblicazione di circa 300 fotogrammi, è già stato possibile documentare una serie di importanti modifiche antropiche del nostro territorio (figg. 1 e 2), l'erosione costiera nella zona della foce dell'Arno, l'esistenza di paleoalvei del Serchio sotto l'abitato della città di Pisa, nonché alcune evidenze archeologiche (Marchetti et al., 2012).
Le immagini sono state georiferite mediante l'applicativo software ERDAS Leica Photogrammetry Suite utilizzando come base cartografica di riferimento la piattaforma Google Earth (si è accettato l'errore planimetrico risultante in quanto lo scopo primario del progetto è divulgativo/partecipativo e non strettamente cartografico), realizzando una serie di mosaici ortocorretti mediante DTM con passo 20m reperito sul sito www.sinanet.it dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)



Figura 1. Composizione mostrante l'evoluzione della zona industriale di Genova (Castello Raggio) dagli anni '40 ad oggi.

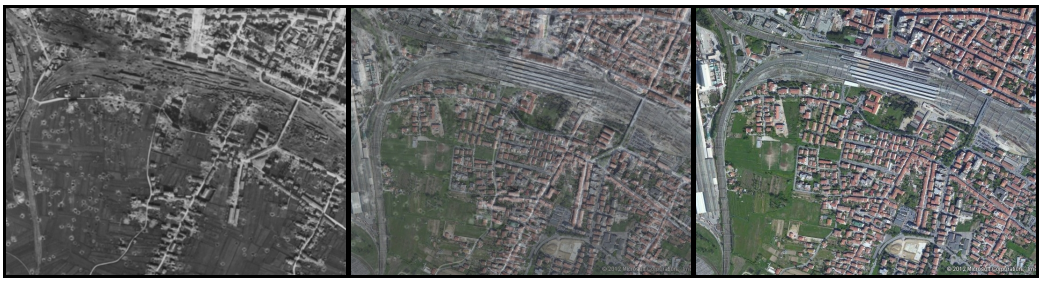


Figura 2. Composizione mostrante la zona intorno alla Stazione ferroviaria di Pisa dagli anni '40 ad oggi.

Riferimenti bibliografici

Marchetti A., Sheperd E. J., Cosci F., (2012), "Geomemories: un punto di raccolta e pubblicazione dei dati storico geografici", *1st workshop Opening the Past. Archaeological Open Data*
Marchetti A., Hast A., Rapisarda B., Sheperd E. J., Tesconi M., (2011), "Geomemories a Spatial-Temporal Atlas of the Italian Landscape", *12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*

Fotovoltaico su suolo agricolo: il caso marchigiano

Ernesto Marcheggiani, Andrea Galli, Giovanna Paci,
Giacomo Santicchia, Monica Bocci

Università Politecnica delle Marche, D3A, +39 071 220 4270, +39 071 220 4270,
e.marcheggiani@univpm.it

Abstract
Il presente lavoro si riferisce a una ricerca che un gruppo di ricercatori afferenti al D3A dell'Università Politecnica delle Marche hanno intrapreso per rispondere agli interrogativi in merito alle coperture fotovoltaiche su suolo agricolo nella Regione Marche. La crescita esponenziale delle superfici interessate ha indotto le amministrazioni competenti a invertire il trend di concessione di nuove autorizzazioni. Lo stato di fatto a scala territoriale non è noto e la ricerca si pone come primo obiettivo di colmare di tale vuoto producendo un monitoraggio a scala regionale. In secondo luogo, si è iniziato a indagare il comportamento degli imprenditori agricoli per capire se il loro interesse può essere interpretato come tentativo di riposizionare le attività aziendali, oppure è un fenomeno speculativo puramente extra-agricolo. Al fine di rispondere al primo interrogativo, in assenza di informazioni disponibili presso gli enti Regionali, è stata prodotta la prima base di riferimento a livello territoriale degli impianti fotovoltaici su suolo agricolo: localizzazione e consistenza sfruttando risorse open source e processi di volunteered geo-information. In una seconda fase le informazioni spaziali sono state integrate per analizzare i potenziali di ampliamento delle attività aziendali e il comportamento degli agricoltori. Un volta completato il lavoro consentirà di approfondire il rapporto fra nuove infrastrutture, le politiche gli strumenti di piano e i potenziali reali per la valorizzazione delle imprese e delle risorse dei territori produttivi agricoli e rurali. Il successivo confronto con le PPAA preposte permetterà di supportare e istruire l'azione normativa in corso.

Abstract
The present work which has involved researcher from the Polytechnic University of Marche, has been undertaken to shed light on the booming sprawl of solar mirror facilities over arable lands. In Marche Region such a change has took place with an exponential pace in term of surface. So fast that permissions to install new facilities are no longer acknowledged with ease. The situation on the reality is not known, therefore a first survey based on the visual interpretation of BING® maps has been performed to fill the gap. On the other hand, the growing interest of farmers for solar energy is under investigation. Is it to be meant as an evidence of new trends in reallocation of resources by taking advantage of current innovations and farmers creativity?, or it is the kernel of potential negative impacts which, by depriving the positivity of being a renewable energy, would turn the situation as unmanageable. Once completed the work will be useful to feed the debate on the role of new rural and farming infrastructures. This will allow to broaden the regional decision making by involving farmers and land managers to further exploit the potential of integration of solar mirrors within the farm's infrastructure a new planning vision which could considers this latters as new rural assets.

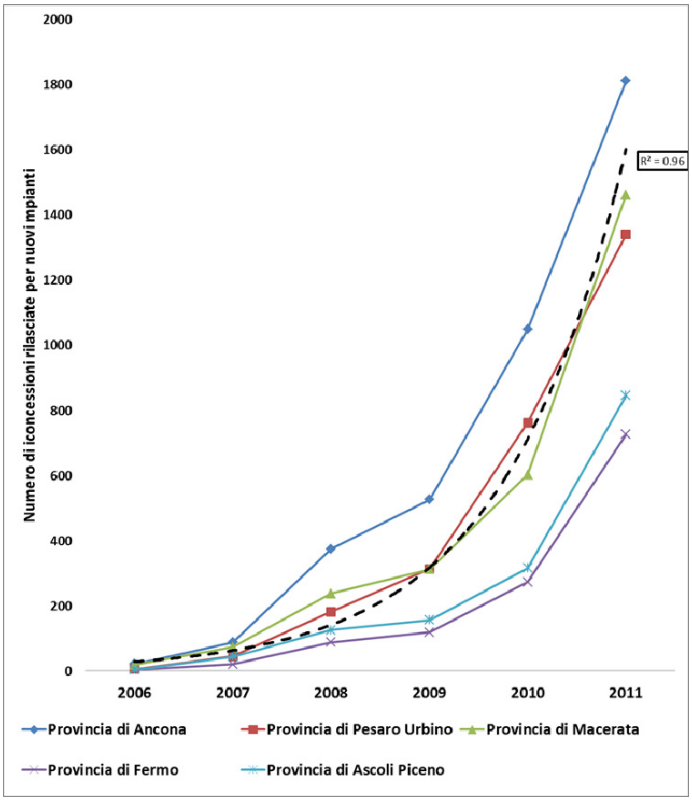


Figura 1. Il numero di concessioni per impianti fotovoltaici nelle provincie della Regione Marche dall'anno 2006 alla fine del 2011. Il trend di crescita segue un andamento esponenziale (curva tratteggiata). Si appiattirà poi dal gennaio 2012 data in cui il Decreto Monti sulle Liberalizzazioni (art.65) e la Legge Regionale 12 faranno sentire i loro effetti.

Il fotovoltaico su suolo agricolo: dimensione numerica e spaziale

Nel corso degli ultimi cinque anni in Italia vaste superfici di terreno agricolo –prevalentemente seminativo- sono state coperte da pannelli solari. Nella Regione Marche questo mutamento si è verificato con un ritmo esponenziale (Fig. 1) in termini di superfici occupate: poco più di 15000 concessioni per un totale di 892.538 kW di potenza ad oggi (Atlasole, 2012). Lo stato di fatto a terra non è noto, ma dai primi risultati di una indagine sperimentale condotta dal gruppo di ricerca che ha coperto finora il 70% della superficie regionale, emerge come oltre 800 ettari di suolo agricolo siano stati interessati dal fenomeno: una media di 12 campi da calcio ogni mese ininterrottamente per 5 anni. L'incremento è stato così rapido da indurre le amministrazioni competenti a rendere meno agevole, fino ad azzerare, la concessione di nuove autorizzazioni come si evince dal Decreto Monti sulle Liberalizzazioni (art.65) e dalla LR 12 del 4.08.10 Regione Marche.

Questo crescente interesse da parte degli agricoltori per le energie rinnovabili, in particolare per il solare fotovoltaico potrebbe, a un primo sguardo essere interpretato come un impulso di ammodernamento tecnologico delle dotazioni aziendali, nel tentativo di riposizionare le attività economiche aziendali nel settore delle innovazioni tecnologiche applicabili al contesto rurale. Se vogliamo, la riallocazione spaziale delle risorse sfruttando le novità tecnologiche e la creatività dell'imprenditore agricolo. Quello che il Van der Ploeg inquadra come il gioco tra gli effetti di specializzazione (deepening), ampliamento (broadening) e riallocazione e ricerca di nuove nicchie di attività (regrounding) dell'azienda agricola al di là delle attività tradizionali (van der Ploeg et al., 2002).

Tuttavia, ad una più attenta disamina emerge una duplice situazione. In alcuni casi gli imprenditori agricoli hanno agito in maniera coerente con gli strumenti di programmazione agricola (per es. Misura 311 – Diversificazione in attività non agricole Piano Sviluppo Rurale 2007-2013 Regione marche) svolgendo il ruolo di propulsori principali e le agevolazioni fiscali vengono integrate nell'attività agricola producendo un extra reddito; oltre alla stessa energia prodotta da fonte rinnovabile. Altri sfruttano invece la situazione al limite della frode. Aziende che non operano nel settore agricolo guidano direttamente il mercato dell'energia solare e vanno alla costante ricerca di terreni agricoli da prendere in affitto. Si tratta di società meramente speculative, i cui guadagni dipendono dagli incentivi economici statali.

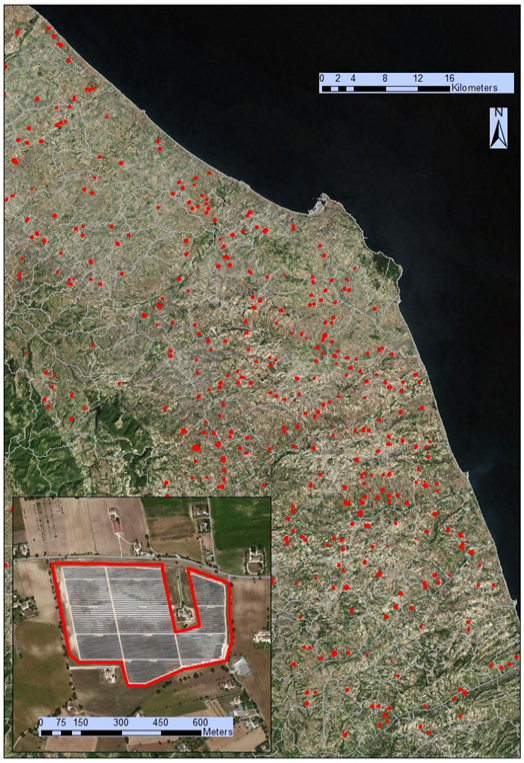


Figura 2. La dimensione spaziale del fenomeno. In rosso sono mappati tutti gli impianti a fotovoltaico solare installati su suolo agricolo. Il rilievo è riferito alla fine dell'anno 2011.

Questioni aperte

Per meglio inquadrare il fenomeno del fotovoltaico su suolo agricolo (Fig. 2), al di la della dimensione numerica del fenomeno, ci riferiamo di seguito a tre principali questioni aperte tentando una prima disamina: esiste coerenza tra scopo e risultato? e con le normative vigenti? infine, quali sono le potenzialità per le sfide della pianificazione delle aree non urbane?

Quale coerenza tra scopo e risultato? le spinte che tendono ad allargare l'implementazione delle energie rinnovabili si basano su buone intenzioni di sperimentazione di forme di sviluppo sostenibile e mirano al raggiungimento degli obiettivi europei. In tale contesto l'energia solare può certamente essere inclusa a pieno diritto tra le "green-solutions" e tutti ne riconosciamo la grande potenzialità e positività. Tuttavia l'effetto dovuto alla localizzazione degli impianti nel territorio non può in nessun modo essere sottovalutato o frainteso. Così come gli elementi principali di questo processo incessante devono essere soggette ad approfondite valutazioni da parte degli esperti di

pianificazione e di settore. Se questo è particolarmente vero per gli impianti che sfruttano l'effetto fotovoltaico i quali necessitano di ampie coperture poste in essere per catturare la radiazione solare, diviene essenziale quando i pannelli non occupano le sommità degli edifici o superfici artificiali (i.e. parcheggi o capannoni industriali), bensì sono installati su vaste porzioni di suolo agricolo. Tutto ciò apre a potenziali impatti negativi sia sul suolo che sui comportamenti degli agricoltori, e sottraendo il carattere di positività della sorgente rinnovabile rischia di produrre una situazione ingestibile.

Quale coerenza con le normative vigenti? Finora i decisori politici e i pianificatori si sono basati su di una visone concettuale che considera tre tipologie classiche: spazi di conservazione della naturalità, spazi rurali di produzione agricola, spazi urbanizzati. Queste tre categorie sono state viste come strettamente separate dove lo zoning è risultato, di fatto, l'unico strumento di pianificazione reale. Con l'accrescersi della coscienza sociale verso i temi ecologico-ambientali e culturali, la pianificazione degli spazi aperti in ambiente rurale è stata spinta ad allargare allargare il proprio orizzonte prospettico. Sotto la spinta fortemente attrattiva della centralità urbana, l'attenzione si è concentrata sul tema del peri-urbano producendo un paradosso: le aree agricole sono in realtà sempre state trascurate dal dibattito urbanistico. Così come lo sono state le loro reali caratteristiche e le dinamiche che ne regolano il funzionamento. Il termine ruralità –il cui reale significato è ignoto ai più che ne abusano nella comunicazione mediatica e politica- è diventato l'alibi dietro al quale si è nascosto il totale disinteresse dei pianificatori, del mercato e in ultima sintesi della politica verso questi territori. Nonostante l'assenza di qualsiasi modello di analisi e pianificazione dedicato agli ambienti rurali, (dal momento che i vari PSR attuati dal 2001 ad oggi hanno sostanzialmente fallito dal punto di vista del governo e della progettazione dei territori rurali), questi ultimi sono stati recentemente esaltati a luoghi in cui promuovere funzioni di conservazione (biodiversità, memoria, estetica, etc.) e mitigazione dell'impatto urbano. In tale contesto di subordine le politiche per favorire gli spazi rurali hanno tutte centrato la loro essenza sul concetto che gli spazi rurali e i luoghi dediti alla produzione agricola siano una risorsa ancillare, subordinata e funzionale alla città; la cui valorizzazione pare dipendere esclusivamente dalla museificazione del passato rurale e dal loro potenziale di produzioni tipiche, locali e di qualità. Spesso attraverso politiche di marketing territoriale completamente avulse dalle reali criticità che investono le aree rurali. Come se l'agricoltura fosse solo un bel paesaggio (con una forte componente immaginaria) che non potesse produrre altro che isolate nicchie di eccellenza.
Trascurati e pianificati con modelli non propri presi a prestito dalla storia dell'urbanistica, tali spazi si sono evoluti in maniera del tutto imprevista (Fig. 2). Pur tuttavia essi sono per definizione spazi aperti (Gulinck et al., 2010). In tale condizione di paradosso e in assenza di robusti strumenti pianificatori, la crescente richiesta di aree agricole per impianti fotovoltaici ha prodotto una situazione emblematica dalle duplici potenzialità, sia negative che positive: da un lato, la comparsa di nuove funzioni e servizi ad elevata tecnologia può rappresentare, *in nuce*, una potenzialità per il settore agricolo e per le imprese di specializzazione, ampliamento e riallocazione delle attività. Dall'altro non impedisce che la pianificazione territoriale sia assoggettata alle scelte di imprese speculative. Le prime evidenze sperimentali descrivono infatti una situazione in rapida evoluzione, dove nonostante le buone premesse iniziali una chiara posizione politica è ancora latitante. Si è passati in pochi anni dal far-west normativo al blocco delle concessioni, rendendo difficoltoso il processo pianificatorio dei territori agricoli e delle aree rurali, lasciati così aperti ad avventure speculative.

Quali opportunità per le sfide della pianifcazione in area non rurbana? L'impiego di energie da fonti rinnovabili è da incoraggiare, specialmente se rappresenta una nuova possibilità di reddito per gli imprenditori agricoli. Ciò può essere correttamente guidato se l'evoluzione verso un nuovo regime di utilizzazione del suolo è chiaramente percepito dai pianificatori e dai decisori, e se si adottano politiche ad hoc.

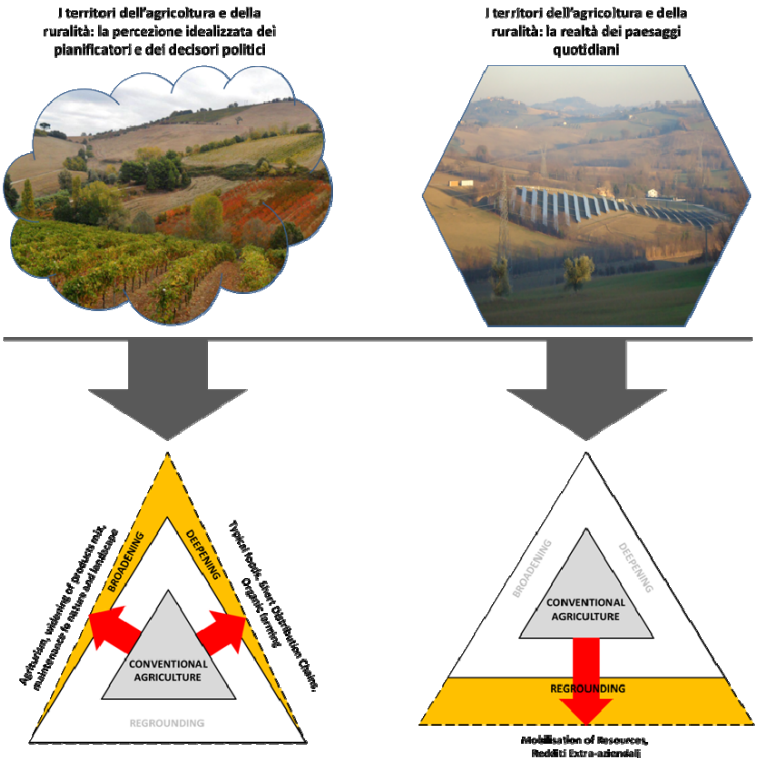


Figura 3. Il paradosso della contrapposizione tra la visione politica degli spazi rurali con la realtà a terra dei paesaggi ordinari e della vita quotidiana. In basso, gli effetti di questa contrapposizione inquadrati nel modello di van der Ploeg in merito alle possibilità dell'imprenditore agricolo di sfruttare positivamente le novità offerte dall'innovazione tecnologica e dalle pressioni per la ricerca di suolo agricolo per l'installazione di impianti fotovoltaici. L'attuale visione idealizzata degli spazi rurali fallisce un'intera gamma di possibilità sfruttando le opportunità di produrre energia rinnovabile (a sinistra). Al contrario (a destra) in assenza di regole e politiche produce una sospensione delle attività agricole che si spostano verso una posizione passiva in cui il guadagno non deriva dalla produzione di beni o servizi, bensì dall'affittare parte della loro terra a compagnie esterne che la richiedono allo scopo di sfruttarla per la produzione di energia solare da fotovoltaico. In questo caso il triangolo di Van der Ploeg viene reso sterile e la maggior parte delle funzioni agricole viene persa.

Per sottolineare quanto asserito lo schema di figura 3 è stato usato quale guida. Richiamando quanto detto in presedenza, si può osservare che in gran parte del territorio regionale le tre categorie classiche co-esistono in forma ibrida non separata. La realtà, infatti, non è stazionaria e le spinte alla trasformazione generano nuovi assetti territoriali. I pianificatori guardano la realtà attraverso la lente della politica, ciò non consente di affrontare i nuovi assetti emergenti a livello territoriale a causa degli effetti di scala. La visione idealizzata e le aspettative che essi hanno (Fig. 3 in alto a destra) non collimano con la realtà a terra (Fig. 3 in alto a sinistra), dove nuove funzioni stanno generando nuove strutture che si diffondono su tutto il territorio. Tale nuova situazione produce cambiamenti sia sull'assetto del territorio sia sul sistema dei valori culturali delle popolazioni che vivono i luoghi. Modalità e tempi di tale processo di trasformazione sfuggono tra le maglie delle normative e delle regole della pianificazione. La responsabilità dell'aggiornamento del quadro normativo e pianificatorio ricade in parte sugli operatori e sugli studiosi di tali fenomeni, ma principalmente sulla politica. Possiamo integrare tale richiamo con lo schema del potenziale di allargamento delle attività agricole proposto dal modello di Van der Ploeg. L'attuale visione museificata degli spazi rurali quali aree di esclusiva qualità, al servizio del benessere di chi abita le

aree urbane, fallisce un'intera gamma di possibilità per gli agricoltori di allargare le loro entrate sfruttando le opportunità offerte dalle novità tecnologiche, in questo caso, la riconversione di suolo produttivo per ospitare impianti di energia rinnovabile (triangolo in basso a sinistra in figura 3). D'altro canto un uso improprio della risorsa suolo produce una sospensione delle attività agricole che si spostano verso una posizione passiva in cui il guadagno non deriva dalla produzione di beni o servizi, bensì dall'affittare parte della loro terra a compagnie esterne che la richiedono allo scopo di sfruttarla per la produzione di energia solare da fotovoltaico (triangolo in basso a destra in figura 3). In questo caso il triangolo di Van der Ploeg viene reso sterile e la maggior parte delle funzioni agricole viene persa.

Prime sintesi conclusive

La possibilità che tale trend produca effetti integrati con il contesto produttivo agricolo, e con il paesaggio rurale, dipende dal modo in cui i decisori politici saranno abili nel catturare e interpretare le sfumature di tale rapido processo di trasformazione spaziale del territorio agricolo, e dallo sviluppo di un nuovo approccio da parte dell'imprenditore agricolo verso le risorse aziendali. Solo una buona governance potrà indirizzare le attività speculativa extra-agricole verso un processo di ammodernamento e ampliamento dei margini di operatività dell'agricoltura, ampliando le possibilità di reddito delle aziende agricole. In ultima sintesi, verso nuove forme integrate che amplino il panorama attuale delle attività tradizionali e dei servizi resi dal comparto agricolo alla collettività.

Se ciò dovesse essere disatteso, tutto il processo innescato dalla spinta verso le rinnovabili non sarà altro –almeno per il solare fotovoltaico in aree agricole- che una forma di sfruttamento delle risorse agricole, in particolare della preziosissima risorsa suolo. Tale meccanismo di speculazione non potrà che indirizzare il settore agricolo verso trend che difficilmente potremmo inquadrare come sostenibili o di allineamento agli obiettivi europei della sfida 2020.

Solamente con una solida strategia partecipata capace di far incontrare la visione ideale e le aspettative della parte politica (per es. i Distretti rurali di qualità) con le nuove forme di uso degli spazi aperti in ambiente rurale (per es. il pannelli solari) integrandole con le attività agricole, sarà possibile guidare i processi di trasformazione verso un nuovo modo di progettare il territorio agricolo e le aree rurali. Una progettazione che sia condivisa, sostenibile e rispondente le istanze delle popolazioni locali.

E' possibile incontrare attualmente esempi di uso razionale e positivo del solare fotovoltaico integrato con le attività dell'agricoltura. Ma sono singoli casi isolati. Il successo di tale integrazione virtuosa lo dobbiamo più all'attivismo locale e alla creatività dei singoli imprenditori che all'azione politica. Quest'ultima, troppo lenta nel rispondere alle nuove dinamiche di trasformazione, miope e centrata su una visione degli spazi agricoli e rurali al servizio delle funzioni urbane, ancora una volta teniamo a ribadire rischia di fallire l'opportunità di cogliere l'opportunità di guidare il cambiamento.

Riferimenti

Atlasole - Gestore dei Servizi Energetici GSE - http://atlasole.gse.it/atlasole/

Jan Douwe van der Ploeg, Ann Long & Jo Banks, (2002) Living Countrysides: Rural Development Processes in Europe - The State of the Art, Elsevier, Doetinchem, ISBN: 9054391170 9789054391173

Kirsten Bomansa, Thérèse Steenberghenb, Valerie Dewaelheynsa, Hans Leinfelderc, Hubert Gulinck, (2010) Underrated transformations in the open space—The case of an urbanized and multifunctional area, Landscape and Urban Planning, Volume 94, Issues 3–4, Pages 196–205.

Una infrastruttura di dati territoriali open-source per la pianificazione territoriale conforme alle normative urbanistiche

Giacomo Martirano, Vittorio Gagliardi, Fabio Vinci (*),
Marcello Gaccione (**), Massimo Zupi (***)

(*) Epsilon Italia, Via Pasquali 79, 87040 Mendicino (CS), Tel. 0984.631949, Fax 0984.631767,
e-mail g.martirano@epsilon-italia.it
(**) Provincia di Cosenza, C.da Vagliolise, 87100 Cosenza, Tel. 0984.814808, Fax 0984.8184801,
e-mail agaccione@provincia.cs.it
(**) Dipartimento di Pianificazione territoriale dell'Università della Calabria, Via P. Bucci Cubo 46B,
87036 Arcavacata di Rende (CS), Tel. 0984.496765, Fax 0984.496787, e-mail massimo.zupi@unical.it

Riassunto
In questo lavoro sono descritte le attività effettuate per la progettazione, lo sviluppo e l'implementazione una infrastruttura di dati territoriali open-source per la pianificazione territoriale conforme alle normative urbanistiche.

Abstract
This paper describes the activities carried out for the design, development and implementation of an open-source based SDI for local spatial planning compliant to policy requirements.

Prescrizioni normative
La pianificazione territoriale in Calabria è disciplinata dalla Legge Urbanistica Regionale n° 19/2002 e successive modificazioni e dalle Linee Guida associate (2006), che definiscono le regole per una pianificazione territoriale armonizzata ai tre diversi livelli amministrativi: regionale, provinciale e comunale. Poiché non è semplice tradurre queste norme in maniera univoca in strumenti operativi e procedure comuni per l'utilizzo da parte dei pianificatori territoriali, si rende necessario lo sviluppo di un modello dati comune e condiviso.

Potenziamento della IDT pre-esistente
Al fine di supportare i 155 Comuni ricadenti nel proprio territorio nella predisposizione dei Piani Strutturali Comunali (PSC) e dei Piani Strutturali Associati (PSA), il Settore Programmazione e Gestione del territorio della Provincia di Cosenza ha potenziato la pre-esistente Infrastruttura Dati Territoriale, sviluppando i tre seguenti ulteriori componenti:

1. Un modello dati per i PSC/PSA
2. Una procedura per l'editing on-line dei PSC/PSA
3. Un webgis per la consultazione dei PSC/PSA.

Modello dati
E' stato creato un modello dati concettuale dei PSC/PSA, codificando dapprima le regole testuali concettuali contenute nelle norme sopra citate, a seguito di un processo partecipativo in cui tutti i soggetti interessati sono stati coinvolti: amministratori e tecnici regionali, provinciali e comunali, tecnici ed esperti di Infrastrutture Dati Territoriali, pianificatori territoriali. Successivamente è stato sviluppato un modello dati logico UML, compresa la definizione delle codelist per tutti gli attributi, ed infine il modello di dati fisico è stato generato per mezzo di un RDBMS spaziale open-source

PostGIS. La sperimentazione del modello dati effettuata con alcuni Comuni pilota della Provincia di Cosenza ha inoltre consentito di affinare ulteriormente il modello stesso, grazie al suo utilizzo all'interno di reali contesti pianificatori.

Procedura per l'editing on-line dei PSC/PSA

Al fine di superare le barriere tecnologiche dei Comuni privi di infrastrutture GIS, è stata sviluppata una procedura per l'editing on-line dei Piani in conformità al modello dati, utilizzando un client desktop GIS open-source.

L'architettura del sistema si basa lato server sull'uso del web server open-source Geoserver, consentendo la modifica on-line del geodatabase centralizzato Postgis mediante il protocollo OGC WFS-T. Lato client, l'uso del client desktop GIS open-source QGIS è stato combinato con moduli personalizzati creati in Python, che, limitando i valori degli attributi a codelist predefinite, tenendo conto anche delle relazioni tra i diversi elementi del modello dati. In questo modo la conformità dei Piani al modello dati target è assicurata durante la fase di editing, evitando successive procedure di validazione.

Per facilitare l'uso della procedura di editing on-line, i tecnici degli uffici comunali ed i pianificatori territoriali sono stati formati mediante lezioni teoriche sui concetti chiave di una infrastruttura di dati territoriali, corredate da molte esercitazioni.

L'interoperabilità con molti dati sovra comunali è stata garantita mediante la pubblicazione di appositi servizi WMS/WFS.

Webgis

Al fine di garantire la consultazione dei PSC/PSA generati in conformità al modello dati, è stato creato un apposito webgis, basato sull'utilizzo della piattaforma open source Mapserver/pmapper, integrata nel geoportale esistemte.

Conclusioni

I vantaggi principali derivanti dalla realizzazione dell'infrastruttura di dati territoriali per la pianificazione territoriale conforme alle normative urbanistiche sono:

- l'uso di un modello dati comune che facilita le analisi spaziali che si possono fare sui dati armonizzati; tali analisi sono utili per effettuare sia benchmarking territoriale che controlli di conformità dei PSC/PSA alla normativa vigente;
- l'uso di una procedura di editing on-line che assicura, contestualmente alla fase di editing, la conformità del piano alle prescrizioni normative, evitando di dover ricorrere ad onerose procedure di trasformazione e validazione;
- l'uso di tecnologie open-source, che abbattono quei costi che gli utenti devono sostenere in termini di infrastrutture tecnologiche.

FIRE: un sistema di HOTSPOT detection per le regioni del Mediterraneo e dell'Africa

Cosimo Marzo (*), Rosa Loizzo (*), Luciano Garramone (*),
Giuseppe Priore (**), Giuseppe Guarino (**)

(*) Agenzia Spaziale Italiana, Centro di Geodesia Spaziale, Tel. +39.0835.377511, Fax +39.0835.339005, Matera
(**) Protezione Civile Gruppo Lucano, Tel. +39.0975.311333, Fax +39.0975.350006, Viggiano (PZ)

Riassunto

Il sistema FIRE è un prototipo realizzato dall'Agenzia Spaziale Italiana, nell'ambito di un'attività di ricerca sulle applicazioni dei dati Meteosat Second Generation (MSG) acquisiti presso il Centro Nazionale Multimissione (CNM) del Centro di Geodesia Spaziale (CGS) di Matera. Tale sistema utilizza i dati di Temperatura di Brillanza dei canali 4 (3.9μm) e 9 (10.8μm) del sensore SEVIRI, per rilevare anomalie termiche locali *(hotspot)* su aree non coperte da nubi.

Il prodotto *HOTSPOT* comprende le coordinate (LAT, LON) del *pixel* su cui è stata rilevata l'anomalia termica e i valori di Temperatura di Brillanza. Tutti gli *hotspot* sono archiviati in un *database POSTGRESQL* con estensione *PostGIS*. Il *database* compatibile con lo *standard OpenGIS*, è interrogabile con QGIS per visualizzare gli *hotspot* su file vettoriali (es. Mappe geografiche) e per accedere a tutte le informazioni associate al prodotto. E' possibile selezionare gli *hotspot* in base al numero di osservazioni ripetute, in un determinato intervallo di tempo e nello stesso punto. I prodotti sono generati entro 5 minuti dalla ricezione dei dati a terra, nonché entro 20 minuti dall'acquisizione a bordo e possono essere visualizzati in *Near Real Time* o accedendo ai prodotti in archivio. In supporto agli operatori di settore è stata sviluppata un'interfaccia in ambiente *Openlayer*, che consente di selezionare nel tempo e nello spazio gli *hotspot* archiviati e di visualizzarli su strati informativi messi a disposizione da *Google Maps*.

Il sistema in sperimentazione al CGS elabora i dati sulle regioni del Mediterraneo, acquisiti sia da MSG-2 con tempi di rivisitazione di 15 minuti, sia da MSG-1 in modalità Rapid Scanning Service (RSS) con tempi di rivisitazione di 5 minuti. Da circa un anno, presso la sede del *Broglio Space Center* dell'ASI di Malindi, è in sperimentazione un analogo sistema che elabora i dati MSG-2 sull'Africa scaricati direttamente presso la stessa base italiana in Kenya.

Da oltre un anno, si sta procedendo con la validazione del prodotto *hotspot* sulla Regione Basilicata, confrontando gli *hotspo*t segnalati dal sistema FIRE con gli incendi reali. I risultati ottenuti sono soddisfacenti in termini di coincidenza degli eventi e tempestività della segnalazione.

Abstract

This paper describes a prototype processing system of MSG data (FIRE) for Hotspot Detection on Mediterranean and Africa Regions. The FIRE system implements a processing chain that routinely receives MSG data downloaded at the ASI Centro Nazionale Multimissione (CNM) in Matera, extracts and transforms SEVIRI data into geocoded Reflectance, Radiance and Temperature images. The Temperature images at 3.9μm and 10.8μm are used to detect local thermal anomalies (hotspot). Recently the FIRE system at the Space Geodesy Center in Matera has been updated to use MSG-1 Rapid Scanner data acquired on Mediterranean Regions every 5 minutes, by providing hotspot detection at higher temporal resolution.

All the detected hotspots are archived in a POSTGRES database with POSTGIS extensions. The system can be remotely accessed to visualize in Near Real Time all the hotspots detected on the last

acquired image. The database archives the hotspot geographical coordinates, temperature and radiance. Users can also visualize all the last hotspots detected more than 2 times in the last three hours (probable fires) or select the ones having in a given time range a repetition number selected by the user. The hotspots can be displayed as a layer on a simple geographical map with a graphical user interface built on OPENLAYERS library. Clouds layers can be displayed in support to weather conditions evaluation. In order to obtain more geographical or thematic information about the site and the area affected by the hotspot, it is also possible to visualize the hotspot on Google Earth System.
To support remote sensing activities development in Kenya, last year a similar system has been installed at the ASI - Broglio Space Center in Malindi and is currently under validation.

Introduzione
Dati provvisori al 22 Agosto 2012 del Corpo Forestale dello Stato, evidenziano circa il 70% in più di incendi rispetto all'anno precedente, associato ad un consistente aumento delle superfici colpite. (Corpo Forestale dello Stato, 2012).
Nonostante le campagne di sensibilizzazione per la prevenzione del fenomeno incendi boschivi, il fenomeno devastante degli incendi nelle Regioni del Mediterraneo rappresenta quindi un'emergenza che mobilita risorse, operatori e volontari per limitare i danni alle persone, nonché alle risorse economiche ed ambientali.
L'uso operativo del telerilevamento satellitare in supporto all'allerta da incendio è limitato dalla risoluzione spaziale e temporale dei satelliti attualmente in orbita. Tuttavia, i satelliti geostazionari MSG (*Meteosat Second Generation*, ESA-EUMETSAT) che acquisiscono dati a scala globale ogni 15 minuti, seppur con i limiti di una risoluzione spaziale (~3Km alle latitudini del Mediterraneo), si sono rivelati di grande utilità per il monitoraggio su larga scala del fenomeno degli incendi boschivi. Il significativo aumento di radianza di un *pixel* interessato, seppur parzialmente, dalla presenza di un incendio consente, infatti, di individuare le anomalie termiche confrontando localmente i valori di temperatura di brillanza.
La nuova generazione dei satelliti geostazionari (*Meteosat Third Generation*, ESA) che sarà caratterizzata da più elevata risoluzione temporale (10 min) e spaziale (~2 Km) dovrebbe consentire di migliorare le prestazioni di *hotspot detection* da satellite, in supporto alla gestione degli incendi boschivi.
Il Centro di Geodesia Spaziale (CGS) dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) di Matera, da oltre venti anni, è componente fondamentale della rete internazionale dei *Ground Segment* per l'Osservazione della Terra da satellite ed in particolare per le missioni ERS1-2, ENVISAT, X-SAR/SRTM, COSMO-SkyMed, SAC-D, OCEANSAT. Nell'ambito delle attività operative del CNM (Centro Nazionale Multimissione) sono acquisiti sistematicamente anche i dati delle missioni ESA MSG-1 *Rapid Scanning Service* e MSG-2, distribuiti da EUMETSAT. Questi dati sono resi disponibili in tempo reale ai progetti pilota dell'ASI e ad altri progetti di ricerca, tra cui il sistema di *hotspot detection* denominato FIRE.

Il sistema FIRE
Il sistema FIRE in sperimentazione al CGS da alcuni anni, implementa una catena di pre-processamento e geocodifica dei dati acquisiti sulle regioni del Mediterraneo sia da MSG-2 che da MSG-1. Il primo acquisisce un'immagine ogni 15 minuti, mentre MSG-1, attualmente configurato per operare in modalità *Rapid Scanning* Sevice *(RSS),* acquisisce un'immagine ogni 5 minuti, ma solo sulle regioni del Mediterraneo.
I dati dei canali 4, 9 e 7 del sensore MSG/SEVIRI sono elaborati per ottenere rispettivamente le immagini di Temperatura di Brillanza a 3.9µm e 10.8µm e l'immagine di Radianza a 8.7µm. Quest'ultima è utilizzata per calcolare la maschera delle nuvole presenti al momento dell'acquisizione dei dati e per estrarre tra tutti i *pixels* di terra, ottenuti con una maschera terra/mare, tutti i punti utili per la rilevazione delle anomali termiche locali *(hotspot)*.

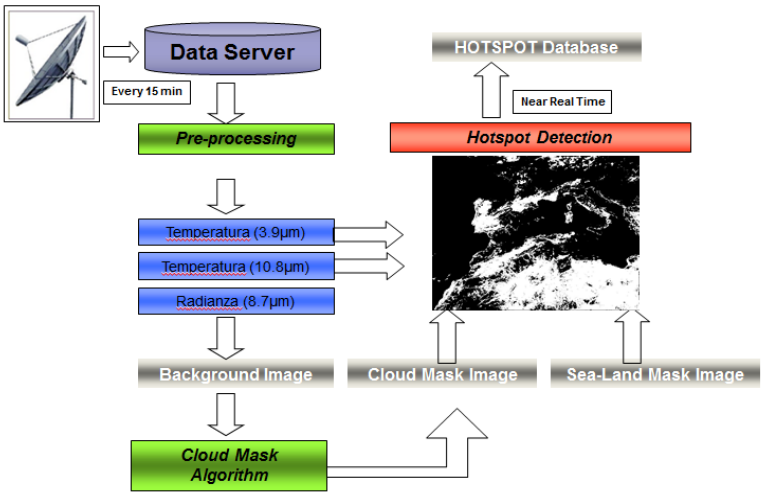


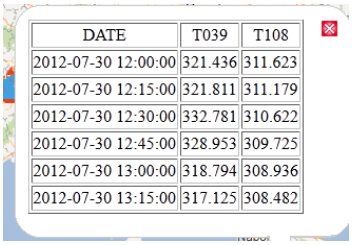
Figura 1. Diagramma di Flusso.

L'algoritmo FIRE considera *hotspot* ogni pixel per cui è verificata la seguente condizione:

$$T_{3.9\mu m} \geq (m_{3.9\mu m} + N\sigma_{3.9\mu m}) \quad \text{AND} \quad \Delta T = (T_{3.9\mu m} - T_{10.8\mu m}) > \Phi \; ; \qquad [1]$$

N e Φ sono costanti e i parametri $m_{3.9\mu m}$ = mean($T_{3.9\mu m}$) e $\sigma_{3.9\mu m}$ = σ ($T_{3.9\mu m}$) sono calcolati su un intorno di 5x5 *pixels*.
L'algoritmo è stato rivisto nel corso delle varie stagioni e anche i valori delle costanti N e Φ sono stati ottenuti in maniera sperimentale, aggiornati nel corso della sperimentazione e validazione con gli utenti, sulla base delle coincidenze verificate tra *hotspot* e incendi reali. I valori utilizzati nell'ultima stagione estiva sono rispettivamente N=2,7 e Φ=0.
Il prodotto *HOTSPOT* comprende le coordinate (LAT, LON) dell'anomalia termica, la data e l'ora in cui è stata acquisita l'immagine a cui si riferisce l'anomalia e i valori di Temperatura di Brillanza nei canali 4 e 9 di MSG/SEVIRI, con la relativa media e *standard deviation* calcolati nell'intorno di 5x5 pixels centrato sull'*hotspot*.
I prodotti sono archiviati in un database POSTGRESQL con estensione PostGIS, compatibile con lo standard OpenGIS e interrogabile con QGIS per visualizzare gli *hotspot* su file vettoriali (es. Mappe geografiche) e per accedere a tutte le informazioni associate al prodotto.
Il *database* è interrogabile per visualizzare in *Near Real Time (NRT)* gli *hotspot* individuati sull'ultima immagine SEVIRI acquisita da MSG-2 o da MSG-1 RSS. Il prodotto *hotspot* è disponibile e visualizzato in *NRT* entro 5 minuti dalla ricezione dei dati dalla stazione di terra ovvero, mediamente, entro 20 minuti dall'acquisizione dei dati a bordo.
Gli *hotspot* generati in *NRT* sull'ultima immagine acquisita, possono essere visualizzati sull'area geografica di interesse e per ognuno di essi possono essere visualizzate le informazioni relative alla data e alla temperatura di brillanza (figura 2) nei canali SEVIRI 4 ($T_{3.9\mu m}$) e SEVIRI 9 ($T_{10.8\mu m}$).
E' stato osservato sperimentalmente che la Temperatura di Brillanza degli *hotspot* corrispondenti ad incendi boschivi estivi assume valori maggiori di 300°K. Inoltre, poiché gli incendi hanno lunga durata, i relativi *hotspot* sono di solito rilevati su più immagini consecutive e in alcuni casi, per incendi molto estesi, è possibile monitorare l'andamento del fronte del fuoco osservando la

presenza *hotspot* in due *pixels* adiacenti o lo spostamento delle coordinate dell'*hotspot* tra due immagini consecutive.
Gli *hotspot* con temperature inferiori a 300°K sono risultati quasi sempre dei falsi allarmi.



DATE	T039	T108
2012-07-30 12:00:00	321.436	311.623
2012-07-30 12:15:00	321.811	311.179
2012-07-30 12:30:00	332.781	310.622
2012-07-30 12:45:00	328.953	309.725
2012-07-30 13:00:00	318.794	308.936
2012-07-30 13:15:00	317.125	308.482

Figura 2. Informazioni visualizzabili per ogni hotspot.

In supporto agli operatori di settore è stata sviluppata un'interfaccia in ambiente *Openlayer*, che consente di visualizzare gli *hotspot* su strati informativi messi a disposizione da *Google Maps*. Poiché il numero di ripetizioni dell'*hotspot* è significativo ai fini della eliminazione dei falsi allarmi, l'interfaccia utente consente di selezionare dal database di archivio e di visualizzare su mappa gli *hotspot* che siano stati rilevati almeno due volte consecutive nelle ultime tre ore, nonchè gli *hotspot* che abbiano numero selezionabile di osservazioni, ripetute in un determinato intervallo di tempo definito dall'utente (figura 3).

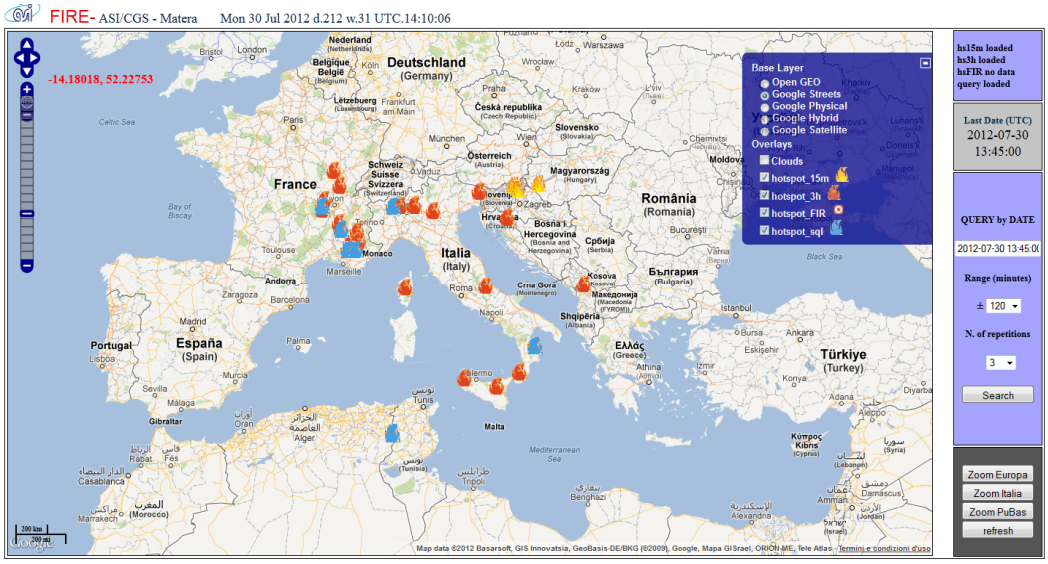


Figura 3. Visualizzazione di hotspot su mappa.

Risultati

Il sistema FIRE è in sperimentazione da oltre un anno presso l'ASI- CGS di Matera, ma l'accesso ai prodotti del sistema è controllato e finora è stato limitato al Gruppo Lucano dei Volontari della Protezione Civile (PCGL) che ha supportato l'ASI nella validazione del prototipo, attraverso il confronto sistematico tra *hotspot* rilevati da satellite ed incendi reali in Regione Basilicata.

L'attività di validazione si è svolta nei mesi di Luglio e Agosto 2012. In tale periodo i volontari PCGL, ogni volta che c'è stata una segnalazione di incendio nel territorio di propria competenza, hanno verificato la corrispondente segnalazione di un *hotspot* nel sistema FIRE, sia su dati MSG-2 che su dati MSG-1 RSS. Nello stesso periodo, per ogni segnalazione di *hotspot* in Basilicata da parte del sistema FIRE, i volontari PCGL hanno provveduto a verificare la presenza di un incendio in corso. In alcuni casi il sistema FIRE ha segnalato anche falsi allarmi, ovvero *hotspot* di cui non vi è stato riscontro di incendio sul campo.
I risultati del confronto tra incendi reali e *hotspot* in Basilicata durante l'estate 2012 sono sintetizzati in figura 4.

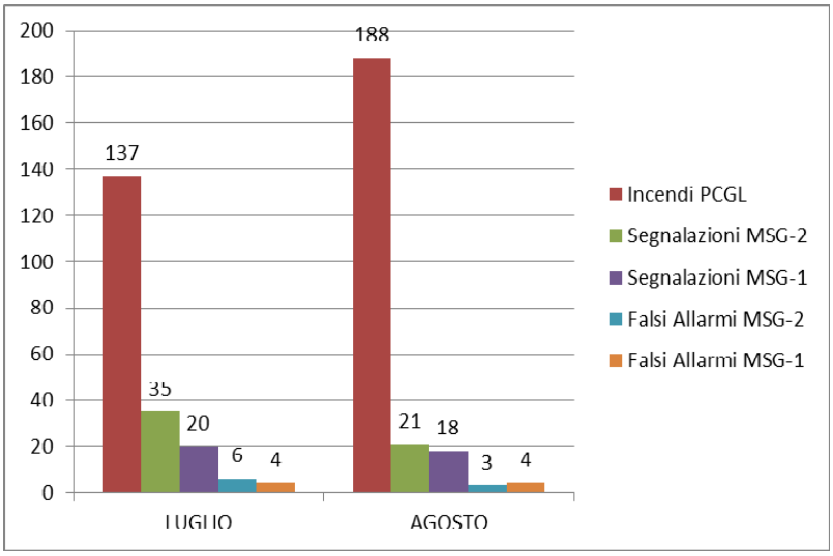


Figura 4. Confronto tra Hotspot e Incendi reali in Basilicata.

La differenza tra il numero elevato di incendi reali ed il limitato numero di *hotspot* rilevati con il sistema FIRE è dovuta alle molteplici tipologie di incendi reali segnalati al PCGL (stoppie, macchia, boschi, sterpaglie, incendi controllati, etc…). Infatti, i piccoli incendi non sono rilevabili da satellite per motivi legati alle basse temperature dell'incendio e alla limitata estensione rispetto alla risoluzione spaziale di MSG alle latitudini del Mediterraneo.
Il limitato numero di falsi allarmi costituisce, invece, un fattore importante per la valutazione dell'affidabilità del sistema che sebbene non riesca a rilevare molti eventi reali, laddove segnali ripetutamente un *hotspot* e con temperature elevate, ha scarsa probabilità di indicare un falso allarme.
Un dato interessante è che nello stesso periodo di osservazione il sistema FIRE ha segnalato la presenza di *hotspot* prima che l'incendio fosse segnalato al PCGL. Nel mese di Agosto ciò si è verificato 7 volte per MSG-2 e 4 volte per MSG-1. Per queste segnalazioni i volontari PCGL hanno trovato riscontro sul campo della presenza dell'incendio e hanno utilizzato il sistema FIRE come sistema di allarme.
Ad integrazione di quanto ottenuto con la validazione sistematica del prodotto *hotspot* sulla regione Basilicata, nel periodo Luglio-Agosto 2012 per tutti gli incendi verificatisi nel territorio di Puglia e Basilicata e documentati dai media locali, è stata verificata la corrispondente segnalazione di *hotspot* da parte del sistema FIRE sia con dati MSG-1 RSS che con dati MSG-2.
I risultati sono stati molto soddisfacenti in quanto su 27 incendi boschivi reali, 16 sono stati riscontrati come *hotspot* nel sistema FIRE. E' stato osservato che i 9 incendi non rilevati da satellite

corrispondevano ad aree boschive lungo le coste, per le quali il sistema ha limiti oggettivi legati alla necessità di applicare una maschera terra-mare sui dati a bassa risoluzione spaziale o ad eventi in presenza di nubi o di fumo intenso. In tali ultimi casi, il sensore ottico SEVIRI ha limiti oggettivi nell'acquisire dati utili per il monitoraggio degli incendi.

Conclusioni

Durante la stagione incendi dell'estate 2012, il sistema FIRE di *hotspot detection* in funzione presso ASI-CGS di Matera è stato utilizzato in maniera dimostrativa per verificarne potenzialità e limiti. Con la verifica della corrispondenza tra incendi reali e *hotspot*, è stato osservato che il sistema FIRE è abbastanza affidabile per l'osservazione di incendi boschivi, caratterizzati da notevole estensione, alte temperatura e lunga durata. Il sistema ha spesso fornito informazioni con tempestività, ha consentito di osservare anche l'evoluzione di incendi di lunga durata e solo in pochi casi ha fornito falsi allarmi. Nel caso di incendi di limitate dimensioni ed intensità (stoppie, incendi controllati) le prestazioni del sistema sono risultate meno affidabili per limiti oggettivi nell'acquisizione dei dati da satellite a bassa risoluzione spaziale.

In conclusione, sebbene con i dati satellitari non sia possibile prevenire e limitare il fenomeno degli incendi, l'uso di dati acquisiti da satelliti in orbita geostazionaria, con alta frequenza temporale e bassa risoluzione spaziale, si prospetta di grande utilità in supporto alla gestione degli incendi boschivi in fase di allerta, in particolare per minimizzare i tempi di intervento, con l'effetto di limitare l'entità dei danni.

Riferimenti bibliografici

Corpo Forestale dello Stato (2012), "Analisi Incendi al 21 Agosto 2012",
http://www3.corpoforestale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/313

Valutazione spazializzata per la valorizzazione, tutela e pianificazione paesaggistica

Domenico Enrico Massimo (*), Antonino Barbalace (**)
Cinzia Fragomeni (*) Antonino Marzo Micale (*)

(*) Laboratorio Universitario PAU-gis, Dipartimento PAU, Università degli Studi Mediterranea, Reggio Calabria, Italy, Email: massimo@unirc.it
(**) Department of Urban Studies and Planning (DUSP), Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, USA, e-mail: barbalac@mit.edu
Attribuzioni**.** D. E. Massimo ha impostato la ricerca e ha redatto i paragrafi 1, 2.
A. Barbalace ha impostato il sistema generale di informazione per la valutazione e la stima (SGV), coordinato la ricerca operativa e redatto il paragrafo 3.
C. Fragomeni ha curato le valutazioni e le stime e ha redatto il paragrafo 4.
A. Marzo Micale ha elaborato le informazioni in GIS e il Geodatabase

Riassunto
La ricerca si propone di definire un approccio teorico-metodologico e fornire una infrastruttura di dati territoriali per integrare la valutazione nella pianificazione paesaggistica al fine di: **(1)** aumentare le conoscenze delle risorse paesaggistiche nelle unità territoriali; **(2)** elaborare approcci valutativi per derivare i *ranking* di valore, rilevanza e rischio delle entità di paesaggio; **(3)** supportare la pianificazione paesaggistica e i suoi obiettivi di valorizzazione e tutela.

Abstract
Research aims to establish a theoretical-methodological approach and provide a spatial data infrastructure to integrate the evaluation in landscape planning in order to:(1) increase the knowledge of landscape resources in territorial units; (2) develop valuation approaches to derive the ranking of value, relevance and extent of risk for the landscape; (3) support landscape planning and its goals of development and protection.

1. La strategia: Informazione Paesaggistica quale sistema integrato della conoscenza-valutazione paesaggistico-culturale

Il *Paper* presenta i risultati di una ricerca finalizzata a creare e applicare sul territorio una cultura interdisciplinare di conservazione, valutazione, valorizzazione e fruizione integrata di beni paesaggistici, insediativi, urbani, architettonici.
Ciò attraverso strutturazione e gestione di una conoscenza sistematica con realizzazione di Banche Dati Interattive, Sistemi Informativi Geografici, Sistemi Generali di informazione per la Valutazione e di Stima (SGV), diversi approcci valutativi.
Per raggiungere tali obiettivi è stata messa a punto una metodologia generale di individuazione**,** localizzazione e valutazione di Ambiti (**AdP**), Unità (**UdP**) ed Elementi del Paesaggio finalizzata al coordinamento dei diversi e articolati approcci ed esperienze. Tale metodologia è sintetizzata nei punti nel seguito tratteggiati.
Fase conoscitiva: **(1)** raccolta dati; **(2)** avvio di una schedatura a diversi e progressivi livelli di approfondimento; **(3)** definizione di una metodologia per la individuazione di AdP e UdP; **(4)** popolamento di Geodatabase(s); **(5)** strutturazione di schede di Censimento e di Pre-Inventario.
Fase valutativa: **(1)** analisi, elaborazione, interrogazione e interpretazione dei dati; **(2)** valutazioni multidimensionali del paesaggio, con derivazione di graduatorie finalizzate ad azioni di tutela e

valorizzazione; **(3)** produzione di carte valutative tematiche ovvero di "valutazione spazializzata paesaggistica" in 2D e 3D.

2. La fase conoscitiva

2.1. Censimento degli Elementi del Paesaggio quale supporto per la derivazione\definizione di Ambiti e di Unità di Paesaggio

Il primo passo della metodologia consiste nella individuazione – censimento delle risorse presenti in un territorio, ovvero gli Elementi del Paesaggio vengono contati e graduati nella loro rilevanza e successivamente tassonomizzati ovvero raggruppati per *clusters* omogenei per una loro successiva valutazione multi-criteriale e graduazione ordinale a fini di tutela e valorizzazione.
Nello specifico, la valutazione quantitativa delle entità fornisce, attraverso il censimento sul territorio, il dato numerico dell'esistenza di entità, risorse, oggetti. Questo dato diventa elemento di valutazione per: **(1)** stimare e derivare l'intensità delle caratteristiche paesaggistiche; **(2)** formulare gli obiettivi da perseguire di qualità paesaggistica; **(3)** individuare eventuali immobili e aree con particolare intensità da sottoporre a tutela; **(4)** impostare le basi conoscitive per la delimitazione-perimetrazione di AdP e UdP.
La scoperta di un patrimonio di eccellenti carte topografiche storiche ha determinato una svolta nella contabilità delle risorse paesaggistiche consentendo la valutazione della loro esistenza in base a dati obiettivi. Il risultato è un Geodatabase interno al SGV in cui sono documentate tutte le risorse paesaggistiche articolate per categorie e sotto-categorie. I *tools* GIS consentono di creare i *layers* degli Elementi del Paesaggio e degli insiemi per poi essere intersecati con le informazioni relative alle aree in cui essi ricadono e sono localizzati, ovvero con gli elementi areali di AdP e UdP.

2.2. La scheda di censimento spaziale

Il secondo passo dell'applicazione della metodologia consiste nel processo di "schedatura" delle risorse censite. Sono elaborate in Geodatabase le corrispondenti Schede definibili di Censimento per incidere sulla totalità e sulla speditività della schedatura. È stata pertanto portata a termine, attraverso diverse fasi, una vera documentazione scientifica su "quali e dove sono gli Elementi del Paesaggio".

2.3. La scheda di Pre-Inventario spaziale

È stata parallelamente avviata la creazione di una Scheda spaziale, rimanendo in ambito Geodatabase, declinata in *Report* ovvero in apparente formato alfanumerico a cui è affiancata una fase di post-censimento. Dopo la schedatura di Censimento viene elaborato il secondo livello di schedatura ovvero di Pre-Inventario per gli Elementi del Paesaggio ricedenti all'interno degli AdP e UdP oggetto di sperimentazione prototipale. Tali Schede costituiscono dei *Report* perché estratte dalla spazialità del Geodatabase, pur se percepite come tradizionali schede alfanumeriche.

2.4. Possibilità di collegamento e integrazione con altre schede esistenti

La struttura del Geodatabase permette la presenza organica e il coordinamento di più strati informativi che in altri ambienti dovrebbero essere confinati in separati *software* e in isolati *file(s)*. Il Geodatabase consente infatti di fare sintesi con la precedente storia della schedatura cartacea e a-spaziale, a vari livelli, consentendo un efficiente continuo ampliamento delle informazioni.
Sono stati predisposti i pulsanti per realizzare il collegamento (*link*) con i diversi tipi di schede consentendo l'accesso al patrimonio esistente della "catalogazione" di precedenti generazioni, in particolare l'inserimento di file *raster* o di *files* di schede di precedente generazione.

2.5. La delimitazione di AdP e UdP

La metodologia che è stata messa a punto indica i criteri e le fasi operative per l'individuazione e la derivazione degli AdP e delle relative UdP, attraverso una visione sistemica e relazionale in cui prevale la rappresentazione della "prevalenza" dei fattori tipologici\morfologici.

La perimetrazione degli ambiti deriva quindi dall'intreccio di caratteri storico-geografici, idro-geo-morfologici, ecologici, insediativi, paesaggistici, identitari.
La metodologia per l'identificazione e la delimitazione degli AdP e le UdP e la loro successiva inventariazione è articolata in quattro fasi: **(1)** analisi, sovrapposizione delle diverse carte tematiche; **(2)** analisi degli elementi del paesaggio e mappatura preliminare; **(3)** indagine sul campo; **(4)** perimetrazione mediante digitalizzazione in GIS di AdP e UdP.
La **prima e la seconda** fase di *mapping*, comprendono il processo di raccolta di tutti i diversi tipi di *background*, tra cui: **(1)** geomorfologici (carta geologica); **(2)** uso del suolo (Corine Land Cover); **(3)** ortofoto satellitari (Digital Terrain Models); **(4)** presenza di ecosistemi naturali (carta della naturalità); **(5)** presenza ed evoluzione di sistemi insediativi (cartografie storiche e attuali); **(6)** diffusione di modelli culturali (cartografie storiche e articolazioni statutarie); **(7)** conoscenza degli Elementi del Paesaggio ovvero Censimento delle risorse paesaggistiche.
La **terza** fase consiste nel lavoro sul campo. I siti sono visitati da *pool* di esperti con strumentazione fotografica e GPS. Inoltre l'intreccio con le indagini svolte presso biblioteche, archivi, uffici tecnici, statistici, e conoscenza diretta sul campo sono finalizzati all'approfondimento del *background* dell'evoluzione storico-geografica del territorio e dei relativi processi di stratificazione.
La **quarta** fase rappresenta la fase conclusiva del processo in cui tutti gli elementi e le informazioni sono portate a sintesi mediante analisi e sovrapposizione all'interno dei sistemi informativi. Si perviene alla individuazione e perimetrazione delle aree ovvero gli AdP e le relative UdP e alla creazione del *layer* GIS. Il risultato finale consiste nella mappatura in GIS degli AdP e delle UdP (poligoni) e alla loro schedatura in ambiente GIS. Le componenti prese in considerazione nel processo fanno riferimento a 4 macro-aspetti: ambientale; scenico-percettivo; storico-culturale; urbanistico-insediativo.

3. La fase valutativa

3.1. Dalla percezione, al mega 3D geografico, alle carte tecniche. Caso di studio. La "determinazione delle dominanti"

Le carte tematiche scientifiche e le foto aeree zenitali supportano il riconoscimento di "spazi vasti omogenei per *patterns* di caratteristiche" fisiografiche e bio-agrarie.
Queste possono confermare ulteriormente ovvero modificare le constatazioni e i riconoscimenti effettuati dalla "paesaggistica" mediante le prime analisi\valutazioni percettive.
Infatti, i paesaggi sono constatati nella loro identità e *patterns* prevalenti attraverso la percezione olistica, supportata da descrizioni contemporanee, citazioni e descrizioni storiche, iconografia storica, geo-iconografia, e foto-paesaggistiche terrestri storiche e contemporanee. I mega 3D a scala geografica *state of the art* contribuiscono a dare maggiore oggettività alla descrizione paesaggistica tradizionale, a renderla metricamente su base tecnico-scientifica, identificando lo "spazio della sensazione", e quantificando il "paesaggio della descrizione".
Il Caso di Studio già avviato, ricadente nella provincia di Reggio Calabria, permette di realizzare i diversi passaggi della conoscenza successivi alla percezione intuitiva (mediante foto paesaggistica) e alla relativa maggiore oggettivazione (mediante mega 3D geografico).
Tali passaggi sono di seguito elencati: **(1)** descrizioni paesaggistiche attuali; **(2)** descrizioni storiche; **(3)** iconografie storiche; **(4)** foto paesaggistiche attuali che "mostrano i luoghi descritti come si presentano oggi"; **(5)** analisi strutturale e relativa cartografia tematica.
Il Caso di Studio iniziale è il paesaggio della Costa Viola descritto come "il più grandioso, intenso e spettacolare, dove l'unico e solo rammarico è che nessuno pensa di sottoporre questa zona a vincolo".
La sperimentazione prototipale nel Caso di Studio dei paesaggi della Costa Viola, ha permesso di verificare e affinare la pluralità di fattori utili all'individuazione delle "aree" \ "zone" di paesaggio, come si constata nella Tabella che segue.

Fattori individuazione paesaggi	Strumenti operativi attivati
Articolazione delle identità percettive dei paesaggi	Foto Paesaggistica terrestri; olistiche puntuali
Insieme delle unità territoriali costitutive dei caratteri morfotipologici dei paesaggi	Mega 3D olistico a scala geografica, nella piattaforma ArcGlobe
Conformazione storica-geografica	Verifica con le descrizioni e citazioni storiche. Carte storiche
Caratteri morfologici e di assetto	Carta fisiografica
Caratteri eco-sistemici e ambientali	Ortofoto
Tipologie insediative: strutture agrarie	Corine Land Cover

Tabella 1. Strumenti operativi per attivare i fattori di individuazione di paesaggi.

3.2. Analisi strutturale e relativa cartografia tematica

Le **percezioni** supportate rispettivamente dalla foto paesaggistica olistica e dal mega 3D in entrambi i casi constatano un paesaggio la cui identità, specificità, peculiarità ed elevato gradiente percettivo risultano pienamente e unanimemente condivisi dalle testimonianze attuali e storiche raccolte, documentate e disegnate nel corso dei tempi.

Le due percezioni, l'una euristica e l'altra scientifica tridimensionale, possono essere riversate e proiettate nella parallela e complementare "analisi strutturale sistematica" declinata sotto forma di metodologia didascalica graduale, su *basemap*, quindi basata su cartografia tematica e sull'analisi dei caratteri omogenei strutturali e geo-morfologici. Ciò per verificare convergenze e divergenze sia sul riconoscimento degli specifici paesaggi, e sia, soprattutto, sulla loro estensione e delimitazione.

L'analisi strutturale, su *basemap*, individua i caratteri omogenei, sotto diversi aspetti, di parti elementari minime del paesaggio. La percezione viceversa avviene su aree ampie.

Una declinazione didascalica e graduale dell'analisi strutturale è svolta per il Caso di Studio designato della Costa Viola, con l'adozione di fattori per l'individuazione di "aree" \ "zone" di paesaggio di seguito indicati: **(1)** morfologia-fisiografia; **(2)** altimetria; **(3)** copertura vegetale e uso antropico da ortofoto; **(4)** uso del suolo da interpretazione; **(5)** carte storiche.

Le diverse delimitazioni su base geodetica appaiono sostanzialmente convergenti e concordanti. Le delimitazioni sono rappresentate ad Ovest dal mare e ad Est dal bordo – limite in cui cambia la pendenza dei rilievi (Sant'Elia) costieri che salgono ripidamente dal mare con rupi scoscese, a Sud dal promontorio - punto fisico - di "Capo Santa Trada". A Nord dal promontorio - punto fisico dello "Scoglio dell'Olivo", elemento simbolico di inizio della Costa Viola in località Tonnara di Palmi.

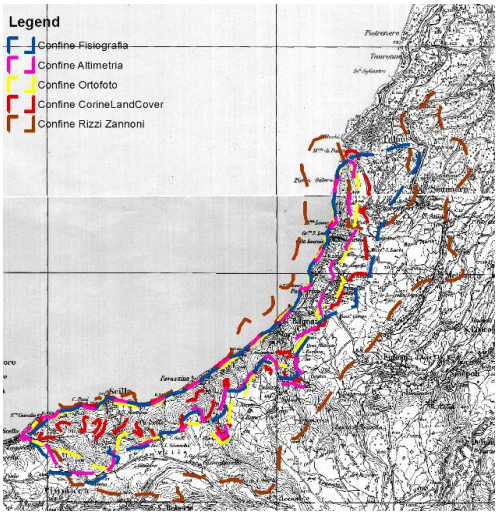


Figura 1. Costa Viola. Carta di sintesi dell'analisi strutturale. Overlapping *ed individuazione della UdP.*

3.3. Stima del valore del paesaggio

L'obiettivo perseguito durante questa specifica fase è la definizione di un approccio al valore del paesaggio di *cluster(s)* di AdP e UdP finalizzati ad una pianificazione paesaggistica informata e consapevole mediante valutazione criteriale sia della rilevanza e sia della integrità di tali aree e per una conoscenza finalizzata a interventi di tutela basati su elementi oggettivi e ripercorribili.

L'obiettivo di lungo periodo è la creazione di un sistema di *total ranking* di tutti gli Ambiti e le Unità.

L'obiettivo scientifico immediato è di offrire la presente ricerca al dibattito per la critica e l'approfondita verifica del metodo e dei risultati.

La stima della qualità paesaggistica, ovvero la valutazione dei gradi di compromissione del paesaggio, con gli strumenti *State-of-the-Art* che le discipline scientifiche di valutazione offrono, contiene, insieme a numerosi altri, un valore aggiunto di *policy*. Le aree in cui si denotano particolari e massime criticità sono quelli in cui è urgente porre freno a manomissioni, alterazioni, distruzioni di valori, oblio della qualità del paesaggio. In tali casi gli strumenti adeguati sembrano essere, più che l'ulteriore mobilitazione di altri fondi pubblici, quelli di pianificazione paesaggistica di indirizzo gestionale e legale delle risorse e del freno a utilizzi abusivi. In tali casi si conferma la natura della guida amministrativa, paesaggistica e urbana quale bene pubblico necessario.
Un ulteriore valore aggiunto in termini di *policy* è il ruolo delle aree in cui vengono valutate le più alte qualità e le minori criticità. Tali aree sono definite quali alternative dominanti all'interno dei *cluster*(*s*) stimati. L'ottica complementare alla conservazione, e alla non distruzione dei valori disponibili, è quella degli investimenti di valorizzazione per lo sviluppo. In questa seconda misura, complementare alla tutela, le alternative dominanti possono svolgere un ruolo trainante ovvero di *pull-in*.
È quindi utile disporre di *ranking* di paesaggio a "grana fine", cioè molto disaggregati sia per categoria (Elementi del Paesaggio) che per estensione (es. AdP e UdP). Come anticipato, lo strumento di specifica valutazione multi dimensionale della qualità paesaggistica è la Multi Criteria Analysis che ha il vantaggio di essere stata ampiamente validata in più casi del tutto analoghi.

3.4. Scelta del metodo da applicare nei Casi Prototipali negli AdP e UdP da analizzare

Come prima esplicitato lo scopo della presente ricerca è di pervenire a un globale *rank order* di un elevato numero di alternative il cui universo coincide con tutte le risorse e aree paesaggistiche di una provincia. È stata definita la prima tappa di una più vasta attività estimativa svolta con il fondamentale ausilio del SGV. Tale tappa consiste nella valutazione multi dimensionale delle UdP, mediante l'applicazione della MCA che può essere assunta come strumento per i Casi Prototipali. Le procedure per l'intera provincia sono articolate per AdP e all'interno di questi per UdP.
La valutazione multi dimensionale di AdP e UdP ha la finalità di elaborare la graduatoria di qualità sotto il duplice profilo della rilevanza e della integrità utilizzando più sotto-criteri specifici. Tale *rank order* implica anche un ordine di preferibilità degli interventi e dei programmi di rivitalizzazione.
I criteri di stima costituiscono un punto centrale nella valutazione ordinale della qualità paesaggistica. I criteri che seguono sono strettamente intesi come appartenenti alla cultura della MCA.
Nel caso specifico delle UdP, come sopra accennato, i criteri adottati appartengono a due distinti scenari di valutazione o dimensioni: **(1) criteri della rilevanza**, che permettono di definire i valori patrimoniali secondo gli indicatori complessi individuati; **(2) criteri dell'integrità**, che permettono di definire il grado di conservazione dei caratteri invarianti.

3.5. La valutazione della rilevanza

L'individuazione della **rilevanza** riguarda la definizione, per ogni UdP, dei suoi caratteri invarianti e della consistenza dei valori patrimoniali. Essa esprime un giudizio di valutazione comparativa su quel determinato fattore/aspetto rispetto ad altra unità. L'attribuzione di valore supera l'approccio puramente estetico-visuale-percettivo o storico-monumentale, con classificazioni escludenti, ma si riferisce ad una griglia complessa di indicatori relativi alla consistenza dei valori patrimoniali che riguardano, oltre che la qualità estetico-percettiva: **(1)** la rilevanza istituzionale; **(2)** la rilevanza ecologico-naturalistica; **(3)** la rilevanza storico-culturale; **(4)** la rilevanza simbolico/percettiva; **(5)** la rilevanza fruitiva; **(6)** la rilevanza economica indotta; **(7)** la rilevanza relativa alla unicità del bene.

3.6. La valutazione dell'integrità

La definizione dell'integrità si qualifica come valutazione dello stato di conservazione (o di compromissione e degrado) dell'UdP individuando gli elementi detrattori e le criticità ambientali in relazione alle regole di riproduzione di lunga durata (invarianti strutturali) delle unità stesse.
L'integrità è intesa come permanenza dei caratteri distintivi e come una condizione di coerenza dei processi evolutivi, che mantiene alcuni caratteri anche attraverso la congruità e la compiutezza delle

trasformazioni subite nel tempo, in ordine ai seguenti indicatori: **(1)** la **conservazione dell'emergenza** dei fattori di valore paesaggistico (presenza di emergenze e componenti connotativi rilevanti, ben conservate); **(2)** la **leggibilità del valore paesaggistico** derivante dalla continuità, stabilità e costanza dei caratteri formali e funzionali in rapporto al contesto; **(3)** i **processi di modificazione** dell'assetto dei luoghi esclusivamente riconducibili alla loro evoluzione prevedibile, o al compimento stabilizzante di processi storici consolidati.
La metodologia prevede lo svolgimento di sopralluoghi sul campo tra le cui finalità vi è la graduazione di ciascun criterio per ciascuna UdP secondo la procedura di seguito descritta.

3.7. La procedura di valutazione e i sopralluoghi

I valutatori sono un gruppo di tre-quattro esperti che costituiscono il *pool* del *field work* i quali sono affiancati da un *senior coordinator*, ovvero *appraisal master* della Valutazione che guida e supporta l'intera procedura anche in remoto mediante strumenti di *Innovative Communication Technology* (ICT).
La procedura di valutazione è articolata in più fasi: **(1)** *appraisal training* guidato dall'*Appraisal Master* della valutazione; **(2)** *field work*, mediante sopralluoghi diretti per effettuare le valutazioni che confluiscono nel *criteria scoring*; **(3)** *desk work*, per elaborare i dati costruiti con la MCA e i relativi *software* dedicati; **(4)** strutturazione dei dati e risultati per fruizione e controllo *over-time*, ovvero SGV *building-up*.
Per ogni UdP viene compilata una scheda autonoma e ad ogni criterio è assegnato un punteggio numerico progressivo compreso tra 1 e 5. Il punteggio più alto implica una più alta qualità.
Unitamente all'assegnazione del punteggio è effettuata una descrizione alfanumerica sintetica esplicativa del punteggio assegnato per i molteplici controlli incrociati, eventualmente anche successivi, sull'affidabilità delle valutazioni multi dimensionali. Le schede di valutazione compilate sul campo da ogni singolo valutatore sono validate dall'*appraisal master* prima della successiva elaborazione.

3.8. L'elaborazione dei dati e l'attribuzione di pesi

Il metodo multi dimensionale utilizzato nei Casi Prototipali, sperimentati con il presente progetto, per l'elaborazione dei dati qualitativi rilevati sul campo è la MCA, e in particolare il DRM, il cui specifico funzionamento è di seguito sinteticamente riepilogato.
L'insieme di tutti i punteggi espressi da ogni valutatore costituiscono la matrice ordinale denominata *Qualitive Effect Matrix*. Essa individua nelle righe le alternative ($\mathbf{A_i}$), costituite dalle UdP esaminate, e sulle colonne i criteri ($\mathbf{C_j}$). In particolare il generico elemento ($\boldsymbol{e_{ij}}$) rappresenta il punteggio assegnato all'**(i)-esima** alternativa rispetto all'(**j**)**-esimo** criterio.
Definita la matrice ordinale, o *Qualitative Effect Matrix*, sono elaborati simultaneamente tutti i criteri riferiti alla rispettive alternative. L'elaborazione produce il *rank order* ricercato, ovvero la graduatoria delle UdP.
Una importante opportunità consiste nella possibilità di introdurre pesi e preferenze nella valutazione e di verificarne l'effetto.
Nei Casi Prototipali sono stati sperimentati diversi scenari: **(1)** lo scenario **neutrale**, in cui tutti gli indicatori sono stati considerati di uguale importanza; **(2)** lo scenario della **rilevanza**, in cui gli indicatori facenti parte della dimensione della rilevanza sono stati ritenuti prioritari rispetto agli altri; **(3)** lo scenario dell'**integrità**, in cui gli indicatori facenti parte della dimensione dell'integrità sono stati ritenuti prioritari rispetto agli altri.
È stato quindi possibile definire una graduatoria tra alternative analizzate e per diversi scenari al fine di sottoporre gli esiti ad un primo elementare *test* di sensitività.

3.9. *Scores*

I punteggi assegnati a ciascun criterio per ciascuna alternativa sono elaborati dal sistema e il risultato finale è uno *score* variabile in un *range* tra 0 e 1. Allo *score* finale ottenuto dall'alternativa valutata, corrispondono i gradi di compromissione: integro; modificato; compromesso; degradato. A questi, poi,

in base alla "tipologia di paesaggio" a cui l'alternativa appartiene (tale informazione è già presente nel Geodatabase) corrispondono le specifiche "tipologie normative".

3.10. Valutazione multi dimensionale di qualità paesaggistica e potenzialità di pianificazione valorizzanti

Le UdP saranno ulteriormente esaminate nella disaggregazione del totale in *cluster*(*s*) minori derivanti dall'avere operato una fondamentale articolazioni: **(1)** tassonomica per tipi di paesaggio, ovvero suddivisione per categorie; **(2)** spaziale per ambiti territoriali, ovvero suddivisioni per province e regioni.

3.11. Il *software*

È stato realizzato un *tool* in ambiente GIS-WebGIS, che consente di effettuare valutazioni multi-criteriali con tecnica DRM ovvero una "Spatial Multi Criteria Analysis". Tale *software*, integrato all'interno del sistema GIS consente di svolgere le valutazioni in remoto, di attribuire pesi ai diversi criteri e di derivare i *rank order* delle alternative su cui basare gli interventi.

3.12. I Casi di Azione valutati con software di Multi Criteria Analysis

La ricerca ha sperimentato su due Ambiti Prototipali (uno "montano" e uno "costiero) e su 4 UdP nella provincia di Reggio Calabria il *software* di "Spatial Multi Criteria Analysis".
Le matrici delle valutazioni, utilizzata dal *panel* di valutatori sono state trasposte in linguaggio informatico, e il Geodatabase è stato predisposto ad accogliere tali valutazioni mediante l'inserimento degli specifici campi relativi ai sotto-criteri di "**rilevanza**" e "**integrità**".
In tali campi è stata riportata la valutazione del *panel* di esperti che ha espresso le valutazioni ed ha compilato la "Qualitative Effect Matrix", ovvero seguendo la metodologia valutativa sopra descritta, ciascuna delle UdP dei Casi Prototipali è stata valutata rispetto ai criteri di rilevanza e integrità attribuendo a ciascuno dei sotto-criteri un valore compreso tra 1 e 5.
Il passo successivo è stato il *data processing* ovvero l'elaborazione della matrice qualitativa finalizzata alla derivazione del *rank order* per la definizione dei gradi di compromissione delle UdP valutate e la individuazione delle "tipologie normative" corrispondenti.
Una volta selezionati i criteri si avvia la valutazione e il *software* elabora i dati costituiti dalle valutazioni, ovvero viene elaborata la *Qualitative Effect Matrix*. Il risultato finale è il *rank order* delle alternative selezionate, ovvero delle UdP. Il *software*, fornisce per ciascuna alternativa un valore compreso tra 0 e 1. Come sopra descritto, il punteggio ottenuto dall'alternativa\UdP valutata ricade all'interno di una classe di valori, e a ciascuna classe corrisponde uno specifico "grado di compromissione" e una specifica "tipologia normativa", come mostrato nella figura che segue.

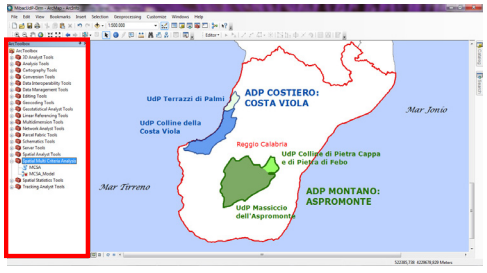


Figura 2. I Casi Prototipali di UdP nella provincia di Reggio Calabria e il tool *di Spatial Multicriteria Analysis.*

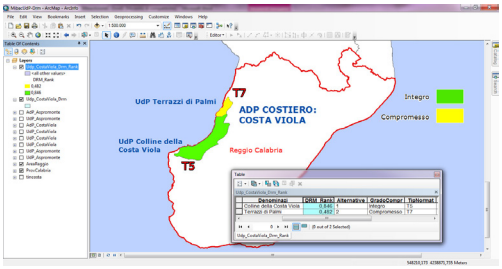


Figura 3. Software di "Spatial Multi Criteria Analysis". Carte tematiche: rank order*, grado di compromissione e tipologie normative.*

3.13. Alcuni degli impatti della "Spatial Multi Criteria Analysis"

Diversi possono essere i positivi impatti derivati dall'utilizzo del *software* di MCA-GIS, tra cui:

(1) effettuare valutazioni ordinali utilizzando la disaggregazione dei criteri di rilevanza e integrità in sotto-criteri e pertanto ottenere stime più dettagliate e consapevoli; **(2)** attribuire "pesi" ai sotto-criteri e derivare quindi diversi possibili scenari futuri quale base per la pianificazione paesaggistica; **(3)** creare mappe tematiche a scala provinciale, regionale o inter-regionale, per avere una visione "globale" del territorio; **(4)** beneficiare della struttura del sistema GIS\WebGIS e di tutti gli strati informativi; **(5)** usufruire di uno potente strumento di statistica ordinale integrato in un sitema GIS\WebGIS per una pianificazione consapevole, informata e sempre ripercorribile.

4. Conclusioni

La ricerca muove dall'originario obiettivo teorico-metodologico enunciato dalla strategia dell'Unione Europea e concernente la tutela del paesaggio mediante sua conoscenza, valutazione e corrispondente tutela. Lo studio mira quindi a sviluppare possibili apporti ai programmi di assetto spaziale, di governo del territorio a scala di area vasta e in particolare di pianificazione paesaggistica.

Il Progetto ha avviato lo studio per una possibile risposta alla richiesta del mondo reale di conoscenza del paesaggio. Tale richiesta è proveniente da soggetti istituzionali a livello locale, regionale e sovra-regionale che domandano un reale sistema integrato di conoscenza-valutazione delle realtà paesaggistiche. Ciò per: avere informazioni di base attualmente inesistenti, sia spaziali e sia a-spaziali; assumere decisioni informate; graduare i programmi di intervento in base a fondate scale di priorità; impostare la valutazione di impatti *over-time* degli interventi per stimare l'efficacia delle strategie nel tempo attraverso il raggiungimento di obiettivi desiderati.

Lo scopo è di offrire i primi risultati dello studio al dibattito inter-disciplinare che può aiutare a migliorare criticamente l'approccio sia conoscitivo, sia operativo, sia valutativo multi dimensionale concernente le risorse paesaggistiche. Infatti, la ricerca ha sperimentato, applicato e validato il "Sistema Generale di informazione per la Valutazione e la stima", SGV, per rispondere alle esigenze di conoscenza, analisi, previsione e stima derivanti dalla costruzione dello spazio europeo e dal perseguimento dello sviluppo sostenibile del territorio.

Il *focus* delle richieste di conoscenza-valorizzazione del paesaggio è interno alla programmazione europea-regionale dello sviluppo territoriale sostenibile per la Calabria. In particolare, la ricerca svolta costituisce un libero contributo conoscitivo-valutativo a programmi regionali e locali di valorizzazione del ruolo del paesaggio.

Selected bibliography

Council of Europe, Cultural and Natural Heritage Department (2001) *Guidance on inventory and documentation of the cultural heritage*. Council of Europe, Strasbourg

Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (e successive modificazioni)

Hinloopen E., Nijkamp P., Rietvelt P. (1983) Qualitative Discrete Multicriteria Choice Models in Regional Planning. In: *Regional Science and Urban Economics*, n. 13: pp. 77-102

Hinloopen E., Nijkamp P. (1990) Qualitative multiple criteria choice analysis. The Dominant Regime Method. *Quality and Quantity*, 24: pp. 37-56

Hinloopen E., Smyth A.W. (1985) *A description of the principles of a new Multi Criteria Evaluation Technique; the Regime Method*. Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, Delft: pp. 422-431

Nijkamp P. (1984) Economic and Ecological Models: A Qualitative Multidimensional View. In: Jansson, A.M. (ed) I*ntegration of Economy and Ecology. An Outlook for the Eighties*: pp. 167-184

Nijkamp P. (1989) Multi Criteria Analysis: a Decision Support System for Sustainable Environmental Management. In: Archibugi F., Nijkamp P. (eds) *Economy and Ecology: Toward Sustainable Development*. Franco Angeli, Milano: pp. 211-235

Vreeker R., Nijkamp P., Ter Welle C. (2001), *A Multicriteria Decision Support Methodology for Evaluating Airport Expansion Plans*. Tinbergen Institute Discussion Paper, Amsterdam. Mimeo

Voogd, H. (1983) *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. Pion Ltd., London

Mappatura delle macrofite acquatiche del lago di Garda tramite immagini MIVIS

Erica Matta (*), Mariano Bresciani (*), Claudia Giardino (*), Rossano Bolpagni (**), Giovanna Pellegrini (***), Federica Braga (****)

(*) CNR-IREA, Via Bassini 15, Milano, Tel. 02-23699298, Fax 02-236999300,
e-mail: matta.e@irea.cnr.it; bresciani.m@irea.cnr.it; giardino.c@irea.cnr.it
(**) Università di Parma, Dipartimento di Scienze Ambientali, viale Usberti 11/A, 43100 Parma,
e-mail: rossano.bolpagni@libero.it
(***) APPA Trento, Settore Informazione e Monitoraggi, Laboratorio di Idrobiologia,
V.le Rovereto 146, 38066 Riva del Garda, Trento, e-mail: giovanna.pellegrini@provincia.tn.it
(****) CNR-ISMAR, Arsenale Tesa 104, Castello 2737/F, 30122 Venezia, e-mail: federica.braga@ve.ismar.cnr.it

Sommario

I fondali hanno un ruolo importante per l'ecosistema acquatico: batimetria e morfologia ne condizionano i processi idrodinamici a livello costiero mentre, l'eventuale presenza di piante acquatiche, ne preserva l'ecologia. In particolare, le macrofite in contesti lacustri condizionano i cicli biogeochimici che modulano la mobilizzazione di P, N e C dai sedimenti alla colonna d'acqua e all'atmosfera, oltre a contribuire nel grado di complessità dell'ecosistema, aumentandone e sostenendone la biodiversità. Nell'ambito dei programmi di monitoraggio delle macrofite e grazie ai recenti sviluppi tecnici, mirati a migliori risoluzioni spaziali e spettrali, il telerilevamento permette di realizzare indagini ecologiche su larga scala e di effettuare confronti a differenti scale temporali.

All'interno del progetto EULAKES, uno degli obiettivi è stato quello di mappare la copertura della vegetazione acquatica del lago di Garda tramite immagini aviotrasportate. In data 27 giugno 2011 è stata effettuata un'acquisizione MIVIS, costituita da 12 strisciate, che ha permesso la mappatura delle macrofite di tutta la fascia costiera (fino a 7 metri di profondità) del lago di Garda. In sincrono sono state effettuate misure limnologiche e radiometriche per calibrare e validare i dati delle immagini iperspettrali. Le immagini sono state processate per rimuovere l'effetto atmosferico, quello di adiacenza e quello derivante dalla riflessione multipla della luce sullo specchio d'acqua. La successiva applicazione del modello bio-ottico BOMBER ha permesso di mappare 17 km^2 di fondale con presenza di macrofite, che corrispondono ad una copertura dell'82% dell'area di studio. I risultati mostrano una notevole differenza nella distribuzione spaziale delle piante acquatiche. La copertura è concentrata nella parte meridionale del lago, attorno alla penisola di Sirmione.

Un simile approccio può risultare utile per la valutazione delle dinamiche temporali e delle caratteristiche strutturali della vegetazione acquatica del lago di Garda, risorsa essenziale per il mantenimento di un buon livello di qualità delle acque.

Abstract

Lake bottoms have an important role in the aquatic ecosystem: bathymetry and morphology may affect the hydrodynamic processes in coastal waters, while the presence of aquatic macrophytes helps to preserve the ecology. Within the context of macrophyte monitoring programs, technical advances in remote sensing with higher spatial and spectral resolutions provide opportunities for big scale ecological studies, with the possibility to assess a multitemporal analysis.

One of the objectives of the EULAKES project has been to map aquatic vegetation cover inside the Garda Lake using aerial images. A MIVIS overflight (12 runs) was done on June 27th 2011, from which a macrophyte map along the Lake Garda coast belt (up to 7m) was derived.

Synchronously, limnological and radiometric measures were taken in order to calibrate and validate hyperspectral images data. Some corrections have been necessary to remove atmospheric, adjacency and glint effects from the images. The subsequent application of the bio-optical model BOMBER allowed to map 17 km^2 of bottom surface, with a relative macrophyte cover of about 82%.Results show a relevant spatial distribution of aquatic plants. The most consistent macrophyte cover is concentrated around the Sirmione Peninsula. A similar approach can turn out useful to investigate temporal dynamics and structural characteristics of aquatic vegetation inside the Garda Lake, an essential resource for the maintenance of a good water quality status.

Introduzione

Le macrofite sono piante acquatiche che, tramite adattamenti fisiologici e morfologici, possono crescere e svilupparsi completamente sommerse, emergenti, oppure galleggianti sulla superficie acquatica. All'interno dell'ecosistema acquatico ricoprono un ruolo determinante nelle varie interazioni della catena trofica (ad esempio fungendo sia da rifugio che da nutrimento per le comunità ittiche), oltre ad avere un importante ruolo nel mantenimento degli equilibri ecologici. In particolare, agiscono attivamente nella distribuzione e nella circolazione dei vari elementi dal fondale al comparto acquatico a quello atmosferico stabilizzando i sedimenti, ossigenando l'acqua negli strati più profondi e assorbendo grandi quantità di nutrienti (soprattutto fosforo) (Carpenter and Lodge, 1986; Pieczynska 1993). Dato il loro ruolo strategico, le macrofite sono estremamente sensibili a qualsiasi modificazione delle condizioni ambientali e climatiche come innalzamento della temperatura, eccessive fluttuazioni dei livelli delle acque, introduzione di specie aliene competitrici, disturbo meccanico esercitato da transizione d'imbarcazioni, eccessivo carico di nutrienti. È stato dimostrato che condizioni eutrofiche favoriscono la graduale scomparsa di macrofite a ciclo stagionale lungo in favore di rapide prolificazioni di macrofite a ciclo breve e fitoplancton, il quale riduce la penetrazione della radiazione luminosa in acqua e aumenta la concentrazione di clorofilla delle acque (Takashi et al., 2001; Sayer et al., 2010; Takamura et al., 2003). Le macrofite possono essere considerate un utile bioindicatore dello stato di qualità delle acque; da qui la scelta di monitorarle nel tempo e seguire le evoluzioni della struttura delle loro comunità. L'utilizzo di metodi remoti per l'acquisizione di tali informazioni permette di superare i limiti dei classici metodi di monitoraggio basati sul campionamento puntuale, che richiede un elevato impiego di tempo e di risorse ed è difficilmente ripetibile (Thiago et al., 2008; Dekker et al., 2006). Numerosi approcci di mappatura delle macrofite sono stati sperimentati utilizzando immagini iperspettrali e metodi di classificazione basati sullo studio delle firme spettrali, producendo buoni risultati però circoscritti alle specifiche aree di studio considerate (Bostater et al., 2004; William et al., 2003; Pinnel, 2007). Per rendere maggiormente robusta l'applicabilità del metodo di mappatura delle macrofite, è consigliabile utilizzare un approccio fisicamente basato (Cavalli et al., 2006a; Heege, et al., 2004; Alberotanza et al., 1999).

In questo lavoro è stato utilizzato il modello bio-ottico BOMBER "*Bio-Optical Model for the evaluation of Bottom Effect on water Reflectance*" (Giardino et al., 2011) per ottenere mappe di copertura del fondale della fascia costiera del lago di Garda a partire dalle riflettanze ricavate da immagini aeree multispettrali MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*). Lo scopo è stato quello di quantificare la copertura del fondale da macrofite e valutare l'efficienza della metodologia qui presentata anche nell'eventualità di una sua applicazione in un ipotetico programma temporale di monitoraggio della vegetazione acquatica.

Area di studio

Il lago di Garda (Figura 1), con i suoi 368 km^2, è il lago italiano più esteso. Fa parte del gruppo dei laghi subalpini, essendo collocato nella regione a ridosso delle Alpi settentrionali italiane, dove si concentra circa l'80% delle acque lacustri nazionali. Il lago di Garda costituisce un'importantissima risorsa d'acqua per la numerosa popolazione gravante sul bacino (110 ab km^2), che oltre ad usufruirne per l'approvvigionamento di acqua potabile ed irrigua, per scopi industriali e per la

produzione di energia, sfrutta le sue acque e i suoi ambienti a scopo turistico-ricreativo (pesca, balneazione, navigazione). Da un punto di vista chimico-fisico è un lago oligo-mesotrofico, le sue acque tendono a rimescolarsi solo occasionalmente in corrispondenza di freddi inverni (lago oligomittico). Gran parte del perimetro meridionale lacustre è occupato da canneto a *Phragmites australis*, mentre le specie più diffuse di macrofite sono *Lagarosiphon major, Vallisneria spiralis, Potamogeton* spp., *Chara* spp..

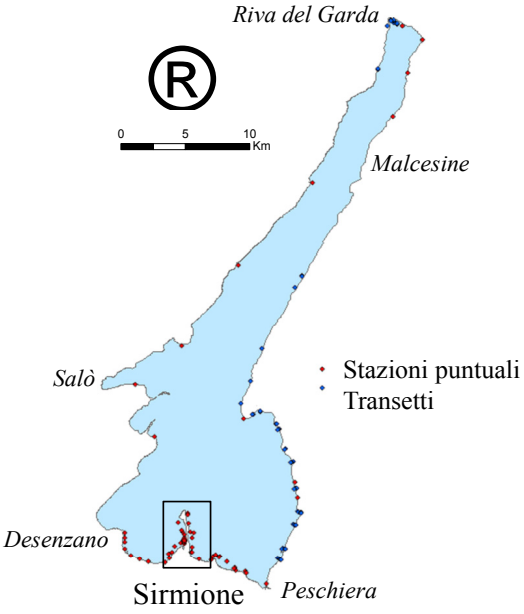


Figura 1. Area di studio con indicate le stazioni di misura in situ.

Materiali e Metodi

Il sorvolo effettuato in data 27 giugno 2011 dalla Blom-CGR ha permesso di acquisire 12 immagini iperspettrali MIVIS in grado di coprire l'intera fascia costiera del lago di Garda. Il piano di volo è stato studiato in modo da trovare il miglior compromesso tra risoluzione spaziale e segnale registrato al sensore (con un risultante pixel di 5m). Inoltre, sono state considerate le geometrie di ripresa sole-sensore per poter stabilire il corretto momento di acquisizione, oltre alla direzione di volo (da sud a nord), stabilita in modo da minimizzare gli effetti di glint sulle immagini (e.g. Cavalli et al., 2006b; Kutser et al., 2009).

Il sensore aerotrasportato MIVIS acquisisce la radiazione elettromagnetica in 102 canali spettrali grazie a quattro spettroradiometri che operano rispettivamente nel visibile e vicino infrarosso (0.43-0.83 µm), nel medio infrarosso (1.15-1.55µm e 1.98-2.50µm) e nell'infrarosso termico (8.21-12.70 µm).

Contemporaneamente al sorvolo aereo sono state raccolte diverse misure di campo utili per la validazione della correzione atmosferica delle immagini, per la parametrizzazione del modello bio-ottico e per la validazione dei prodotti finali di copertura del fondale. Sono state effettuate:

- Misure delle proprietà ottiche apparenti dell'acqua (AOP) utilizzando lo spettroradiometro ASD FieldSpec FR Pro (intervallo spettrale di 350-2500nm e risoluzione di 1 nm) per ricavare valori di riflettanza uscente dalla colonna d'acqua Rrs(λ).
- Misure delle proprietà ottiche inerenti dell'acqua (IOP) tramite campionamento e successive analisi di laboratorio (spettrofotometriche e gravimetriche). Sono state ricavate le

concentrazioni e i coefficienti di assorbimento dei componenti otticamente attivi nella colonna d'acqua: clorofilla-a (Chl-a), solidi sospesi totali (TSM) e sostanza organica colorata disciolta (CDOM). Inoltre, sono state raccolte misure di trasparenza mediante disco di Secchi.

- Misure di presenza/assenza di macrofite e di profondità in 89 stazioni lungo la costa del lago.

Le immagini MIVIS sono state corrette atmosfericamente utilizzando il codice radiativo ATCOR4 (Richter, 2009). Il modello atmosferico più consono alle condizioni del luogo è risultato quello Marittimo con 20% di vapore acqueo, mentre i valori di visibilità sono stati ricavati da misure fotometriche di campo (EKO MS-120 *sun-photometer*) sincrone al sorvolo MIVIS.
Data la morfologia della costa nella zona nord del lago di Garda, le due immagini che coprono quest'area sono risultate affette dal fenomeno di adiacenza. Tramite l'applicazione del codice c-WOMBAT-c (Berk et al., 1989) è stato possibile eliminare tale disturbo.
Alcune immagini del sorvolo sono risultate affette da problemi di *sun-glint*, ovvero la riflessione multipla della luce incidente sulle increspature dell'acqua. Tale disturbo, dovuto alla presenza di vento, è stato eliminato tramite l'utilizzo del software di Hochberg et al. (2003).
Le riflettanze così ottenute sono state elaborate tramite il pacchetto software BOMBER per ottenere la mappa di copertura del fondale del lago di Garda. Il modello bio-ottico implementato in BOMBER è basato su una tecnica di ottimizzazione d'inversione del segnale che permette di risolvere il trasferimento radiativo nella colonna d'acqua sia per lo studio di acque profonde per derivare simultaneamente mappe di concentrazione ed assorbimento dei parametri otticamente attivi delle acque (Chl-a, TSM e CDOM), sia per lo studio di acque basse per derivare mappe della profondità e di copertura del substrato. Nel lavoro in questione si è utilizzato il caso di acque basse e si sono ottenuti prodotti relativi alla batimetria e al grado di copertura del fondale.
Il fondale è stato descritto da tre classi (substrato privo di vegetazione, substrato con macrofite ad alto albedo e substrato con macrofite a basso albedo), secondo la formula seguente:

$$\rho(\lambda) = b0\rho0(\lambda) + b1\rho1(\lambda) + b2\rho2(\lambda) \quad [1]$$

dove $\rho(\lambda)_i$ è l'albedo delle differenti tipologie di substrato, mentre b_i=0,1,2 sono le loro distribuzioni relative. Il modello è stato parametrizzato utilizzando i dati ricavati dalle misure di campo (assorbimenti e concentrazioni di Chl-a, TSM, CDOM e *back-scattering* dovuto a Chl-a e TSM) acquisite in coincidenza del sorvolo MIVIS e in numerose precedenti campagne (Giardino et al., 2007; Giardino et al., 2011).

Risultati

Il confronto tra i valori di riflettanza delle immagini MIVIS e le firme in situ hanno evidenziato un buon accordo, la regressione ottenuta ha fatto registrare un R^2 medio di circa 0.9, confermando l'accuratezza della correzione atmosferica.
I risultati delle misure limnologiche in situ hanno evidenziato che durante l'acquisizione MIVIS, le condizioni medie delle acque del lago erano caratterizzate da una concentrazione di Chl-a di 1.17 mg/m^3±1.1, di TSM di 1.4g/m^3±0.7 e di CDOM di 0.03m^{-1}±0.02, con valori di trasparenza di 8.5m ±2.8.
L'applicazione della modellistica bio-ottica ha permesso di ottenere la mappa del fondale rappresentante la presenza/assenza di macrofite. È stato possibile mappare la fascia costiera compresa tra i primi 7m di profondità (circa coincidente con la strato eufotico), poiché oltre a tale profondità il rapporto segnale/rumore delle immagini MIVIS non permette di avere un'adeguata accuratezza (errore maggiore del 10%) dall'applicazione del modello bio-ottico (Giardino et al., 2007) Dei 20.5 km^2 di superficie mappata quasi 17 km^2 sono risultati occupati da macrofite, anche se con classi di copertura differenti (da dense a sparse). La validazione di tale prodotto è sintetizzata nella Figura 2, nella quale sono identificate le seguenti tre classi:

1. Substrato con macrofite
2. Substrato senza macrofite
3. Classe mista: pixel affetti da errori delle misure in situ (es. problemi di accuratezza dei dati GPS, batimetria leggermente superiore a 7m, difficoltà nella discriminazione del substrato) e dalla presenza di elementi di disturbo (es. imbarcazioni o boe).

Campo MIVIS	Classe1	Classe2	Classe3	TOTALE
Classe1	**40**	5	1	46
Classe2	3	**23**	3	29
Classe3	1	1	**12**	14
TOTALE	44	29	16	**89**

Figura 2. Matrice di confusione delle differenti classi di copertura del fondale.

Osservando la Figura 3 si nota che vi sia una grande differenza spaziale nella distribuzione delle macrofite intorno al lago. La zona meridionale, attorno alla Penisola di Sirmione, caratterizzata da coste con pendenze ridotte, si presta come ambiente ideale alla crescita della vegetazione acquatica, mentre la parte settentrionale del lago, con una morfologia più aspra, risulta meno idonea per il loro insediamento.

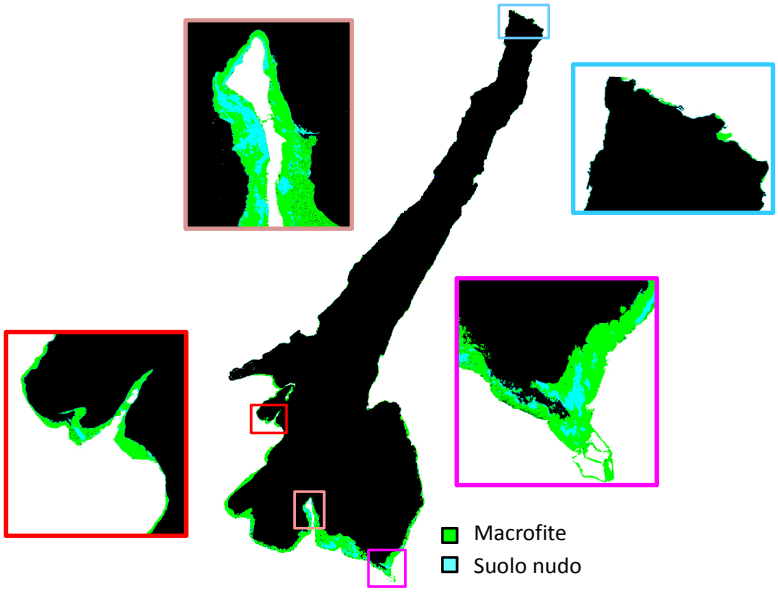


Figura 3. Mappa di presenza/assenza di macrofite del lago di Garda con relativi zoom.

Per la sola zona che circonda la penisola di Sirmione è stato possibile ricavare una mappa di densità delle macrofite (Figura 4), suddivise in classi di copertura estensiva (>70%), densa (40-70%), moderata (10–40%), sparsa (0-10%) e assente (suolo nudo). I risultati mostrano una sostanziale prevalenza di fondale non colonizzato, con una dominanza di comunità destrutturate caratterizzate da una densità da moderata a scarsa nelle zone di fondale occupato da vegetazione.

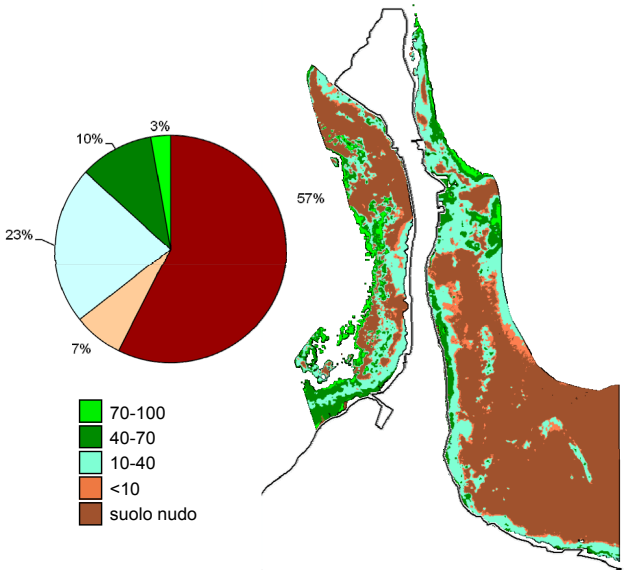


Figura 4. Mappa di densità delle macrofite per la zona circostante la penisola di Sirmione e relativo grafico di occorrenza delle classi considerate.

Il confronto tra i risultati di Figura 4 e la mappa batimetrica prodotta ha evidenziato come non vi sia una distribuzione verticale delle classi di abbondanza delle macrofite, le quali risultano distribuite uniformemente a tutte le profondità nell'intervallo considerato (0-7 metri).

Conclusioni

Il sensore iperspettrale MIVIS è risultato consono alla mappatura del fondale del lago di Garda grazie alle sue caratteristiche radiometriche e al suo rapporto segnale-rumore, fondamentale nello studio degli ambienti acquatici.

Il presente lavoro ha testimoniato la necessità e la funzionalità delle diverse correzioni applicate alle immagini aeree prima della loro effettiva elaborazione.

La modellistica bio-ottica utilizzata nel *tool* BOMBER è risultata correttamente parametrizzata e idonea per la mappatura della fascia costiera del lago di Garda. La derivazione delle caratteristiche di copertura del fondale, seguendo l'approccio presentato, è risultata in accordo con le tradizionali tecniche di monitoraggio necessarie per la mappatura della distribuzione delle piante acquatiche. I risultati incoraggiano all'utilizzo di questa tecnica per seguire l'evoluzione temporale e spaziale della copertura macrofitica dell'intero lago. Poichè la presenza di piante acquatiche è considerata indice di determinate caratteristiche ambientali, i prodotti ottenuti nel presente lavoro sono in fase di integrazione con altri prodotti ottenuti all'interno del Progetto EULAKES al fine di poter fornire un importante contributo alle autorità locali per il monitoraggio e la gestione delle zone costiere e della qualità delle acque del lago di Garda.

Ringraziamenti

L'attività di ricerca è inserita e finanziata dal Progetto EULAKES Project (EU Central Europe Programme 2010–2013). Le immagini MIVIS sono di proprietà dell'APPA Trento e sono state acquisite dalla Blom-CGR (Parma). Si ringraziano tutti i partner del progetto EULAKES ed in particolare Barbara Zennaro e Maurizio Siligardi dell'APPA Trento. Il lavoro di validazione non sarebbe stato possibile senza la partecipazione delle agenzie per la Protezione dell'Ambiente

(APPA Trento, ARPA Lombardia e ARPAV Veneto). Un grande ringraziamento a Mario Mazzurana, Gaetano Patti e Chiara Defrancesco dell'APPA Trento per l'organizzazione relativa alle acquisizioni MIVIS. Si ringraziano inoltre i colleghi del CNR-IREA Mauro Musanti e Alessandro Oggioni per il sostegno e la partecipazione nelle attività di ricerca e misure in situ.

Bibliografia

Alberotanza L, Brando VE, Ravagnan G, Zandonella A. (1999), "Hyperspectral aerial images. A valuable tool for submerged vegetation recognition in the Orbetello Lagoons, Italy," *International Journal Of Remote Sensing*, 20: 523-533

Asaeda T, Trung VK, Manatunge J, Van Bon T. (2001), "Modelling macrophyte–nutrient–phytoplankton interactions in shallow eutrophic lakes and the evaluation of environmental impacts", *Ecological Engineering*,16(3): 341–357 [doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00120-8]

Berk A, Bernsten LS, Robertson DC. (1989), "*MODTRAN: A Moderate Resolution Model for LOWTRAN7*", Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom AFB, MA, GL-TR-89-0122, pp. 38

Bostater CR, Ghir T, Bassetti L, Hall C, Reyeier E, Lowers R, Holloway-Adkins K, Virnstein R. (2004), "Hyperspectral remote sensing protocol development for submerged aquatic vegetation in shallow waters", Proc. SPIE 5233, 199 [doi.org/10.1117/12.541191]

Carpenter S R, Lodge D. M. (1986), "Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes", Aquatic Botany, 26: 341-370 [doi:10.1016/0304-3770(86)90031-8]

Cavalli RM, Laneve G, Pignatti S, Santini F. (2006a), "Remote sensing and physical modelling approach for macrophyte and water quality parameters monitoring" (Conference Paper) European Space Agency, (Special Publication) ESA SP Issue SP-634, 6p

Cavalli RM, Pignatti S, Zappitelli E. (2006b), "Correction of sun glint effect on MIVIS data of the Sicily campaign in July 2000", *Annals of Geophysics*, 49(1): 277-286

Dekker A, Brando V, Anstee J, Fyfe S, Malthus T, Karpouzli E. (2006), "Remote Sensing of Seagrass Ecosystems: Use of Spaceborne and Airborne Sensors", *Seagrasses: Biology Ecology and conservation*, 347-359 [DOI: 10.1007/978-1-4020-2983-7_15]

Mueller JL, Austin RW, Morel A, Fargion GS, McClain C. (2003), Introduction, Background and Conventions. In: *Ocean Optics Protocols for Satellite Ocean Color Sensor Validation*, Revision 4, vol. 1, NASA/TM-2003□21621 (56 p.), J.L. Mueller G.S. Fargion, C. McClain (Eds.), NASA,Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD

Giardino C, Bartoli M, Candiani G, Bresciani M, Pellegrini L. (2007), "Recent changes in macrophyte colonisation patterns: an imaging spectrometry-based evaluation of southern Lake Garda (northern Italy)", *Journal of Applied Remote Sensing* (SPIE), Vol. 1, 011509

Giardino C, Candiani G, Bresciani M, Lee Z, Gagliano S, Pepe M. (2011), "BOMBER: a tool for estimating water quality and bottom properties from remote sensing images", *Computers & Geosciences*, 45: 313-318

Heege T, Bogner A, Pinnel N. (2004), "Mapping of submerged aquatic vegetation with a physically based process chain" (Conference Paper), Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering Volume 5233, Pages 43-50

Hochberg EJ, Andréfouët S, Tyler MR. (2003), "Sea Surface Correction of High Spatial Resolution Ikonos Images to Improve Bottom Mapping in Near-Shore Environments", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41 (7): 1724-1729

Kutser T, Vahtmae E, Praks J. (2009), "A sun glint correction method for hyperspectral imagery containing areas with non-negligible water leaving NIR signal", *Remote Sensing of Environment*, 113: 2267-2274

Pieczynska E.(1993), "Detritus and nutrient dynamics in the shore zone of lakes: a review", *Hydrobiologia*, 251: 49-58, 1993 [DOI: 10.1007/BF00007164]

Pinnel N. (2007), "A method for mapping submerged macrophytes in lakes using hyperspectral remote sensing," Ph.D. Thesis, Department für Ökologie und Ökosystemmanagement, Fachbereich für Limnologie, Technische Universität München, Germany

Richter R. (2009), "Atmospheric / Topographic Correction for Satellite Imagery", DLR report DLR-IB 565-01/09, Wessling, Germany

Sayer CD, Davinson TA, Jones JI. (2010), "Seasonal dynamics of macrophytes and phytoplankton in shallow lakes: a eutrophication-driven pathway from plants to plankton?" *Freshwater Biology*, 55, 500–513 [doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02365.x]

Silva TSF, Costa MPF, Melack JM, Novo EMLM. (2008), "Remote sensing of aquatic vegetation: theory and applications", *Environmental Monitoring and Assessment*, 140: 131-145 [DOI: 10.1007/s10661-007-9855-3]

Takamura N, Kadono Y, Fukushima M, Nakagawa M, Kim Baik-H O. (2003), "Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes", *Ecological Research*, 18(4): 381-395 [DOI: 10.1046/j.1440-1703.2003.00563.x]

Williams DJ, Rybicki NB, Lombana AV, O'Brien TM, Gomez RB. (2003), "Preliminary Investigation of Submerged Aquatic Vegetation Mapping using Hyperspectral Remote Sensing", *Environmental Monitoring and Assessment*, 81: 383-392 [DOI: 10.1023/A:1021318217654]

http://www.ors.regione.lombardia.it/resources/pagina/N1204887ec8e860a0b79/N1204887ec8e860a0b79/scheda_lago.pdf

Un approccio sistematico per l'analisi di mobilità tramite l'uso di immagini geolocalizzate

Monica Meini (*), Rossella Nocera (*), Gianfranco Spinelli (**)

(*) Dipartimento Bioscienze e Territorio (DiBT) dell'Università del Molise, Laboratorio MoRGaNA, Via Duca degli Abruzzi snc, 86039 Termoli (CB), Tel. +39 0874 404924 – 404928, Fax +39 0874 404814, monica.meini@unimol.it, rossella.nocera@unimol.it
(**) Dipartimento di Studi per l'Economia e l'Impresa (DiSEI) dell'Università del Piemonte Orientale, Via Perrone 18, 28100 Novara, Tel. +39 0321 375423, gianfranco.spinelli@eco.unipmn.it.

Riassunto
I siti di condivisione di fotografie con sistemi di localizzazione geografica, quali Panoramio o Flickr, hanno una libreria in continua crescita. L'alto numero di fotografie presenti sul nostro territorio nazionale ha motivato gli autori del presente lavoro alla ricerca di metodologie per ricavare da questi dati nuove informazioni utili nel settore delle analisi sul comportamento spaziale legato al tempo libero.
Le fotografie diventano, così, un importante punto di partenza per lo sviluppo di cluster analysis che possono portare nuovi risultati alle imprese e alla gestione del territorio nel suo complesso. Scopo principale del lavoro è quello di introdurre un approccio sistematico per uno studio di mobilità tramite l'uso integrato di algoritmi statistici, sistemi informativi geografici e geo-visualizzazione delle immagini. Si tratta di una ricerca in itinere che vuole presentare considerazioni preliminari in merito alla elaborazione e validazione di metodologie di analisi quantitative e qualitative a partire da questo tipo di banche dati.

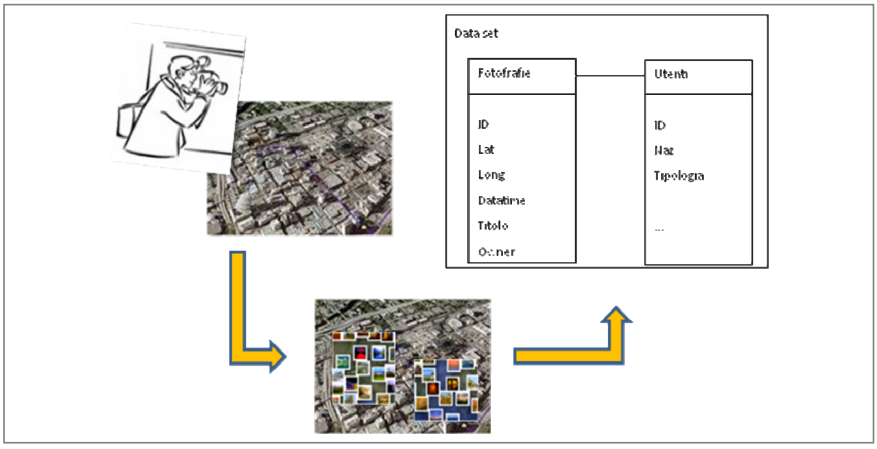
Abstract
The use of photo-sharing services based on georeferencing systems, such as Panoramio and Flickr, is growing rapidly in recent times. The very large number of photos of our territory uploaded on such systems motivates the development of methodologies that allow one to extract useful information in order to analyze the behavior of people during leisure.
Uploaded photos thus represent a good starting point for developing cluster analysis techniques that can provide new data to territory management sectors. The main goal of this work is the introduction of a systematic approach to study people's mobility with the integration of statistical algorithms, geographical information systems and geo-visualization of the images.

Introduzione

Negli ultimi anni le informazioni presenti sulla rete crescono rapidamente e il *web* è diventato un'importante fonte per diverse attività legate al territorio. Tra queste informazioni sono particolarmente utili quelle geolocalizzate, che forniscono la posizione di fatti e fenomeni nello spazio geografico. E' il caso dei siti di condivisione di fotografie quali Panoramio o Flickr, che hanno il pregio di fornire un contenuto informativo quantitativamente rilevante costituendosi come vere e proprie banche dati territoriali. Si tratta di enormi quantità di dati per i quali si richiedono sofisticate tecniche computazionali e capacità di analisi per l'individuazione di pattern spaziali e temporali. Le informazioni ottenute dalle fotografie non rappresentano solo un evento nello spazio e nel tempo ma individuano anche traiettorie ed itinerari degli utenti.

I dati

La nostra ricerca si basa sulle fotografie rilevate sul territorio italiano e caricate in Panoramio, piattaforma molto popolare per la condivisione ed organizzazione delle foto geolocalizzate. Gli utenti acquisiscono fotografie durante i loro viaggi ed escursioni. Successivamente le caricano sulla piattaforma associandovi manualmente un riferimento geografico oppure, in casi di utenti abituati all'uso di fotocamere con GPS incorporato, l'inserimento preciso delle coordinate.



Le fotografie diventano quindi un importante punto di partenza per lo sviluppo di analisi che possono portare nuovi risultati utili alle imprese e alla gestione del territorio nel suo complesso.

Il numero totale di foto contenute nel nostro dataset è di 941651, ossia le foto caricate fino ad aprile 2009. L'alto numero di fotografie presenti sul nostro territorio nazionale stimola la ricerca di metodologie per ricavare nuove informazioni da queste enormi quantità di dati ed integrare così le classiche analisi di mercato sul comportamento spaziale dei turisti.

Al fine di studiare la tipologia dell'utente risulta molto utile il titolo delle foto. Generalmente esso contiene elementi caratteristici quali:

1) Data - Il titolo contiene una data (p.es. "Alberobello_16.7.2006"). Il confronto con la data di caricamento su Internet permette di assicurarsi che si tratta della data relativa allo scatto. In tale caso, ciò fornisce il mezzo principe per individuare un itinerario, tenendo conto che gli utenti tendono ad essere sistematici e coloro che mettono le date lo fanno per tutte le foto.

2) Lingua usata - La lingua usata per intitolare le foto può dare indicazioni utili per la provenienza del turista; va considerato tuttavia l'uso dell'inglese come lingua veicolare internazionale.

3) Accuratezza - Numero di parole contenute nel titolo (p.es. "Alberobello_16.7.2006" è meno accurato di "Alberobello chiesa parrocchiale"). L'accuratezza è uno degli elementi che permettono di stabilire la tipologia di utente o distinguere diverse categorie tipologiche di riferimento, sulle quali torneremo in seguito.

4) Dettaglio - Alcune parole chiave permettono di capire se l'utente scatta foto occasionali (la rappresentazione del territorio è un "effetto collaterale" di altre attività, p.es. vacanze al mare), oppure mirate (il territorio è un elemento importante se non la ragione di viaggi/vacanze/escursioni).

5) Riferimenti personali - La presenza/assenza di riferimenti personali come "noi", "io", "Alberto", "pic-nic" denota l'approccio generale delle foto (legato a sé in forma di "diario" se ricco di riferimenti personali, legato alla comunicazione del territorio se ricco di dettagli).

Tutte queste informazioni risultano utili ai fini della selezione del campione.

Analisi e classificazione dei dati

Dal punto di vista dell'analisi spaziale, la *cluster analysis* offre un primo strumento di lavoro per giungere ad una classificazione degli utenti sulla base della distribuzione geografica delle foto.
L'analisi effettuata ha portato a individuare quattro tipi di distribuzione:

1) forte concentrazione in un solo cluster, che definiremo "cluster principale" (CP);
2) presenza di due cluster, che delineano una distribuzione bipolare;
3) presenza di un CP e di una serie di punti non appartenenti al CP distribuiti abbastanza omogeneamente in una macroarea (p.es. Centro-Nord);
4) le foto presentano una distribuzione sparsa sul tutto il territorio italiano oppure concentrazioni di lieve entità. Sono i casi in cui non esiste il cluster principale o comunque esso non supera una determinata dimensione (espressa in percentuale sul numero totale di punti) e i punti rimanenti sono sparsi abbastanza omogeneamente su tutto il territorio senza nessuna concentrazione evidente o preferenza tipologica o regionale (p.es. solo mare o esclusione evidente Nord/Sud).

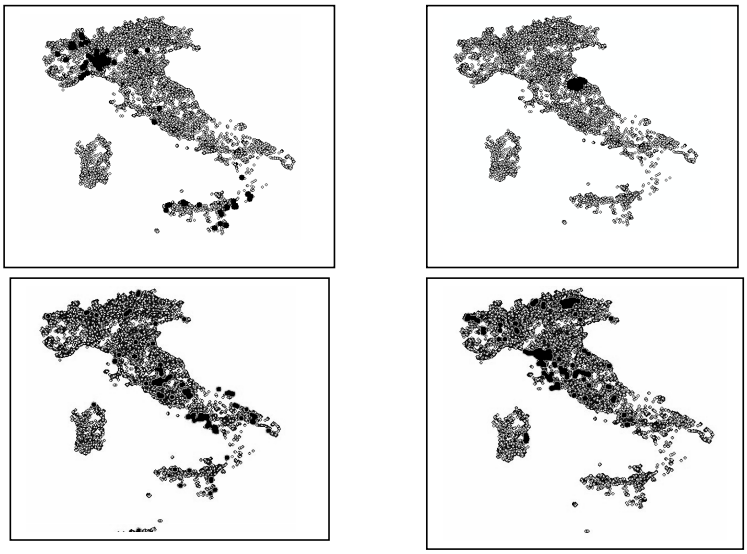


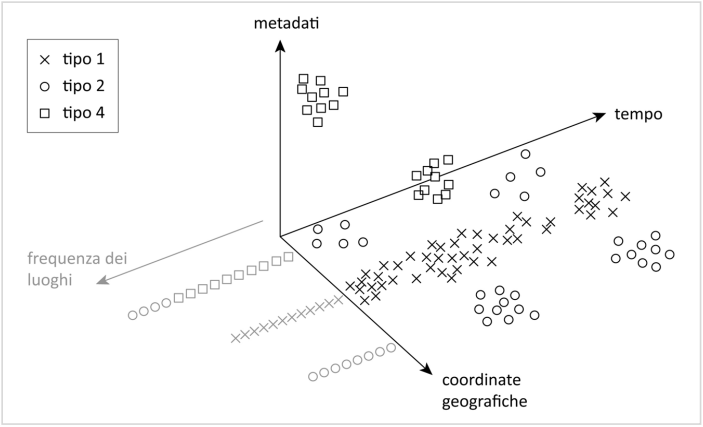
Figura 2. Alcune tipologie di distribuzione spaziale dei dati
Fonte: ns. elaborazione dati Panoramio.com

L'analisi ha permesso di individuare per la quasi totalità degli utenti il cluster più denso (CP, quello la cui media delle distanze dei punti contigui è minima). Questo cluster principale non risulta avere relazioni con l'insieme degli altri punti, per cui è necessario che i punti di questo cluster non siano analizzati assieme agli altri, in quanto presumono una diversa modalità di spostamento.
Riguardo al CP possiamo formulare varie ipotesi sul motivo della sua localizzazione:

1) luogo di residenza;
2) luogo ricorrente;
3) altri motivi di legame territoriale.

L'esame della dimensione del cluster principale rappresenta un primo indicatore della tipologia dell'utente; vi sono CP relativamente piccoli, altri che occupano un'intera regione. Inoltre, l'analisi dettagliata del cluster principale ne permette una prima classificazione in diverse categorie tipologiche di riferimento.
Tuttavia, per comprendere meglio l'interazione con il territorio da parte degli utenti occorre analizzare i dati in uno spazio generato, non solo dalle coordinate geografiche, ma anche dal tempo e dai metadati deducibili dalle fotografie.

In linea di principio lo scopo può essere raggiunto mediante *cluster analysis* di questo spazio opportunamente definito da coordinate numeriche. La principale difficoltà di questa operazione consiste nella conversione dei metadati in formato numerico.



Una rappresentazione schematica di questo spazio è data in figura 3, sulla base di alcuni esempi individuati nei nostri dati. Il primo caso (tipo 1) riguarda l'utente che si sposta nel tempo in un'area relativamente limitata. Si tratta, spesso, di un utente che ha un forte legame con quel territorio, egli risiede in quell'area e riporta le gite/escursioni nei dintorni, oppure, può anche trattarsi di un utente che frequenta quei luoghi abitualmente pur non essendo residente. Il secondo caso (tipo 2) riporta un'altra tipologia molto diffusa: è l'utente che si muove tra due luoghi in determinati periodi dell'anno. Uno rappresenta il luogo di residenza e l'altro il posto abituale delle vacanze. Emerge quasi sempre una traiettoria nord-sud. L'importanza di conversione dei metadati si nota soprattutto nel 3° caso (tipo 3); esso rappresenta l'utente che nel tempo si sposta su tutto il territorio in modo sparso, per cui risulta rilevante, molto più che nei casi precedenti, l'informazione dei metadati per l'ulteriore classificazione di questa tipologia. Infine, di particolare difficoltà è l'analisi di fotografie scattate nello stesso luogo ma in circostanze e confini diversi (tipo 4, esempio: Roma_chiese, Roma_compleanno); in questo caso le differenze sono riconoscibili esclusivamente con l'analisi dei metadati.

I raggruppamenti e le definizioni delle varie tipologie si definiscono, quindi, combinando le informazioni sui luoghi (distribuzione geografica) e sui criteri (deducibili prevalentemente dai metadati).

Di particolare interesse per i nostri obiettivi di lavoro è la possibilità di identificare specifici itinerari turistici a partire dalle foto scattate durante un viaggio. Occorre perciò integrare metodi matematici di cluster analysis con altri dati utilizzando, stavolta, categorie spaziali di riferimento[1]:

1. "Multicluster concentrato" - Preponderanza di cluster la cui estensione massima (massima distanza tra punti) non eccede una gita giornaliera a piedi; esempi tipici: turismo urbano, mare sedentario.
2. "Cluster con satelliti" - Cluster centrati sui luoghi di pernottamento con satelliti raggiungibili in una gita giornaliera con un mezzo; esempi tipici: turismo urbano con puntate in centri limitrofi, mare con gite entroterra.
3. "CP lungo un percorso" - L'utente si muove tra due località abbastanza distanti individuando elementi di interesse tra origine e destinazione. Il territorio circostante il percorso definisce il suo CP.

[1] Le categorie individuate rimandano almeno in parte al modello di circolazione turistica di Campbell (1967).

Conclusioni

La tipologia dei dati esaminati è in continua crescita e nel tempo possono divenire vere e proprie banche dati significative. La prospettiva è quella di verificare le potenzialità che esse possono riservare per un'analisi spaziale che permetta di quantificare e catalogare con nuovi criteri la mobilità dei visitatori sul territorio nazionale. Studiare soprattutto la sequenza degli spostamenti sul territorio tra specifiche località da parte di determinati gruppi di utenti. Ciò comporta un'analisi quantitativa e qualitativa delle variabili dell'utente (affinamento di metodi e strumenti di analisi statistiche di testo) ed un'analisi spaziale e territoriale tramite un'analisi geografica dei louoghi visitati.

Riferimenti bibliografici

Campbell C.K. (1967), "An Approach to Research in Recreational Geography", *British Columbia Occasional Papers*, 7, pp. 85-90.

Girardin, F., Dal Fiore, F., Blat, J. & Ratti, C. (2007), "Understanding of Tourist Dynamics from Explicitly Disclosed Location Information". Proceedings of the 4th Intl Symposium on LBS & TeleCartography, Hong Kong, 8-10 November 2007.

Goodchild M.F. (2007), "Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography," *GeoJournal*, 69, n. 4, pp. 211-221.

Graham M. (2010), "Neogeography and the Palimpsests of Place", *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 101, n. 4, pp. 422–436.

Kellerman A. (2002), *The Internet on Earth: A Geography of Information*, London and New York, John Wiley.

Meini M., Nocera R., Spinelli Gf. (2012), "Flussi turistici e regionali di destinazione: come misurare la mobilità turistica", *Memorie Geografiche della Rivista Geografica Italiana*, Firenze, Florence University Press, (in corso di stampa).

Turner A. (2006), *Introduction to Neogeography, Sebastopol - CA*, O'Reilly.

Zook M., Devriendt L., Dodge M. (2011), "Cyberspatial Proximity Metrics: Reconceptualizing Distance in the Global Urban System", *Journal of Urban Technology*, 18, n. 1, pp. 93-114.

Elaborazione di indicatori sintetici di rischio del patrimonio scolastico pugliese

Silvana Milella, Luigi Guastamacchia

Politecnico di Bari, Dipartimento ICAR, Via Orabona 4, I-70100 Bari, Tel. 0805963826, Fax 0805963881, silvana.milella@poliba.it, lugu@tiscali.it

Riassunto

Il presente contributo[1] espone i risultati di uno studio preliminare (SPREPAS) finalizzato alla valutazione del livello di rischio del patrimonio scolastico pugliese nell'ambito della Convenzione stipulata tra la Regione Puglia - Assessorato Sud e Diritto allo Studio e il Dipartimento ICAR del Politecnico di Bari.[2] Attraverso l'analisi dei dati e l'estrapolazione di indicatori sintetici di rischio, è stata fornita una lista di priorità per individuare gli edifici scolastici e le aree regionali con il livello di maggiore rischio. Metodologicamente la relazione che intercorre tra gli indicatori sintetici di rischio e la localizzazione delle aree di maggiore criticità e rischio, è stata elaborata in ambiente GIS, utilizzando complessi metodi di analisi spaziale. I risultati raggiunti sono stati quindi analizzati da *expertise* del gruppo di lavoro con il compito di territorializzare il fenomeno indagato, al fine di far emergere geografie utili a definire un piano di lavoro per la programmazione e la gestione economica/temporale delle problematiche connesse a situazioni di rischio negli edifici scolastici.
L'obiettivo è quello di fornire agli attori istituzionali (Regione, Province) delle prime indicazioni di massima sull'eventualità e sulla tempistica delle operazioni necessarie per sottoporre gli edifici, maggiormente esposti a situazioni di rischio, a valutazioni di sicurezza più approfondite.

Abstract

This paper shows the findings of a preliminary study (SPREPAS) aimed at evaluating the risk level of Apulia School assets, under the Convention between *Regione Puglia - Assessorato Sud e Diritto allo Studio* and *Dipartimento ICAR del Politecnico di Bari.*
Through the analysis of data and the extrapolation of synthetic risk indicators, we provided a priority list for identifying school buildings and regional areas with the higher risk level.
Methodologically, the relationship between synthetic risk indicators and localization of the most critical and risk areas was developed in a GIS environment using complex spatial analysis methods.
Then the expertise of the working group analyzed the achievements with the task of territorialising the investigated phenomenon, in order to bring out geographies useful to define a work scheme for planning and economic/time management of the issues related to risk situations in school buildings.
The purpose is to provide the institutional stakeholders (Region, Provinces) of the early guidelines concerning whether and timing of operations required to subject to more detailed safety assessments the buildings most exposed to risk situations.

[1] Il presente *paper* è frutto di una riflessione collettiva degli autori, tuttavia è attribuibile a S. Milella la stesura del § 1, 3 e a L. Guastamacchia la stesura del § 2 ,4. e congiuntamente a tutti gli autori l'*abstract* e il § 5. L'elaborazioni dei dati in ambiente GIS è stata coordinata da S. Milella, l'elaborazione della mappe e lettura dei dati da L. Guastamacchia.
[2] Il report finale dello studio, a cui fa riferimento il presente contributo, è stato pubblicato su "Il progetto Aristoteles Un'analisi tecnico-economica sulle strutture scolastiche in Puglia" Coordinatore scientifico Prof. M. Mezzina.

1-Introduzione

Il MIUR con la collaborazione degli enti locali realizza e cura l'aggiornamento, nell'ambito del proprio sistema informativo, di un'anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica, con l'obiettivo di monitorare la consistenza e la funzionalità del patrimonio edilizio scolastico nazionale.

Il progetto "ARISTOTELES" attraverso dati messi a disposizione dall'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica, ha come finalità, la valutazione del livello di rischio del patrimonio edilizio scolastico della Regione Puglia, in relazione a fattori quali, il degrado, la vetustà, la tipologia, lo stato di manutenzione, il livello di pericolosità sismica, nonché la predisposizione di uno strumento di supporto alla relativa programmazione e gestione economico temporale.

Considerata la complessità del problema, la vastità del patrimonio edilizio scolastico, le limitate risorse temporali/economiche disponibili, la numerosità e la diversità degli elementi coinvolti nell'analisi, è opportuno che le procedure di valutazione del rischio prevedano una successione di livelli di approfondimento, per calibrare le risorse economiche disponibili.

Il progetto "ARISTOTELES" nel primo livello di questa valutazione, attraverso una procedura speditiva basata sui dati poveri della Regione, ha effettuato uno *screening* generale del patrimonio analizzato, ricavando quindi delle prime indicazioni di massima sull'eventualità e sulla tempistica delle operazioni necessarie, per sottoporre gli edifici a successive valutazioni approfondite. L'analisi dei dati e la relativa estrapolazione di indicatori sintetici ha consentito di fornire una lista di priorità per individuare gli edifici scolastici caratterizzati da particolari situazioni di criticità.

Su questi edifici, si potranno indirizzare le analisi per il successivo livello di valutazioni e quindi la definizione degli interventi finalizzati ad adeguare il livello di sicurezza alle attuali norme tecniche.

L'analisi preliminare svolta è stata completata con la determinazione di massima dei costi necessari all'adeguamento degli edifici analizzati, orientando quindi la ripartizione tra provincie/comuni delle risorse economiche regionali per l'adeguamento dell'edilizia scolastica.

2 - Le strutture scolastiche in Puglia, situazioni e problemi

In un sistema scolastico il raggiungimento degli obiettivi pianificati dipende non solo dalla qualità e dall'efficacia della didattica, ma anche dall'efficienza delle infrastrutture scolastiche utilizzate. Tale efficienza è determinata da una varietà di parametri, non sempre interconnessi, come ad esempio la sicurezza degli utenti, la fruibilità delle aule e delle altre infrastrutture, e la rispondenza delle dotazioni edilizie agli standard normativi di vario genere.

Esiste una oggettiva difficoltà nella gestione del patrimonio edilizio esistente (spesso molto datato) rispetto a quello di recente realizzazione o di nuova progettazione. Non di rado vi sono strutture, progettate e realizzate con riferimenti normativi decaduti (sostituiti da nuove norme in genere più restrittive), che risultano essere ubicate in aree ormai inadatte, urbanisticamente, funzionalmente e demograficamente. Esistono, inoltre contesti in cui le attività scolastiche si svolgono in edifici "adattati" allo scopo, poiché progettati per altri usi e attività.

Accanto a queste fattori occorre considerare il problema della sismica delle strutture scolastiche, divenuto di primaria importanza, anche in seguito alle tragiche conseguenze dei passati eventi sismici, che hanno coinvolto edifici scolastici, tra cui il tragico crollo della scuola di San Giuliano a seguito del terremoto in Molise nel 2002. Tali eventi hanno dato un forte impulso alla rielaborazione della Normativa Tecnica in materia, ponendo particolare attenzione alle valutazioni di sicurezza del patrimonio edilizio esistente.

La Regione Puglia ha quindi inteso avviare uno studio multidisciplinare per organizzare sistematicamente su scala regionale la mappatura, catalogazione e valutazione preliminare del reale stato del patrimonio edilizio scolastico. La gestione dei dati avviene all'interno di un sistema informativo territoriale, in modo da poter ottimizzare l'archiviazione, l'elaborazione, e la visualizzazione dei dati e dei risultati.

Lo studio ha interessato gli edifici scolastici delle 5 provincie, presenti nel catalogo dell'anagrafe della Regione Puglia ed integrato dagli approfondimenti effettuati dal progetto.

Preliminarmente il *database* e le schede, estratte dall'anagrafe dell'edilizia scolastica, sono stati analizzati ed elaborati per ricavare informazioni utili al progetto. Contemporaneamente è stata anche valutata la completezza ed attendibilità dei dati forniti della Regione da cui è emersa la mancanza di informazioni per alcune scuole, e in alcuni casi, l'incompletezza delle informazioni contenute nelle stesse schede. Sulla base di questa ricognizione su un totale di 3.009 edifici scolastici presenti nominalmente nell'anagrafe, è stato possibile analizzare e valutare 2.553 edifici ripartiti nelle diverse provincie. Nel dettaglio nella prov. di Bari sono stati analizzati 802 edifici, in quella di Foggia 468, in quella di Brindisi 286, in quella di Lecce 675 e infine in quella di Taranto 322.

3- Le fasi del progetto

Di seguito sono riassunte le diverse fasi del progetto:

3.1 - I FASE: Localizzazione di tutte le strutture scolastiche pugliesi (realizzazione di Sistema Informativo Territoriale - SIT)

La fase propedeutica alle analisi svolte ha comportato l'estrazione ed elaborazione dei dati, a partire dalla localizzazione delle le strutture scolastiche pugliesi presenti nel SIT.

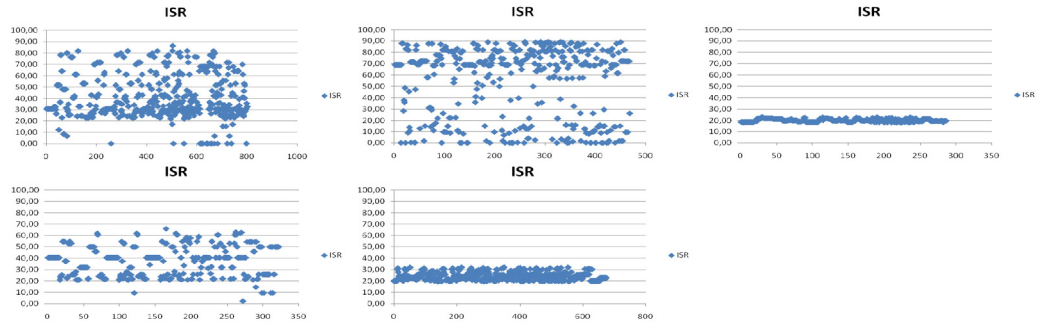
- Localizzazione delle strutture (764 scuole su 1.972) sulla base dei dati catastali relativi alle scuole dell'infanzia, primaria, secondaria di primo grado e secondaria di secondo grado suddivise per comuni (fonte: Anagrafe edilizia scolastica; Richiesta diretta agli uffici comunali);
- Localizzazione delle strutture sulla base degli indirizzi (fonte: Anagrafe edilizia scolastica);
- Confronto e controllo incrociato con i dati ufficiali del Ministero (fonte: www.puglia.istruzione.it);
- Creazione di tabelle di relazione tra i dati relativi agli edifici (indirizzo, Comune, ecc.) e i dati relativi alle istituzioni scolastiche (nome della scuola, tipologia di scuola, ecc.);
- Associazione del codice edificio e del codice istituzione (in ciascuna struttura scolastica possono coesistere più istituzioni scolastiche e ciascuna istituzione scolastica può essere ripartita su più strutture scolastiche).

3.2 - II FASE: Definizione dell'indice di *Seismic Rating* ISR

Le valutazioni delle condizioni di criticità attraverso i dati poveri, si limitano a determinare un indice che esprime sinteticamente la condizione media dell'edificio. L'indice proposto in questa fase (ISR) è valutato sul singolo edificio, basandosi su semplici indagini storiche correlate all'evoluzione normativa in tema di protezione sismica.

E' possibile definire il valore dell'indice di rischio sismico (ISR) una volta conosciuto l'anno di costruzione dell'edificio, e quindi la normativa vigente all'epoca, il fattore di struttura (muratura o cemento armato), l'accelerazione di picco media attesa sul Comune, il fattore di amplificazione medio sul Comune, l'accelerazione di picco massima regionale.

Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.

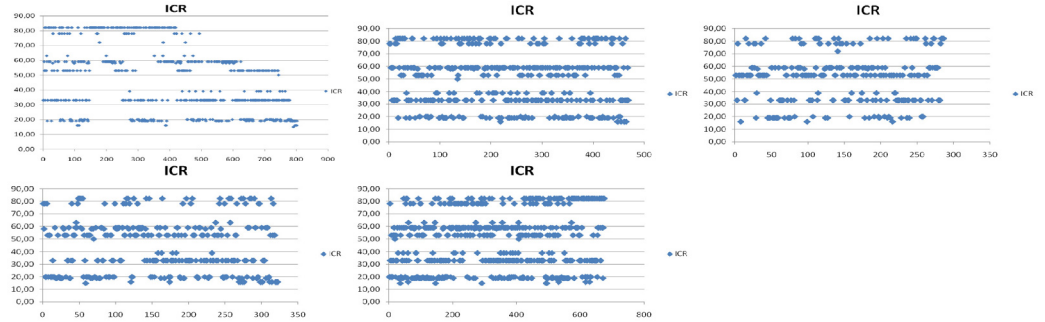


Indice di seismic rating (ISR) per gli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

L'indice assume valore nullo per quegli edifici i cui dati, necessari per la valutazione, non erano disponibili. I valori dell'indice di *Seismic Rating* per le province di Brindisi, Lecce e Taranto sono nettamente inferiori rispetto ai valori delle altre province analizzate in virtù della bassa sismicità del territorio oggetto d'indagine.

3.3 - III FASE: Definizione dell'indice di *Condition Rating* ICR

Il *deficit* capacitivo nei confronti dell'esercizio è sintetizzato da questo indice (ICR), parametro significativo della capacità residua di sostenere le azioni di esercizio, funzione delle caratteristiche costruttive dell'edificio. I dati di *input* per la valutazione di ICR sono l'anno di costruzione, la tipologia strutturale (muratura o cemento armato), l'ubicazione della scuola in comune rivierasco.
Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.



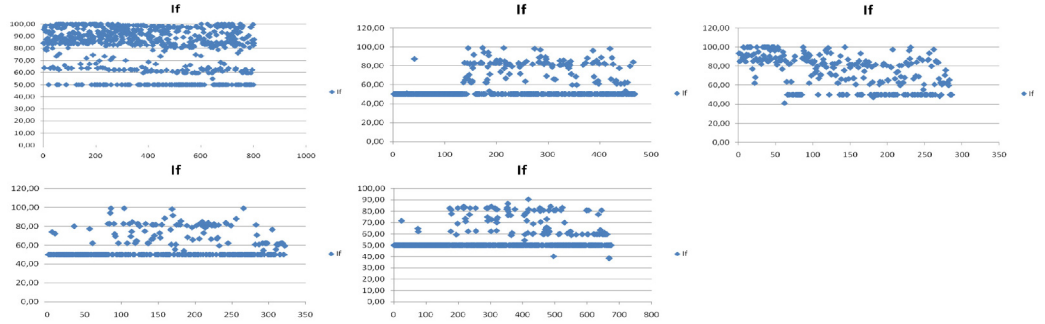
Indice di Condition Rating (ICR) degli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

3.4 - IV FASE: Definizione dell'indice di Funzionalità IF

L'indice di funzionalità (IF) è un indicatore circa l'importanza della scuola nella comunità servita. Esso viene valutato sulla base dei diversi fattori che concorrono, con il loro peso, a definire il livello di criticità correlato all'esposizione del manufatto. In particolare si definiscono:

- F1 - tipo di scuola. Tale parametro è legato alla capacità di risorse in relazione ad una situazione di emergenza. Esso cambia al variare delle fasce d'età degli alunni e viene assunto in funzione della tipologia di scuola;
- F2 - numero di alunni insediati. Tale parametro tiene conto dell'entità della popolazione scolastica attualmente insediata nell'edificio scolastico;
- F3 - numero di alunni insediabili. Tale parametro tiene conto dell'offerta di alunni, valutata in relazione alla capacità delle classi;
- F4 - offerta di alunni rispetto alla domanda di alunni. Tale parametro tiene conto del rapporto tra la domanda di popolazione scolastica e l'offerta di popolazione scolastica.

A ciascun fattore viene poi associato un peso. Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.



Indice di Funzionalità (IF) degli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

Poiché per un numero elevato di edifici scolastici, in particolare per la scuola dell'infanzia, i dati necessari per la valutazione di questo indice non disponibili, si è assunto come valore indicativo il valore medio (50). Ciò per evitare che venisse annullato completamente l'indice di funzionalità (IF) nella valutazione dell'indice complessivo di criticità (ICR).

3.5 - V FASE: Definizione dell'indice di Criticità IR

La valutazione delle situazioni di criticità degli edifici scolastici viene effettuata introducendo un indice di criticità (IR), la cui determinazione può essere effettuata in relazione sia a *deficit* capacitivi che a *deficit* relativi alla condizione attuale di esercizio dell'edificio. La quantificazione del *deficit* capacitivo sismico è affidata all'indice di *Seismic Rating* (ISR), rappresentativo degli elementi di criticità connessi all'opera e alla pericolosità del sito in cui l'opera è localizzata. Il *deficit* capacitivo nei confronti dell'esercizio è invece sintetizzato dall'indice di *Condition Rating* (ICR), parametro significativo della capacità residua di sostenere le azioni di esercizio, funzione delle caratteristiche costruttive dell'edificio. L'importanza del manufatto è individuata tramite l'indice di Funzionalità (IF) che tiene conto anche dell'esposizione dell'edificio. Ciascuno di questi indici viene pesato attraverso un coefficiente che tiene conto dell'importanza dei diversi fattori.
A seconda del grado di criticità gli edifici sono stati suddivisi in 4 fasce:

- 0<IR<30 edifici a basso livello di criticità;
- 30<IR<60 edifici a medio livello di criticità;
- 60<IR<90 edifici ad alto livello di criticità:
- 90<IR<100 edifici a livello di criticità molto alto;

Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.



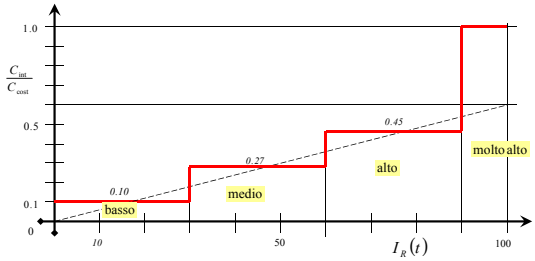
Indice di Criticità (IR) complessivo degli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

Si può osservare che la totalità degli edifici analizzati, nel caso degli edifici di Bari si trova nella fascia di criticità media o alta e nessun edificio si trova invece nella fascia molto alta. In provincia di Foggia il valore dell'indice di criticità complessivo è maggiore rispetto a quello valutato per la provincia di Bari. Ciò è da relazionarsi alla più elevata sismicità del territorio foggiano. Per la provincia di Brindisi invece tale valore è mediamente inferiore rispetto a quello valutato per le provincie precedenti, considerata la più bassa sismicità del suo territorio. E' da considerare infatti che, anche se l'indice complessivo di criticità tiene conto di tutte e tre le componenti in campo, la componente legata alla sismicità del territorio assume un ruolo importante ai fini della valutazione finale in quanto le è stato assegnato un peso pari a 0,4. Per gli edifici scolastici delle provincie di Taranto e Lecce il valore dell'indice di criticità complessivo è mediamente compreso tra i valori della provincie di Bari e Foggia e i valori relativi alla provincia di Brindisi
La determinazione di IR consente di ottenere mappe e liste di priorità sulla base di valutazioni di massima, in grado di fornire un quadro generale della condizione degli edifici scolastici in relazione a situazioni caratterizzate da particolari criticità a fronte di elementi quali come lo stato di consistenza dell'immobile, la tipologia, la vetustà, la manutenzione, l'insistenza in zona sismica.

Questo indice consente all'Ente gestore dell'edificio scolastico la possibilità di effettuare le necessarie considerazioni in merito alla mitigazione della vulnerabilità del patrimonio edilizio scolastico. La determinazione di IR inoltre, consente una valutazione di massima del costo complessivo degli interventi necessari per adeguare il livello di sicurezza degli edifici ai requisiti delle attuali Norme Tecniche.

4 - Valutazione del costo complessivo degli interventi

La fase finale delle attività svolte ha riguardato la determinazione di larga massima dei costi necessari all'adeguamento dei diversi edifici analizzati, in modo che l'ente gestore potrà ripartire in maniera più ponderata le risorse economiche regionali destinate all'adeguamento dell'edilizia scolastica. La stima dei costi d'intervento sulle scuole non è di facile definizione a causa della mancanza di dati di dettaglio relativi ai singoli edifici. E' stato messo a punto un modello di costo che esprime il costo dell'intervento Cint (costo dell'interventi strutturale e del costo di ripristino della parti non strutturali, impianti compresi) rapportato al costo di ricostruzione Ccost, come una funzione dell'indice di criticità complessivo.

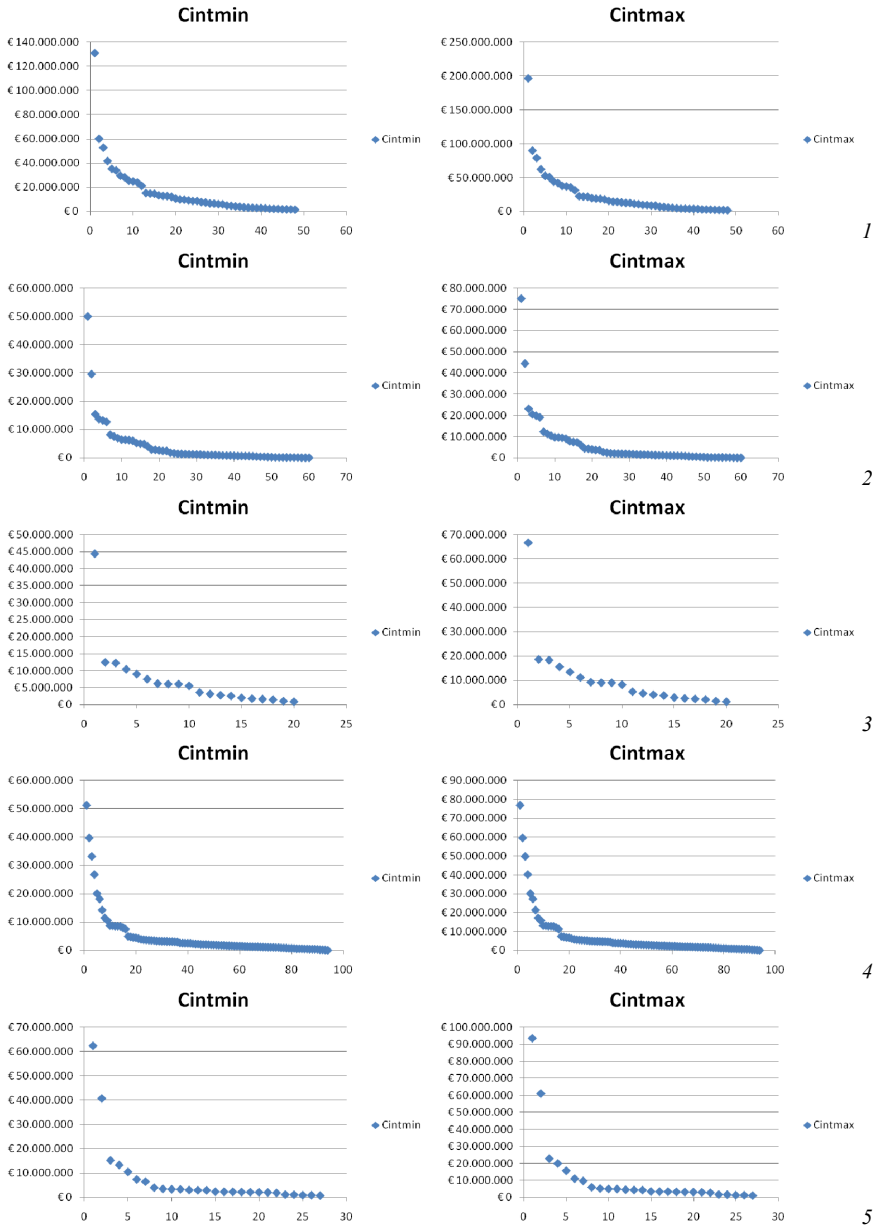


Come risulta del grafico il modello prevede un valore minimo di costo legato alla necessità di prevedere comunque interventi minimi anche se l'indice di criticità è molto basso. Il costo di tali interventi minimi sono valutati pari al 10% del costo di costruzione.
Al contrario se il valore dell'indice di criticità supera il valore prefissato si assume non conveniente adeguare l'edificio in quanto oltre ad alcune riserve sull'esito a lungo termine dell'intervento, il costo richiesto risulterebbe troppo vicino a quello di ricostruzione.

La legge assume la seguente forma:

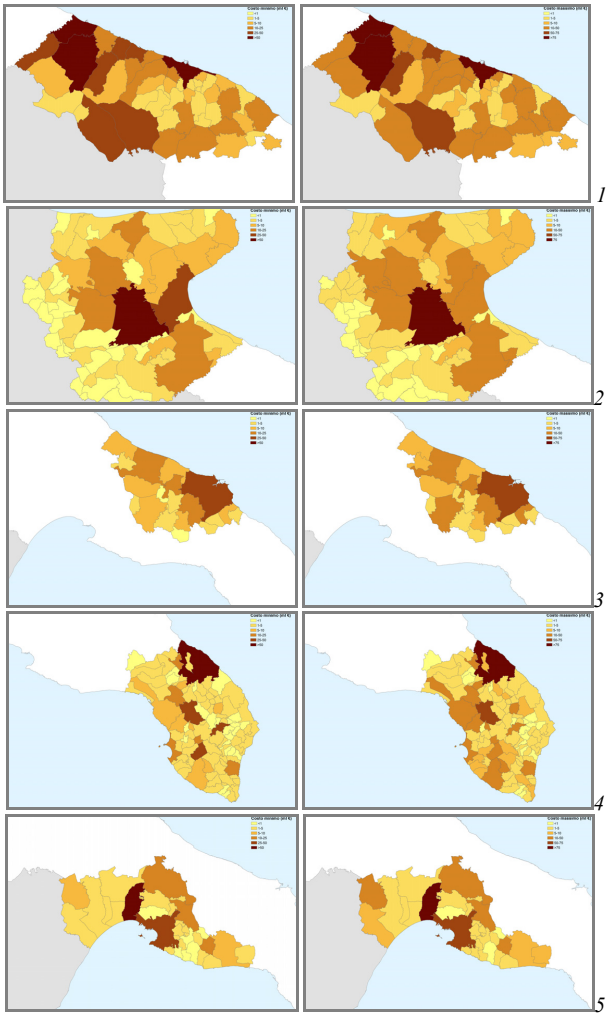
- Cint/Ccost=0.10 se IR<30
- Cint/Ccost=0.27 se 30<IR<60
- Cint/Ccost=0.45 se 60<IR<90
- Cint/Ccost=1.0 se IR>90

La definizione del costo dell'intervento è completata dalla valutazione del costo di ricostruzione, il cui valore è funzione della dimensione dell'edificio, valutata in termini di superficie calpestabile.
Il costo di costruzione dipende da una serie di fattori. Una valutazione di massima è stata ottenuta dai dati disponibili in numerosi prezziari ufficiali. Ma attraverso i dati attualmente a disposizione ed introducendo ulteriori fattori di incertezza, è possibile soltanto individuare una fascia entro la quale il costo di costruzione può variare. Si è valutato come valore minimo 800 €/mq e come valore massimo 1.200 €/mq.
Il costo complessivo dell'intervento si ottiene considerando il valore del costo di costruzione. Poiché questo è stato definito in una fascia di variazione tra un valore massimo e uno minimo, si perviene ad una valutazione del costo complessivo compresa anch'essa in una fascia delimitata da un valore minimo ed un valore massimo.



C_{int_min} *(in Euro) per comune e* C_{int_max} *(in Euro) per comune, valutati su tutti gli edifici della Prov. di BA (1), FG,(2) BR (3), LE(4) e TA (5).*

Le immagini che seguono riportano i costi di intervento minimi e massimi complessivi. Considerato l'elevato livello di approssimazione dei risultati relativi ad ogni singolo edificio, è stato riportato in mappa il dato dei costi valutato sull'intero comune, poiché esso può essere utilizzato nelle operazioni necessarie alla pianificazione delle ripartizioni delle risorse economiche tra i diversi comuni, sulla base di criteri oggettivi.



C_{int_min} *complessivo e* C_{int_max} *complessivo, valutati sui comuni della Prov. di BA(1), FG,(2) BR (3), LE(4) e TA (5).*

5 - Conclusioni

I risultati ottenuti da questo modello sono stati letti sia aggregati per comune, sia per ogni edificio. Naturalmente per quanto concerne il dato riferito ai comuni, il costo maggiore ricade nei comuni con una maggiore concentrazione di edifici scolastici (capoluoghi di provincia), mentre per quanto concerne le singole scuole i costi maggiori si riferiscono agli edifici con superficie molto estesa e caratterizzati da una più elevata criticità.

Riferimenti bibliografici

Mezzina M. et al.(2008) ”Rischio, hazard e vulnerabilità;in Sicurezza e conservazione delle prime costruzioni in calcestruzzo armato”, DeAgostini scuola.

Milella S., Guastamacchia L., Pellegrini A.,”Il GIS come strumento di gestione dell’istruzione pubblica. Il caso della Regione Puglia”, in: *Atti della XIII Conferenza Italiana Utenti Esri*, Roma, 18 aprile 2012.

Implementazione di servizi web per la valorizzazione della cartografia storica di Como: il progetto Web C.A.R.T.E.

Marco Minghini

Politecnico di Milano, DIIAR, Polo Territoriale di Como, Via Valleggio 11, 22100 Como, Italy,
marco.minghini@mail.polimi.it

Riassunto
L'utilizzazione in un contesto digitale e GIS della cartografia storica, che ne amplia sia le possibilità di fruizione che la classe dei potenziali utenti destinatari, ha recentemente conosciuto un notevole incremento di interesse. Il progetto di ricerca Web C.A.R.T.E. (Web Catalogo e Archivio delle Rappresentazioni del Territorio e delle sue Evoluzioni), presentato nella comunicazione, ha affrontato il problema in relazione al patrimonio cartografico attualmente conservato presso l'Archivio di Stato di Como e consistente in circa 15000 mappe storiche catastali. Scopo del progetto è la valorizzazione di questa preziosa raccolta cartografica mediante l'impiego dei più recenti strumenti GIS free e open source per il processamento, la catalogazione e la pubblicazione web. Una volta digitalizzate, le mappe sono state georeferenziate attraverso l'applicazione di un modello polinomiale, il cui grado ottimale è stato determinato tramite apposita procedura statistica. Un geocatalogo web di metadati conformi agli standard italiani è stato successivamente realizzato mediante il software GeoNetwork Opensource. Le mappe sono state quindi pubblicate attraverso un WebGIS dedicato, corredato anche da una versione ottimizzata per piattaforme mobili, che ne garantisca la navigazione 2D ed il confronto con la cartografia attuale. È stato inoltre implementato un modulo che, utilizzando il globo virtuale NASA World Wind, offra una visualizzazione delle mappe storiche non solo 3D ma, grazie all'inclusione di una barra temporale, anche 4D. Il sistema, recentemente ultimato e sperimentato su un numero esemplificativo di mappe, permette una navigazione immediata ed interattiva, prefigurandosi come strumento potenzialmente avveniristico per la consultazione delle cartografie storiche presso l'Archivio di Stato di Como. La garanzia di preservazione degli originali cartacei sarà infatti accoppiata con quella, altrettanto importante, di semplificazione e modernizzazione delle modalità di consultazione. L'utilizzo di Internet dovrebbe infine assicurare un accrescimento senza precedenti della visibilità ed accessibilità del patrimonio cartografico medesimo.

Abstract
Interest in the exploitation of ancient cartography in digital format has recently increased. The Web C.A.R.T.E. project (*Web Catalog and Archive of the Territory and its Evolutions Representations*), presented in the paper, addressed this issue with regard to the huge cartographic heritage consisting in about 15000 historical cadastral maps which are nowadays preserved at the State Archive of Como. The project aims to valorize this precious collection through the use of the latest free and open source GIS tools for maps processing, cataloguing and web publishing. After the digitization step, maps were georeferenced with a polynomial model, whose optimal order was determined each time using an ad hoc statistical procedure. Next, a web geocatalog of standards-compliant metadata was built with the GeoNetwork Opensource software. Maps were then published into a dedicated webGIS providing their navigation and comparison in a 2D environment. An optimized version for mobile devices was also created. Finally, the NASA World Wind Virtual Globe allowed to built a module for 3D (and, thanks to a temporal slidebar, also 4D) visualization of historical maps. The

system provides a modern and interactive consultation of the State Archive of Como cartographic heritage, allowing not only to keep the original paper maps safe from deterioration, but also to simplify their accessibility and to widen their range of users.

Introduzione

Le moderne evoluzioni delle tecnologie digitali hanno promosso un utilizzo senza precedenti della cartografia storica, patrimonio oggi prezioso non solo come documentazione antica, ma anche come fonte di informazione geografica. Oltre alla preservazione degli originali cartacei, infatti, l'utilizzo in forma digitale consente la fruizione delle mappe antiche in ambienti GIS e WebGIS (Gatta, 2010) con molteplici finalità quali la pianificazione territoriale, le ricerche sull'evoluzione paesaggistica e urbana, l'archeologia e la demografia.

L'impiego di cartografia storica in ambiente digitale si articola su un ben definito insieme di stadi (Minghini, 2010). Dopo una preliminare contestualizzazione storico-culturale di ciascuna mappa (in termini di contenuto, scopo della rappresentazione e tecniche di rilievo), la digitalizzazione ad alta risoluzione è necessaria per trasformare il supporto da analogico a digitale. La georeferenziazione assegna quindi un sistema di riferimento a ciascuna cartografia e consente di valutarne l'accuratezza posizionale. Altrettanto importante è la documentazione delle cartografie georeferenziate mediante metadati che siano conformi agli standard esistenti. Esaurite le fasi di pre-processamento, le mappe possono essere incluse in sistemi web per la loro visualizzazione 2D e, recentemente, anche 3D: in entrambi i casi, la loro consultazione può essere integrata da dati geografici di differente origine (cartografia numerica attuale, ortofoto, modelli digitali del terreno) per sfruttare al massimo le loro proprietà metriche derivate dalla georeferenziazione. La realizzazione di ognuna delle fasi descritte può avvenire mediante l'uso di software sia proprietario, sia open source.

Scopo della presente ricerca, eseguita nell'ambito del progetto Web C.A.R.T.E. (Web Catalogo e Archivio delle Rappresentazioni del Territorio e delle sue Evoluzioni), è l'utilizzo di software free e open source per l'implementazione di un sistema web in grado di visualizzare le mappe storiche e fornire le relative informazioni. Più nel dettaglio, si intende innanzitutto creare un geocatalogo web per la gestione dei metadati associati alle cartografie antiche. Si vuole inoltre realizzare un WebGIS, sia per PC che per dispositivi mobili, che consenta la visualizzazione bidimensionale delle mappe e sia direttamente collegato al geocatalogo; infine, si intende utilizzare un globo virtuale per ottenere una navigazione delle mappe in 3D e, considerando anche la variabile temporale, in 4D.

Stato dell'arte

In questa sezione verrà brevemente esaminata la letteratura esistente relativa all'utilizzo sul web di mappe storiche, in riferimento sia alla loro catalogazione tramite metadati, sia alla loro navigazione in 2D e 3D. Essendo il presente lavoro inquadrato nel contesto amministrativo e normativo italiano, l'attenzione sarà rivolta soprattutto a studi di carattere simile realizzati nel medesimo contesto.

I metadati (letteralmente *dati sui dati*) sono una documentazione dei dati che ne supporta ricerca, acquisizione, gestione e diffusione (CNIPA, 2006). Secondo l'ICCU (2006b), i metadati sono parte costituente della definizione stessa di un qualsiasi oggetto digitale. Un'effettiva interoperabilità tra sistemi di dati (e tra gli utenti che ne fanno uso) può naturalmente essere ottenuta solo se i relativi metadati sono conformi a standard predefiniti. A livello italiano, in particolare, la documentazione di cartografia storica è disciplinata da due standard di metadati: il primo considera le mappe come veri e propri dati geografici (CNIPA, 2006), il secondo invece come semplici immagini digitali (ICCU, 2006a). I sistemi utilizzati per la gestione online delle mappe sono definiti geocataloghi web (Minghini, 2010). La letteratura presenta pochi esempi di geocataloghi web con metadati conformi agli standard italiani: fra questi il progetto 'Creare e divulgare cultura attraverso gli archivi storici' (Gatta, 2010).

Più popolari, invece, risultano i sistemi web per la visualizzazione 2D di cartografia storica, spesso prodotti dalla collaborazione tra università e Archivi di Stato italiani. Esempi sono un WebGIS sul Catasto Gregoriano (Buonora, 2009; http://www.dipsuwebgis.uniroma3.it), una raccolta di mappe

catastali della provincia di Venezia (Contò et al., 2009; http://157.138.209.20/catasti_storici.html), CARSTOS (http://www.archiviostatocagliari.it), CASTORE (http://web.rete.toscana.it/castoreapp) e Atl@nte dei Catasti Storici e delle Carte Topografiche della Lombardia (Oreni et al., 2010; http://www.atlantestoricolombardia.it). Questi progetti attestano il maturo livello di sviluppo delle tecnologie open source per la pubblicazione web di cartografia storica.
Contrariamente al caso 2D, la visualizzazione web tridimensionale di mappe storiche ha guadagnato interesse solo di recente grazie ai globi virtuali, software che consentono di esplorare la Terra in tre dimensioni mediante la sovrapposizione di ortofoto, immagini satellitari ed altri dati bidimensionali a modelli digitali del terreno. Anche in questo caso, le tecnologie esistenti sono sia open source che proprietarie. I più popolari globi virtuali di tipo open source sono gvSIG3D, Norkart Virtual Globe, ossimPlanet, osgEarth e NASA World Wind (Walker, Kalberer, 2010). Tra le soluzioni proprietarie, invece, le più note sono Google Earth, Bing Maps 3D e Ovi Maps 3D. Ad oggi, nessun Archivio di Stato italiano ha implementato una visualizzazione 3D del suo intero patrimonio cartografico. L'uso di globi virtuali nella letteratura sulla cartografia storica risulta infatti limitato a mappe specifiche o finalità di analisi specifiche: alcuni esempi sono Bitelli, Gatta (2011) e Brovelli et al. (2011), che adottano rispettivamente il software proprietario Google Earth e quello open source NASA World Wind.

Dati e pre-processamento geometrico
Nell'Archivio di Stato di Como sono conservate circa 15000 mappe storiche relative a 246 comuni attuali delle province di Como e Lecco. Tali mappe appartengono a quattro differenti serie catastali: il Catasto Teresiano (XVIII secolo), il Catasto Lombardo-Veneto (metà del XIX secolo), la serie di aggiornamenti del 1898 ed il Nuovo Catasto Terreni del 1905 (disponibile solo per alcune località). Nel 2010, in accordo con i comuni interessati, l'Archivio di Stato ha rinnovato la propria collezione digitale promuovendo una campagna di digitalizzazione ad alta risoluzione delle proprie mappe, che ha di fatto inaugurato il progetto Web C.A.R.T.E..
Le mappe di ciascuna serie furono originariamente rilevate e disegnate in modo indipendente per i singoli comuni censuari. Esse sono inoltre costituite da più fogli componibili, il cui numero risulta naturalmente funzione della dimensione di ogni comune. Le mappe digitalizzate hanno subito una duplice fase di pre-processamento geometrico. Per ciascun comune censuario e per ciascuna serie catastale, i fogli di mappa sono stati anzitutto mosaicati in un'unica immagine. Le mappe mosaicate così ottenute sono state quindi georeferenziate mediante l'applicazione di un modello polinomiale, il cui ordine ottimale è stato di volta in volta determinato mediante procedure statistiche (Brovelli et al., 2012). La valutazione dei risultati della georeferenziazione ha permesso inoltre di determinare quantitativamente l'accuratezza di ogni mappa, necessaria per le fasi successive di documentazione mediante metadati ed inserimento in sistemi GIS.

Geocatalogo di metadati
Entrambe le tipologie di dati disponibili, vale a dire i singoli fogli di mappa digitalizzati e le mappe mosaicate georeferenziate, richiedono una catalogazione in termini di metadati. Come già anticipato in precedenza, attualmente esistono due standard italiani attinenti al contesto di cartografia storica.
Il primo, che rappresenta una personalizzazione italiana dello standard ISO 19115:2003 *Geographic Information - Metadata*, è stato definito nel 2006 dal CNIPA (Centro Nazionale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione), oggi divenuto DigitPA (Ente nazionale per la digitalizzazione della Pubblica Amministrazione). Viene in particolare fissato un insieme minimo di metadati (*Core Metadata*) da utilizzare per la documentazione dei dati territoriali (tra cui anche le mappe storiche) nel Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT). I *Core Metadata* sono raggruppati in campi, che forniscono informazioni su: metadati, identificazione dei dati, vincoli dei dati, qualità dei dati (cioè l'accuratezza posizionale della mappa), sistema di riferimento dei dati, provenienza e processo di produzione dei dati, distribuzione dei dati (CNIPA, 2006). Secondo lo standard CNIPA, inoltre, ciascun insieme di dati è concepito in maniera gerarchica ed i metadati sono applicabili a tre livelli:

dataset, serie (cioè aggregazioni di dataset con caratteristiche comuni) e sezioni (cioè sottoinsiemi di dataset che a loro volta condividono qualche proprietà). Le serie si riferiscono perciò a prodotti completi, i dataset a unità distinte che formano le serie e le sezioni alle unità minime di fornitura del prodotto. Tale schema, del tutto generale, va personalizzato in funzione della tipologia di dati da documentare. Nel caso in esame, ciascuna produzione catastale (Teresiano, Lombardo-Veneto, ecc.) è stata catalogata come serie, mentre le mappe mosaicate e georeferenziate di ciascun comune sono state documentate come dataset (facenti capo alla serie che ne definisce il catasto di appartenenza).
Per quanto concerne invece i singoli fogli di mappa (digitalizzati ma non georeferenziati), la scelta non è stata di considerarli come sezioni (il cui dataset condiviso fosse il comune di appartenenza). Tale tipologia di dati, consistendo in immagini digitali, rientra infatti nel contesto di applicazione del secondo standard italiano, definito dall'ICCU (Istituto Centrale per il Catalogo Unico delle biblioteche italiane e per le informazioni bibliografiche) allo scopo di uniformare le modalità di preservazione e gestione dei documenti antichi custoditi nelle istituzioni culturali italiane (ICCU, 2006a). Lo standard, denominato MAG (Metadati Amministrativi e Gestionali), definisce un set di metadati nella sintassi XML; è uno standard aperto, liberamente disponibile ed indipendente dalla piattaforma hardware e software (ICCU, 2006b). Lo schema MAG è formato da tre diverse sezioni, la più importante delle quali comprende i metadati descrittivi e fa uso dello standard internazionale Dublin Core. Questo, composto da soli 15 elementi, risulta oggi lo standard di metadati più diffuso a livello mondiale grazie alla sua semplicità e flessibilità.
Per realizzare il geocatalogo web dell'Archivio di Stato di Como, si è fatto ricorso a GeoNetwork Opensource. Si tratta di uno strumento free e open source che implementa un numero notevole di standard di metadati, protocolli e servizi web. In particolare, GeoNetwork supporta sia lo standard ISO 19115 che lo standard Dublin Core. Supporta inoltre il protocollo CSW (*Catalog Service for the Web*) dell'OGC (Open Geospatial Consortium), utile per poter accedere ai metadati delle mappe storiche direttamente dal WebGIS realizzato, come sarà mostrato nel seguito. Sfruttando la natura a codice aperto del software, i profili di metadati ISO e Dublin Core sono stati inizialmente tradotti in italiano e personalizzati secondo le indicazioni, rispettivamente, del CNIPA e dell'ICCU. Mediante un'interfaccia semplice ed intuitiva, il geocatalogo realizzato permette così agli utenti di ricercare, accedere e gestire i metadati delle mappe storiche in maniera pratica ed immediata.

Visualizzazione web 2D
La visualizzazione bidimensionale delle cartografie storiche georeferenziate è stata ottenuta grazie all'implementazione di due WebGIS: il primo, tradizionale, per PC, ed il secondo per piattaforme mobili (tablet, smartphone, ecc.). In entrambi i casi, le mappe sono state pubblicate sul web tramite il servizio WMS (*Web Map Service*) dell'OGC facendo ricorso lato-server al software MapServer, anch'esso free e open source.
Il client per computer è stato realizzato allo scopo di consentire un agevole confronto sia tra mappe storiche appartenenti a serie catastali diverse, sia tra una mappa storica e la cartografia moderna. Si è scelto in questo caso l'utilizzo di MapFish, applicazione JavaScript che combina OpenLayers per la gestione dei dati geografici, ExtJS per la personalizzazione delle pagine web e GeoExt per lo sviluppo di applicazioni *web mapping* avanzate. Il client così costruito si compone di due finestre per la visualizzazione dei dati geografici e di un menu, sulla sinistra, per la gestione dei layer delle finestre stesse (Figura 1). Più nel dettaglio, tale menu contiene una lista dei comuni con le rispettive mappe catastali, che l'utente è libero di accendere, spegnere e visualizzare al livello desiderato di trasparenza. Nei due pannelli, le mappe catastali selezionate vengono sovrapposte alla cartografia di base di OpenStreetMap. Il confronto tra dati geografici differenti visualizzati nelle due finestre è agevolato dalle loro barre degli strumenti. Agendo sulla barra del primo pannello, in particolare, si navigano simultaneamente i contenuti delle due finestre: in altre parole, una richiesta di zoom o pan produce il medesimo risultato su entrambi i pannelli. Viceversa, la barra degli strumenti del secondo pannello permette di navigare esclusivamente la mappa rappresentata in esso. Un apposito comando consente inoltre, come mostra nuovamente la Figura 1, di allineare esattamente i due pannelli sulla

stessa area geografica. Dal menu dei layer è inoltre possibile, mediante una richiesta CSW, accedere direttamente ai metadati delle mappe storiche, visualizzati in una finestra pop-up che contiene anche il link alla corrispondente pagina del geocatalogo.



Figura 1. Visualizzazione di una mappa del Catasto Teresiano (a sinistra) e del Catasto Lombardo-Veneto (a destra) nel client per PC.

Tramite un link interno al client è possibile accedere ad una seconda applicazione, che visualizza le mappe storiche sovrapposte al panorama di Google Street View. Questa pagina, sviluppata con le librerie GeoExt, consiste nuovamente in un menu per la gestione dei layer e in due pannelli per la visualizzazione dei contenuti geografici (Figura 2). La mappa selezionata nel menu è rappresentata nel primo pannello, con un livello prefissato di trasparenza e sovrapposta alla cartografia stradale di Google di cui sia disponibile il panorama. Cliccando su una di queste strade, il relativo panorama viene visualizzato nel secondo pannello e la sua navigazione (intesa sia come moto planimetrico lungo una strada, sia come cambio di orientamento) si attiva. L'utilità dell'applicazione risiede nella possibilità di confrontare direttamente e realisticamente lo stato di preservazione nel tempo degli edifici storici rappresentati nelle mappe.

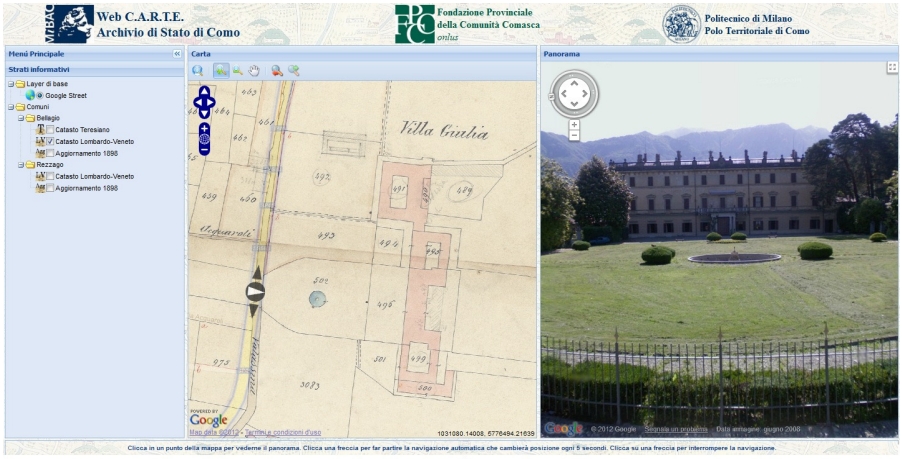


Figura 2. Mappa del Catasto Lombardo-Veneto e relativo panorama di Google Street View.

Il secondo client, come detto, è stato specificamente sviluppato per dispositivi mobili (quali tablet, smartphone, ecc.). Per la sua realizzazione è stato nuovamente impiegato OpenLayers (le cui ultime versioni rendono disponibili nuovi comandi di navigazione corrispondenti a eventi *touch*) insieme alle librerie jQuery per la costruzione grafica delle pagine web. Il client si compone in questo caso di un singolo pannello con un menu nella parte sottostante (Figura 3).
Il comando *Localizza* permette di visualizzare sulla mappa la posizione stimata del dispositivo. Con il comando *Layer* si accede all'usuale lista delle mappe storiche disponibili, servite di nuovo come WMS da MapServer; la richiesta dei metadati (sempre tramite il protocollo CSW), la selezione del livello di trasparenza e lo zoom all'estensione del layer sono invece accessibili dal menu *Proprietà Layer*. Il comando *Cerca* esegue la ricerca di una data località sulla mappa, mentre *Info* fornisce una serie di informazioni sull'applicazione. Il client, che rappresenta un prototipo di applicazione *web mapping* per dispositivi mobili, è stato testato con successo su dispositivi Android ed Apple iOS (iPhone e iPad).



Figura 3. Visualizzazione di una mappa del Catasto Teresiano nel client per dispositivi mobili.

Visualizzazione web 3D
La visualizzazione in tre dimensioni delle mappe catastali è stata ottenuta mediante l'utilizzo del già citato globo virtuale open source NASA World Wind, inserendo in modo particolare un Applet Java all'interno di una pagina html accessibile dal precedente client 2D. Il software rende disponibile di default un insieme predefinito di layer, che includono immagini satellitari (Landsat 7, Blue Marble, ecc.) e modelli digitali del terreno (SRTM, ASTER, USGS NED, ecc.), serviti dinamicamente come WMS dalla NASA e dall'USGS (*United States Geological Survey*). Il World Wind Java Software Development Kit (WWJ SDK) fornisce inoltre la possibilità di integrare la tecnologia World Wind all'interno di qualunque applicazione Java, personalizzando così il sistema in funzione delle proprie esigenze.
Nel caso in esame, le mappe storiche sono prelevate nuovamente come layer WMS dal medesimo server già utilizzato nel caso 2D. Esse vengono quindi sovrapposte, sul globo virtuale, all'ortofoto nazionale (con risoluzione del pixel di 0.5 m) e al DTM della Regione Lombardia (con risoluzione a terra di 20x20 m). Come mostrato in Figura 4, gli utenti possono navigare tridimensionalmente le mappe e visualizzare in modo dinamico l'informazione posizionale, ovvero l'altitudine del punto di osservazione e la latitudine, longitudine e altezza del corrispondente punto sul globo. Al fine inoltre di semplificare l'analisi delle mappe catastali oggetto del lavoro, si è scelto di introdurre una barra temporale che, garantendo la possibilità di una navigazione nel tempo delle cartografie disponibili, rende di fatto il sistema 4-dimensionale. Premesso infatti che ad ogni mappa sia associata la relativa datazione, il software è in grado di sincronizzare la loro visualizzazione con l'istante temporale che

un apposito cursore specifica sulla barra. Selezionando cioè una certa epoca storica sulla barra, tutte le mappe di produzione antecedente a quell'epoca vengono automaticamente rappresentate; l'ordine di visualizzazione prevede che ciascuna mappa giaccia al di sopra di quelle ad essa anteriori. Questa navigazione 'temporale' (basata cioè sull'epoca storica in cui ciascuna mappa è nata) integra quella semplicemente spaziale (basata cioè sul comune di appartenenza) descritta nel caso 2D. Grazie ad una seconda barra, inoltre, gli utenti possono nuovamente regolare il livello di trasparenza delle cartografie visualizzate: ciò assicura la possibilità di un confronto diretto, anche in ambiente 3D, sia tra mappe catastali diverse che tra una mappa catastale e l'ortofoto attuale.

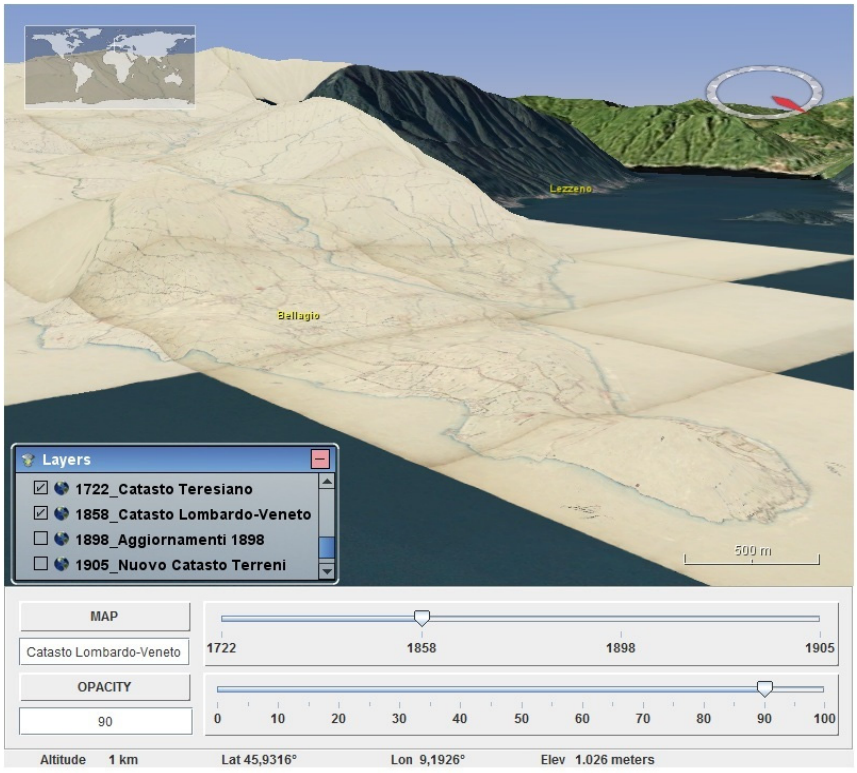


Figura 4. Visualizzazione 3D di una mappa del Catasto Lombardo-Veneto.

Conclusioni

Lo studio ha sperimentato l'utilizzo di software free e open source nel contesto della pubblicazione online di cartografia storica. Nell'ambito del progetto Web C.A.R.T.E. (Web Catalogo e Archivio delle Rappresentazioni del Territorio e delle sue Evoluzioni), l'implementazione di tali tecnologie è stata finalizzata alla realizzazione di un sistema completo per valorizzare il patrimonio cartografico conservato presso l'Archivio di Stato di Como.

Dapprima è stato realizzato un WebGIS per la visualizzazione bidimensionale delle mappe storiche. Rispetto alle molteplici applicazioni simili esistenti in letteratura, la differenza più considerevole è data dalla presenza di un geocatalogo web dedicato, che raccoglie i metadati delle mappe catastali e ne offre un'agevole consultazione. I metadati sono conformi agli attuali standard italiani relativi alla cartografia storica (CNIPA, 2006; ICCU, 2006b): in modo particolare, l'applicazione dello standard CNIPA rappresenta una novità rispetto alla letteratura, che spesso considera le mappe antiche come mera documentazione archivistica e non, invece, come veri e propri dati geografici. L'impiego del protocollo CSW, che fornisce agli utenti un accesso ai metadati contestuale alla navigazione delle

mappe, connette direttamente il WebGIS al geocatalogo conferendo al sistema un grado elevato di interattività. Una seconda applicazione, sfruttando il panorama di Google Street View, offre invece la possibilità di analizzare lo stato di preservazione nel tempo degli edifici storici.
La visualizzazione 2D delle mappe catastali è stata quindi estesa ai dispositivi mobili, mantenendo invariata la parte server del sistema e realizzando un'applicazione ad hoc in grado di navigare i dati cartografici anche con comandi *touch*.
Il sistema è stato infine completato con l'integrazione di un modulo per la visualizzazione 3D delle mappe storiche. Il ricorso ad un globo virtuale open source, che supera le tradizionali soluzioni di natura proprietaria (specialmente Google Earth) ha consentito una personalizzazione integrale del visualizzatore, divenuto perfino 4D grazie all'aggiunta di una barra temporale.
Il sistema realizzato, che attesta la possibilità di utilizzo di software free e open source nel contesto della cartografia storica, offre agli utenti dell'Archivio di Stato di Como modalità di consultazione delle mappe senza precedenti. Gli strumenti interattivi sviluppati, infatti, non solo semplificheranno l'attività degli utenti tradizionali, ma, grazie alla pubblicazione sul web, dovrebbero anche favorire un incremento cruciale della visibilità ed accessibilità del patrimonio cartografico esistente.

Riferimenti bibliografici

Bitelli G., Gatta G. (2011), "Digital Processing and 3D Modelling of an 18th Century Scenographic Map of Bologna", *Advances in Cartography and GIScience. Volume 2*, Springer Berlin Heidelberg, 129-146

Brovelli M. A., Valentini L., Zamboni G. (2011), "Multi-dimensional and multi-frame web visualization of historical maps", *Proceedings of the 2nd ISPRS workshop on Pervasive Web Mapping, Geoprocessing and Services*, Burnaby, British Columbia, Canada

Brovelli M. A., Minghini M., Giori G., Beretta M. (2012), "Web geoservices and ancient cadastral maps: the Web C.A.R.T.E. project", *Transactions in GIS*, 16 (2): 125-142

Buonora P. (2009), "Digitization, online utilization and preservation of cadastral very large format cartography", *e-Perimetron*, 4(3): 192-198

CNIPA (2006), "Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali - Linee Guida per l'applicazione dello standard ISO 19115 *Geographic Information - Metadata*, v. 0.3", Roma, Italia

Contò F., Fanello G., Pillon M. (2009), "An information system for historical Cadastre of Venice", *e-Perimetron*, 4(4): 240-246

Gatta G. (2010), *Valorizzazione di cartografia storica attraverso moderne tecniche geomatiche: recupero metrico, elaborazione e consultazione in ambiente digitale*, tesi di dottorato, Università di Bologna, Italia

ICCU (2006a), *Linee guida per la digitalizzazione del materiale cartografico*, Roma, Italia

ICCU (2006b), *MAG Metadati Amministrativi e Gestionali - Manuale Utente*, Roma, Italia

Minghini M. (2010), *Trasformazioni cartografiche, geocatalogo e servizio web di visualizzazione dei catasti storici di Como*, tesi di laurea, Politecnico di Milano, Italia

Oreni D., Brumana R., Scaioni M., Prandi F. (2010), "Navigating on the past, as a bird flight, in the territorial scale of historical topographic maps. WMS on the "Corografie delle Province del Regno Lombardo-Veneto", for accessing cadastral map catalogue", *e-Perimetron*, 5(4): 194-211

Walker M., Kalberer P. (2010), *Comparison of open source virtual globes*, presentation in FOSS4G 2010, Barcellona, Spagna

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare la Prof.ssa Maria Antonia Brovelli, il Dott. Giorgio Zamboni, l'Ing. Michele Beretta e l'Ing. Gianluca Giori per il significativo contributo nella realizzazione del lavoro. Un ringraziamento particolare va inoltre all'Archivio di Stato di Como, e in particolare alla Dott.ssa Lucia Ronchetti, per la fornitura delle mappe utilizzate nello studio. Il lavoro è stato finanziato dalla Fondazione Provinciale della Comunità Comasca Onlus nell'ambito del progetto Web C.A.R.T.E. (Web Catalogo e Archivio delle Rappresentazioni del Territorio e delle sue Evoluzioni).

Verso una biodiversità diffusa: la rete ecologica della Provincia di Pisa

Francesco Monacci (*), Stefano Cavalli (**), Lorenzo Mini, (***),
Alberto Panicucci (**), Alessandra Sani (****)

(*) Via G. Puccini trav. IV, n. 47, Lucca, 058355550, francesco.monacci@gmail.com
(**) Provincia di Pisa Servizio, Servizio Politiche Rurali, U.O. Forestazione, s.cavalli@provincia.pisa.it
(***) DREAM Italia, Via Enrico Bindi 14, Pistoia, Tel. 0573 365967, mini@dream-italia.net
(****) Via della Zecca 39, Lucca, Tel. 329 6726531, alessandra.sani@tin.it

Riassunto
Il contributo illustra gli esiti di alcune elaborazioni, svolte all'interno del Progetto Transfrontaliero ZOUMGEST *"Zone umide: sistemi gestionali per integrare le attività antropiche e la tutela della natura"*, volte alla costruzione della Rete Ecologica della Provincia di Pisa: analisi sui processi di frammentazione degli ambienti naturali; individuazione delle principali tipologie ambientali di collegamento; individuazione delle specie focali sensibili alla frammentazione; identificazione dei nodi, dei nuclei di connessione e delle matrici di connettività delle reti ecologiche. I risultati del lavoro sono attualmente oggetto di integrazione nel processo di revisione, da parte della provincia, del proprio Piano Territoriale di Coordinamento per quanto riguarda il territorio rurale.

Abstract
This research aims to illustrates the results of some processing, carried out within the project ZOUMGEST "Zone umide: sistemi gestionali per integrare le attività antropiche e la tutela della natura", for the construction of the Ecological Network of the Province of Pisa. The paper shows analysis of habitat fragmentation, the identification of the main types of ecological networks, identification of focal species and the design of ecological network. The results of this work are currently being integrated in the process of review by the province of its Territorial Plan.

Il contesto della ricerca

L'esperienza illustrata si colloca all'interno del processo di revisione del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa (PTCP), per quanto attiene alla disciplina del territorio rurale (Del. C.P. n. 44/ 2011); il piano vigente, approvato nel 2006, conteneva alcune elaborazioni volte a una prima individuazione cartografica di aree ed elementi d'interesse per la connettività ecologica. L'aumento del livello delle conoscenze naturalistiche, assieme ad un mutato quadro normativo e all'esigenza di dare maggiore risalto alle strategie di conservazione della biodiversità e a quelle di riduzione del consumo di suolo, hanno spinto l'Amministrazione Provinciale a rivedere anche la parte del piano che affrontava questi aspetti.
L'aggiornamento del PTCP si è reso possibile anche grazie agli esiti del Progetto Transfrontaliero ZoumGest *"Zone umide: sistemi gestionali per integrare le attività antropiche e la tutela della natura",* a cui la provincia ha partecipato nel periodo 2009-2012[(1)]. Il progetto aveva quale obiettivo generale quello di sviluppare un modello di gestione sostenibile delle zone umide, che fosse in grado di integrare la tutela della biodiversità, con le attività economiche a vario titolo ad esse collegate, dalla agrozootecnia, alla pesca, al turismo. Per quanto riguarda le tematiche affrontate dalla Provincia di Pisa, l'attenzione si è concentrata sui rapporti tra sviluppo rurale e conservazione delle zone umide. In seno a questa filone di attività, l'amministrazione ha avviato alcune indagini conoscitive di approfondimento sui valori naturalistici presenti tra cui un censimento ed una

caratterizzazione naturalistica di una buona parte di piccole zone umide di natura artificiale distribuite sul territorio provinciale (Cavalli *et al*., 2012). I risultati di tali studi hanno permesso, tra le altre cose, di formulare alcune prime elaborazioni sulla connettività ecologica mostrando come, anche in contesti a forte urbanizzazione e in ambiti apparentemente poveri di naturalità, esistesse una biodiversità diffusa che, con opportuni interventi di miglioramento ambientale, poteva essere valorizzata. Alla luce di questi primi esiti e in concomitanza con il processo di revisione del PTCP, si è pertanto ritenuto utile estendere le elaborazioni sulla connettività ecologica svolte per le zone umide anche agli ambienti forestali, alle aree agricole e alle aree aperte, costruendo un nuovo progetto di rete ecologica per il territorio provinciale.

Presupposti teorici al concetto di rete ecologica

Sebbene esistano studi sulle interazioni tra gli organismi già a partire dalla seconda metà dell'Ottocento lo sviluppo del concetto di rete ecologica a scala di paesaggio è piuttosto tardo a formarsi a livello disciplinare proprio per la difficoltà di misurare tali interazioni in modo scientifico. Negli ultimi decenni però, grazie al miglioramento delle metodologie di analisi in campo ecologico ma anche grazie all'applicazione delle tecnologie dell'informazione geografica a tale settore disciplinare, gli sviluppi nello studio e nella progettazione d'interventi per il miglioramento della connettività ecologica stanno conoscendo un notevole sviluppo. Gli ambiti preferenziali di sperimentazione di tali strumenti sono rappresentati non solo dai contesti naturalistici maggiormente conservati (aree protette e siti della Rete Natura 2000), ma anche da tutti quegli ambiti in cui i processi di antropizzazione, di trasformazione degli usi dei suoli e gli effetti dovuti ai cambiamenti climatici sono più intensi (Bersier, 2007).

Il concetto di metapopolazione (insieme di popolazioni diffuse che all'interno di un'area geografica interagisce attraverso flussi d'individui) sostiene che specie animali e vegetali, distribuite in modo disomogeneo sul territorio, se analizzate singolarmente possono essere soggette a fenomeni di estinzione dovute a processi naturali o a condizionamenti causati dalle attività antropiche; il processo di estinzione può essere arginato se gli individui di altre popolazioni locali possono interagire tra di loro (Levins, 1969). Questo concetto, accompagnato alle teorie della biogeografia insulare (McArthut & Wilson, 1967) applicata ad ambienti terrestri, ha portato alla sperimentazione dei primi studi d'individuazione e costruzione di corridoi ecologici.

Il modello di rete adottato

Nel panorama italiano le esperienze di costruzione di reti ecologiche trovano spazio in molti contesti pianificatori (piani paesaggistici regionali, piani dei parchi, piani territoriali di coordinamento provinciale e piani urbanistici comunali); ne emerge un quadro di forte sperimentazione dovuto sia ai riferimenti legislativi differenziati nelle varie regioni sia a presupposti teorici differenti (Guccione e Schilleci, 2010). In Toscana una specifica legge sulla biodiversità (L.R. 56/2000), riconosce le aree di collegamento ecologico funzionale quali strumenti di primaria importanza per la conservazione della fauna e della flora, assegnando agli strumenti di governo del territorio di livello regionale e provinciale il compito di individuare tali unità e di predisporre idonee forme di gestione.

Il progetto della rete ecologica della Provincia di Pisa ha adottato un modello di rete definito "rete per la conservazione della biodiversità" (Malcevschi, 2010). La rete, o meglio le reti relative a ciascuna tipologia ambientale, si pongono come obiettivo quello della conservazione degli elementi naturalistici, non necessariamente coincidenti con il sistema delle aree protette e con i siti della Rete Natura 2000. In questo tipo di approccio, la struttura della rete ecologica prevede: una serie di aree centrali o nodi ad alto valore di biodiversità, dove vengono mantenute popolazioni sostenibili (*core areas*); nuclei di connessione che pur non presentando caratteristiche tali da farli assurgere al ruolo di nodi svolgono un ruolo di connessione importante (*stepping stones*); matrici di connessione, ovvero aree di notevole superficie, che pur presentando condizioni di frammentazione alta e assetto strutturale non idoneo garantiscono un buon livello di connessione ecologica.

I materiali utilizzati

Per la realizzazione della rete ecologica, mancando elaborazioni specifiche sul valore naturalistico del territorio provinciale e, in particolare una cartografia della vegetazione e degli habitat presenti, è stata scelta, come riferimento di base omogeneo per tutto il territorio, la cartografia tematica di uso del suolo, elaborata dal Consorzio LaMMA alla scala 1: 10.000 per conto della Regione Toscana, attraverso fotointerpretazione di foto aeree del 2007. Tale archivio adotta un sistema di classificazione tipo *Corine Land Cover* fino al terzo livello, mentre per il quarto livello sono state create apposite voci di legenda.

Per meglio estrapolare le unità ecosistemiche delle reti, la carta di uso del suolo è stata modificata attraverso alcune elaborazioni originali: (i) fotointerpretazione su foto aeree AGEA 2010, al fine di dettagliare maggiormente le aree aperte e gli affioramenti rocciosi, per i quali si è proceduto anche alla consultazione della nuovo *continuum* geologico regionale in scala 1: 10.000; (ii) integrazioni sulle zone umide scaturite dal progetto Zoumgest (revisione delle voci di legenda e delle geometrie); (iii) creazione di un nuovo livello di legenda per i boschi di latifoglie igrofili planiziali, attraverso fotointerpretazione e consultazione dei contributi esistenti in letteratura.

Metodologia

Il processo d'individuazione delle varie unità funzionali delle reti ecologiche ha optato per una metodologia quanto più possibile coerente con la Del. G.R 1148/2002, che specifica le modalità tecniche di costruzione delle reti ecologiche previste dalla L:R 56/2000 all'art. 10, con il manuale redatto da APAT e INU (2003) e con le più recenti esperienze di costruzione di reti ecologiche all'interno di strumenti di pianificazione.

Individuazione delle tipologie ambientali di collegamento

Attenendosi a quanto previsto dalla Del. G.R. 1144/2002, l'attenzione della ricerca è stata rivolta a tre principali tipi di aree di collegamento ecologico, la cui individuazione è scaturita da un processo di sintesi e accorpamento delle categorie elencate nella delibera stessa: la rete dei boschi, che comprende le reti dei boschi maturi e delle aree boscate con funzioni di collegamento citate nella delibera; la rete delle aree aperte, che contiene la rete delle praterie e delle radure, la rete dei corridoi aperti tra dorsali e fondovalle e rete dei muretti a secco riportate nella delibera; la rete delle zone umide, che include la rete delle zone umide, la rete delle pozze e delle altre piccole raccolte d'acqua a cielo aperto, indicate nella delibera.

Sarebbe auspicabile, comunque, un approfondimento sulle altre reti e, in particolare, su quella dei corsi d'acqua, delle cavità ipogee e dei sistemi dunali costieri.

Specie focali

Nell'ambito della biologia della conservazione per specie focali si intendono quelle specie o gruppi di specie che identificano un ambito di esigenze spaziali e funzionali in grado di comprendere efficacemente quelle di tutte le altre specie dell'area esaminata (Lambeck, 1997). Tra i diversi *taxa* presenti in Provincia di Pisa la scelta è caduta principalmente sugli uccelli e, in secondo luogo, su anfibi e rettili. La scelta di studiare la distribuzione spaziale degli uccelli e di utilizzarli come "strumenti" per la comprensione degli ecosistemi, deriva da due ordini di considerazioni. La prima riguarda il fatto che gli uccelli costituiscono una componente fondamentale di tutti i sistemi terrestri e sono anche ottimi indicatori delle caratteristiche di integrità e complessità dell'ambiente ove si rinvengono (Furness e Greenwood, 1991). La seconda considerazione discende dalle conoscenze sull'avifauna della provincia che indicano un popolamento ornitico molto ricco e diversificato.

Le specie sono state scelte in base alle indicazioni contenute nella D.G.R.T. 1148/2002, nella L.R. 56/2000, nel Piano di Azione Regionale per la Conservazione della Biodiversità in Toscana, in corso di ultimazione, e alla consultazione della documentazione scientifica in merito. Per la rete dei boschi sono state individuate le seguenti specie: *Certhia brachydactyla, Dendrocopos major, Sitta europaea, Turdus philomelos* (uccelli); *Rana italica, Salamandrina terdigitata* (anfibi); *Martes martes, Eliomys quercinus, Muscardinus avellanarius* (mammiferi). Per la rete delle aree aperte

(agroecosistemi): *Bufo viridis* (anfibi); *Alauda arvensis, Circaetus gallicus, Circus pygargus, Emberiza hortulana, Falco tinnunculus, Lanius collurio, Lanius senator, Lullula arborea, Caprimulgus europaeus, Anthus campestris* (uccelli). Per la rete delle aree aperte (aree rocciose): *Falco peregrinus, Monticola solitarius, Monticola saxatilis, Oenanthe oenanthe* (uccelli). Per la rete delle zone umide: *Locustella luscinioides (*pesci), *Circus aeruginosus* (uccelli), *Bufo viridis, Hyla intermedia, Emys orbicularis, Triturus carnifex, Rana dalmatina* (anfibi).

Individuazione delle unità funzionali delle reti ecologiche

Per ciascuna tipologia ambientale (rete dei boschi, delle aree aperte, delle zone umide) la ricerca si è impegnata nel definire i nodi primari e secondari delle reti, i nuclei e le matrici di connessione.

Per l'individuazione dei nodi (*core areas*) delle singole reti il gruppo di lavoro ha optato per un doppio percorso di riconoscimento: uno in base all'identificazione di ambiti in cui fossero presenti segnalazioni circa le specie focali scelte per ciascuna tipologia ambientale (valore reale) e un secondo in base alla potenziale idoneità (*habitat suitability*) di certe aree ad ospitare una o più specie focali, sempre relativamente ad ogni tipologia ambientale (Boitani *et. al*., 2002).

Per l'analisi del valore reale sono stati utilizzati i seguenti archivi di segnalazioni[(2)]: (i) Repertorio Naturalistico Toscano (RE. NA.TO.), un archivio georeferenziato di tipo areale e puntuale, promosso dalla Regione Toscana, in cui è riportato l'insieme delle segnalazioni di specie vegetali ed animali di interesse conservazionistico presenti in Toscana e desunte da informazioni bibliografiche e di campo; (ii) Progetto Mito2000, un *dataset* puntuale, promosso dal Ministero dell'Ambiente e dalla LIPU, in cui sono riportate le segnalazioni di uccelli nidificanti; (iii) Osservatorio Naturalistico della Provincia di Pisa, un catalogo georeferenziato di dati puntuali, promosso dalla Provincia di Pisa in collaborazione con l'Università di Pisa [(3)], in cui sono riportate dati di presenza su anfibi, rettili, mammiferi, uccelli ed insetti segnalati in specifiche "aree di interesse ambientale " nella porzione centro-meridionale della provincia di Pisa; (iv) dati raccolti all'interno del Progetto ZoumGest da parte del Museo di Storia Naturale e del Territorio dell'Università di Pisa e posizionati geograficamente dal gruppo di lavoro sulle reti ecologiche.

Come prima operazione si è provveduto ad estrarre tutte le segnalazioni relative alle specie guida prescelte e a eliminare, dalle informazioni provenienti dall'archivio RE.NA.TO., tutte quelle con areale troppo ampio (poligoni coincidenti a interi territori comunali e poligoni con superficie maggiore di 1500 metri [(4)]).

Per omogeneizzare le segnalazioni di specie focali provenienti dai vari *database* si è scelto, poi, di riportare le informazioni su una griglia vettoriale di forma esagonale con area della cella pari a 100 ettari di lato, in cui ogni unità elementare riporta la presenza/assenza di segnalazioni. La dimensione dell'area della cella pari a 100 ettari, dopo una serie di tentativi nei vari settori geografici del territorio provinciale, è stata giudicata quella più idonea rispetto ad una serie di considerazioni: in prima battuta si è dimostrata efficace sia quale soglia sufficiente per descriver i principali *home range* delle specie focali considerate; in seconda battuta tale soglia è stata giudicata idonea per i dati di uso del suolo utilizzati nei successivi passaggi metodologici ed, infine, questo valore appare adatto per descrivere le varie unità funzionali delle reti alla scala provinciale.

Le informazioni sulla presenza di segnalazioni di specie focali sono state, poi, attribuite, tramite operazioni di *overlay mapping*, alle classi di uso del suolo riferibili ad ogni tipologia ambientale [(5)], in modo da riportare l'informazione su una cartografia tematica di maggiore dettaglio e topologicamente coerente con la Carta Tecnica Regionale.

Infine, attraverso tecniche e metodologie tipiche dell'Ecologia del Paesaggio (Farina, 2001), si è proceduto a una valutazione della dimensione strutturale dell'ecomosaico, in modo da tenere in considerazione la forma e la dimensione delle singole *patch* che compongono i nodi della rete ecologica (Bernetti e Chirici, 2005; Barbati e Chirici, 2009).

Quest'ultima operazione è stata effettuata tramite quattro differenti passaggi. Il primo ha visto l'utilizzo di strumenti di generalizzazione cartografica di elementi poligonali attraverso la quale si è provveduto ad accorpare tra di loro poligoni posti ad una distanza minore di 100 metri e a eliminare,

all'interno dei poligoni, tutti i "buchi" con superficie minore di 2 ettari. Il secondo è consistito in analisi di *core area buffer distance*: quest'operazione consta, a partire da un poligono dato, nel ricavare un secondo poligono, interno al primo, con una distanza dal bordo pari a 100 metri. Il terzo passaggio ha visto, a partire dal risultato del precedente passaggio, la creazione di *buffer* di 100 metri intorno ai poligoni e l'eliminazione di tutti quelli con superficie minore di 20 ettari. Infine si è provveduto a ripetere l'operazione di generalizzazione cartografica ma con valori di distanza pari a 250 metri e di eliminazione di buchi con superficie minore di 100 ettari.
Per l'analisi dell'idoneità potenziale si è proceduto ad attribuire ai poligoni di uso del suolo dei punteggi di idoneità: in altre parole, sulla base di esperienze condotte a livello nazionale (Boitani *et al*., 2002), si è misurato quanto ciascuna specie focale predilige come sito di alimentazione e riproduzione una determinata classe di uso del suolo. Tale valutazione è stata condotta su una scala di valori tra 0 (non idoneo) e 3 (alta idoneità).
Una volta riclassificato il tematismo di uso del suolo rispetto all'idoneità potenziale di tutte le specie focali scelte, si è provveduto alla formulazione di un giudizio sintetico, attraverso il calcolo della media d'idoneità fra tutte le specie relative a ciascuna tipologia ambientale.
Successivamente sono stati estratti tutti quei poligoni di uso del suolo con punteggio medio alto (maggiori o uguali a 2,8, in una scala da 0 a 3), incrementando di un valore pari al 10% tutte quei poligoni che ricadevano all'interno di Aree Protette, di siti della Rete Natura 2000 e in territori del Patrimonio Agricolo Forestale Regionale. Un'ulteriore operazione, analoga a quella condotta per l'identificazione del valore reale, è stata infine condotta per tenere in considerazione la dimensione strutturale della rete ecologica, ovvero l'estensione, la forma e il conseguente livello di frammentazione spaziale dei possibili nodi della rete.
Una volta terminate le operazioni descritte si è proceduto alla sovrapposizione dei tematismi relativi ai nodi provenienti dell'analisi sul valore reale e a quelli emersi dallo studio sull'idoneità potenziale. Le *core areas* individuate sono state in seguito cartografate con maggiore dettaglio, fotointerpretando i poligoni ottenuti su una ripresa aerea recente e correggendo gli errori topologici più evidenti, dovuti alle operazioni di generalizzazione. Infine, limitatamente alla rete dei boschi, i nodi sono stati gerarchizzati in primari e secondari, a seconda che ricadessero all'interno di Aree Protette, siti della Rete Natura 2000, istituti faunistici a divieto di caccia o del Patrimonio Agricolo Forestale Regionale; questa condizione è stata giudicata un buon parametro per una valutazione speditiva del grado di disturbo a carico delle funzioni ecologiche dell'unità funzionale, quali ad esempio l'esercizio venatorio, la gestione selvicolturale, le fonti di disturbo di origine antropica o la presenza in aree limitrofe di agricoltura di tipo intensivo.

Per l'individuazione dei nuclei di connessione delle singole reti (*stepping stones*) si è proceduto in maniera analoga a quanto avvenuto per i nodi, integrando i risultati delle analisi con specifiche informazioni desumibili da indagini di dettaglio condotte sul campo. Infine sono state individuate, attraverso opportune *query* sulla copertura del suolo modificata, le matrici di connessione di ciascuna rete ecologica. Relativamente a queste unità funzionali è stata posta particolare attenzione alla rete delle aree aperte, dove la matrice agroecosistemica è stata suddivisa in primaria o secondaria a seconda del valore di biodiversità presente; tale giudizio è formulato sulla base della presenza di segnalazioni di specie focali relative a questa tipologia di rete (in particolare l'ornitofauna); sulla base della presenza di istituti di protezione; e su alcune operazioni di fotointerpretazione volte a individuare tutte quelle aree contraddistinte da ex paesaggi agrari di impianto tradizionale con presenza di siepi, boschetti, filari e sistemazioni di versante.

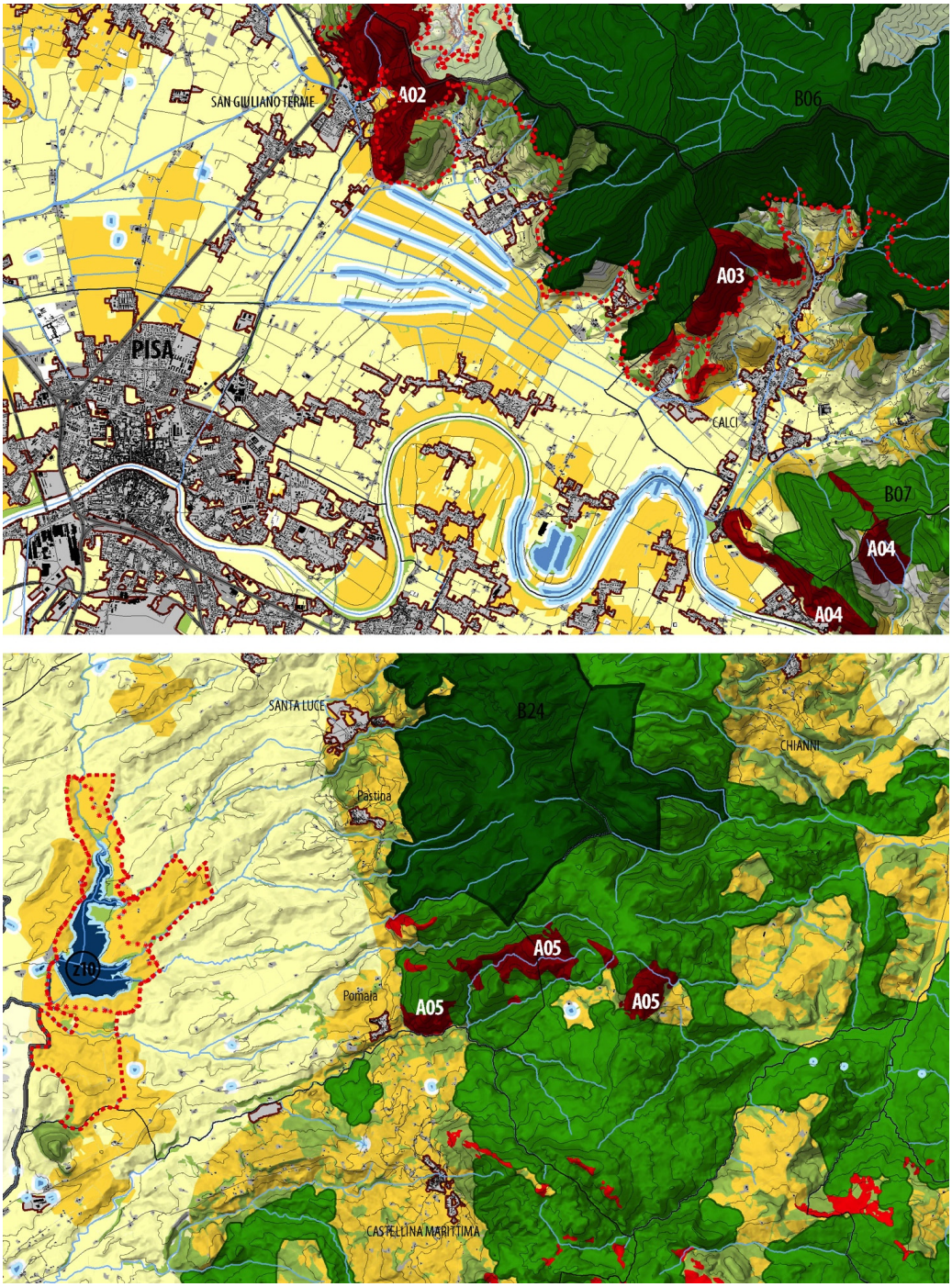


Figura 1. Estratti della carta di sintesi delle reti ecologiche della Provincia di Pisa.
Nei toni del verde le unità funzionali della rete dei boschi, in quelli del rossole unità delle aree aperte - ambienti rocciosi e aree calanchive –in quelli del blu le unità delle zone umide).

La carta delle reti ecologiche

Il processo metodologico esposto ha portato alla costruzione di tre singole reti ecologiche (boschi, aree aperte, zone umide), per le quali sono state costruite altrettante cartografie.

La rete dei boschi è formata da 14 nodi primari e 11 nodi secondari, distribuiti principalmente nel settore costiero, nei rilievi del Monte Pisano e delle Cerbaie e nella porzione centro-meridionale del territorio provinciale. Le elaborazioni mostrano: il livello piuttosto alto di frammentazione ambientale a carico delle aree forestali delle Colline Pisane; alcuni ambiti collinari dell'Alta Valdera dominati dalle monocolture cerealiche che agiscono come barriere nella connessione dei nodi della rete dei boschi e l'assenza, nelle aree planiziali del Valdarno (al di fuori del Parco Regionale Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli), di nodi e nuclei di connessione. Quest'ultimo ambito, caratterizzato da usi del suolo ostili alla permeabilità ecologica (aree urbanizzate, infrastrutture, aree agricole intensive, grandi corsi d'acqua), comporta un basso livello di connettività che, di fatto, determina una cesura tra i sistemi naturali a nord e quelli a sud dell'Arno.

Per quanto riguarda la rete delle aree aperte le elaborazioni mostrano la presenza di nodi e nuclei di connessioni di dimensioni piuttosto piccole, che si distinguono per la loro particolare geologia e/o geomorfologia e perché accolgono, al proprio interno, elementi di elevato interesse conservazionistico. I nodi individuati ammontano a 14, 8 caratterizzati da ambienti con diffusi affioramenti rocciosi e 5 che includono aree calanchive. I primi si localizzano sui Monti d'Oltreserchio, lungo le pendici meridionali del Monte Pisano e nel settore centro-meridionale (dorsale di Castellina, Cornocchio e Colline metallifere). I secondi si rintracciano, come insiemi di aree disgiunte, nel settore centrale e centro-orientale della provincia tra la Val d'Era e la Val di Cecina. La matrice agroecosistemica di connessione delle aree aperte, e in particolare quella primaria, si distribuisce, nei contesti planiziali, in aree bonificate (Cascina, Bientina, Coltano). Negli ambiti collinari e di media montagna la matrice è rintracciabile in aree con presenza di attività agricole estensive, mentre nelle aree delle colline argillose è caratterizzata da contesti agricoli ed ex pascoli nei quali si ritrovano forme erosive a calanchi.

Infine per quanto concerne la rete delle zone umide si ritrovano 12 nodi, tutti primari; otto di questi sono localizzati all'interno del Parco Migliarino San Rossore Massaciuccoli, mentre gli altri si distribuiscono nell'area un tempo occupata dal Lago di Bientina, nella Valle del Fiume Fine e in Val di Cecina. I nuclei di connessione di questa rete sono distribuiti principalmente nella porzione planiziale del Valdarno: tali unità funzionali assumono un ruolo molto importante della rete, svolgendo appieno il loro ruolo di pietre da guado soprattutto per l'ornitofauna e l'erpetofauna. Infine la matrice di connessione è costituita, per questa rete, da ambienti boschivi igrofili e palustri ad elevato valore di biodiversità in grado di garantire la connessione ecologica per le popolazioni sia della rete dei boschi sia della rete delle zone umide. Tali unità sono particolarmente diffuse nel Parco di Migliarino San Rossore e Massaciuccoli e in corrispondenza dei Vallini delle Cerbaie.

Le reti sono state in seguito messe a sistema tra di loro al fine di ottenere un unico elaborato cartografico sintetico che è confluito tra i documenti della revisione del PTCP e che costituisce il riferimento rispetto al quale è costruito l'impianto normativo della disciplina di piano (figura 1).

Conclusioni

La sperimentazione di un metodo scientifico nell'individuazione delle *core areas* e dei nuclei di connessione ha permesso di raggiungere quattro importanti obiettivi. In prima battuta la ricerca ha permesso di valorizzare una tradizione, ormai piuttosto consolidata, di repertori naturalistici, presenti nei Sistemi Informativi istituzionali, mostrando come sia possibile valorizzare tali archivi non solo nella formulazione di corrette politiche di conservazione ma anche come strumenti di analisi ecologica del territorio. In seconda battuta la valutazione operata sulle matrici agroecosistemiche della rete delle aree aperte avvia quel processo tanto auspicato (azioni prioritarie) nel recente Piano regionale per la conservazione della biodiversità in Toscana di individuazione delle Aree agricole ad alto valore naturale (HNVF). In terza battuta l'applicazione della

metodologia proposta ha permesso di riconoscere sul territorio provinciale aree di notevole interesse ambientale, altrimenti difficilmente individuabili. Questo risultato appare di particolare interesse anche in ragione del fatto che le unità funzionali delle reti, solo in parte, risultano sottoposte a qualche istituto di protezione (Aree protette, siti della Rete Natura 2000). Quest'ultimo aspetto è particolarmente evidente nei nodi e nei nuclei di connessione delle zone umide e delle aree aperte, dove una buona parte dei siti è, ad oggi, privo di una idonea disciplina di gestione. La rete ecologica si pone, quindi, come un quadro di sintesi sui valori e sulle criticità ambientali da utilizzare nei percorsi istituzionali d'implementazione del sistema delle aree protette. In ultima battuta i risultati ottenuti suggeriscono come la rete ecologica venga sempre più ad assumere un ruolo strutturante per il futuro assetto del territorio, costituendo una sorta di pre-condizione alla trasformazione del paesaggio.

Note

(1) Il progetto transfrontaliero ZOUMgest ha visto impegnati: la Regione Sardegna (capofila), le provincie di Lucca, Pisa, Carbonia-Iglesias, Oristano, l'Università di Sassari, il Parco Molentargius Saline e il Dipartimento francese Haute Corse.
(2) La segnalazione è un'unità fondamentale che riferisce la presenza di una specie animale e vegetale (o habitat o fitocenosi), in una specifica località, ad una certa data, desunto da una determinata fonte di dati (pubblicazione, dato inedito ecc.).
(3) Hanno partecipato a tale iniziativa il Dipartimento di Biologia per quanto riguarda gli aspetti faunistici ed il coordinamento della ricerca e quello di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema per quanto attiene le indagini floristiche e vegetazionali.
(4) La misura di 1500 metri, quale soglia discriminante per la scelta dell'ampiezza massima da considerare, è stata ritenuta quella ottimale dopo un esame attento della bibliografia specialistica sull'autoecologia delle singole specie.
(5) Per la rete dei boschi le segnalazioni sono state sovrapposte ai poligoni di uso del suolo modificato aventi codici 311, 312, 313, 324; per la rete delle zone umide sono stati considerati i poligoni con codici 411, 412, 421, 512 ed alcuni poligoni a prato o a seminativo, fotointerpretati originalmente e rappresentanti zone soggette a periodi di allagamento durante la stagione invernale; per la rete delle aree aperte sono stati considerati i poligoni con codici 2xxx, 322, 323, 324, 332, 333, 334.

Riferimenti bibliografici

APAT, INU (2003), *Gestione delle aree di collegamento ecologico funzionale*, APAT, Roma

Barbati A., Chirici G. (2009), Analisi della struttura spaziale e pianificazione del paesaggio agro-forestale: prospettive d'integrazione, in: Ciancio O. (ed.), *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura*, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 954-959

Bernetti I., Chirici G., (2005), La rete ecologica del Circondario Empolese-Val d'Elsa: analisi e strumenti di gestione, in *Atti della IX conferenza nazionale ASITA*, Catania, 333-338

Bersier L. F. (2007), A history of the study of ecological networks, in Képès F. (ed.), *Biological Networks*, World Scientific

Boitani L., Corsi F., Falcucci A., Marzetti I., Masi I., Montemaggiori A., Ottaviani D., Reggiani G., Rondinini C. (2002), *Rete Ecologica Nazionale. Un approccio alla conservazione dei vertebrati italiani*, Università di Roma La Sapienza, Roma

Cavalli S., Monacci F., Sani A. (2012), *Zone umide artificiali. Analisi e caratterizzazione dei siti del Valdarno in Provincia di Pisa*, Pisa

Farina A. (2001), *Ecologia del Paesaggio*, UTET, Torino

Guccione M., Schilleci F. (2010), *Le reti ecologiche nella pianificazione territoriale ordinaria. Primo censimento nazionale degli strumenti a scala locale*, Rapporti 116/2010, ISPRA, Roma

Hilty J., Merenlender A. (2000), Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health, *Biological Conservation,* 92: 185-197

Lambeck R. J. (1997), Focal Species: a multi-species umbrella for nature conservation, *Conservation Biology*, 11: 849-856

Levins, R. (1969), "Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control", *Bull. Entomol. Soc. Am*., 15: 237-240

MacArthur, R. H., Wilson, E. O. (1967), *The Theory of Island Biogeography*, Princeton University Press, Princeton

Malcevschi S., (2010), *Reti ecologiche polivalenti. Infrastrutture e servizi ecosistemici per il governo del territorio*, Il Verde Editoriale, Milano

Il catasto francese di Valdieri: da documento storico a risorsa digitale per il territorio

Cristina Monaco

SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione), Corso Castelfidardo 30/A; 10138 Torino,
Tel. 011.19751652, Fax 011.19751122, e-mail cristina.monaco@siti.polito.it

Abstract
La presente ricerca, all'interno del progetto "Conoscenza del patrimonio culturale: identità nella diversità", mira ad approfondire lo studio del catasto francese di Valdieri (1807) in un'ottica di comparabilità transfrontaliera ai fini di una corretta tutela e valorizzazione territoriale. L'analisi si inserisce nel contesto del Piano Integrato Transfrontaliero (PIT) "Marittime Mercantour" che è costituito da sei progetti di cooperazione transfrontalieri singoli capofilati dal Parco Naturale delle Alpi Marittime e dal Parco Nazionale del Mercantour. SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione) sviluppa, come partner di progetto, alcune azioni relative a diverse tematiche principali. La trasposizione del catasto in metafonte (in quanto fonte storica digitalizzata associata ad apparati strutturati), facilmente comparabile con altre che documentano l'assetto attuale del territorio, lo trasforma in risorsa in grado di facilitare la lettura delle trasformazioni del territorio.
La mappa catastale di età napoleonica per masse di coltura del comune di Valdieri, *Dep^t de la Stura/Arrondi^t de Conî/Canton Bourg S^t Dalmas/Plan Geometrique/De la Commune de Vaudier,* si presenta come un caso classico di complessità per la sua trasposizione digitale. In assenza di registri o matrici, il lavoro è stato focalizzato sulla fonte e la base di dati multi tabellare realizzata ha tenuto conto dei dati storici e dei lessici attuali (anche quale strumento indispensabile per il controllo scientifico della trascrizione) ha aperto più di una discussione sull'interpretazione analitica del documento. Operazione critica e interpretativa è il parallelo lavoro di riconoscimento di elementi vettoriali geograficamente definiti all'interno di un GIS (Geographical Information System) rappresentativi del territorio: in particolare sono stati individuati e interpretati le particelle, le acque, le strade e i sentieri, il reticolo di riferimento, gli insediamenti, gli edifici, i cortili, gli spazi di pertinenza e le sezioni.
L'inserimento della metafonte all'interno di un SIT orientato alla gestione attuale del territorio di Valdieri è strumento efficace per rispondere alle necessità di tutela e valorizzazione delle persistenze storiche, dai manufatti sopravvissuti, alle tracce esplicite o latenti ma ben attestate dai documenti.

The present research of the project "Knowledge of the cultural heritage: identity in the diversity" studies the French Cadastre of Valdieri (1807) with the aim of a cross-border comparison for a correct conservation of the territory. This study is part of the project PIT, (Projets Intégrés Transfrontaliers), "Marittime Mercantour" that consist of six individual cross-border cooperation projects and involves two parks as lead partners, Alpi Marittime Natural Parc and Parc National of Mercantour. SiTI (Higher Institute for Territorial Systems and Innovation) develops, as project partner, some actions about different and important themes. In particular, its transformation in a digital source, important for a correct comparison with others that document an actual situation of the territory, becomes a resource that allows us to study the territory transfrormation.

The Napoleonic Cadastre of Valdieri, *Dep^t de la Stura/Arrondi^t de Conî/Canton Bourg S^t Dalmas/Plan Geometrique/De la Commune de Vaudier*, is a complex case for its digitization. The study of the source is focalized exclusively on the Map; the multi-table database realized with a particular care for the historical and actual words (also as an indispensable tool for the scientific control of transcription) has opened more than a discussion on the interpretation of the analytical document. Meanwhile, the identification of vector elements, geographically localized into a GIS (Geographical Information System), like particles, water, roots, reference grid, settlements, buildings, courtyards, sections, is a critical operation.
In the end, the presence of the digital source associated with a GIS about the Valdieri territory, is an effective tool for the protection and valorization of historical buildings.

Introduzione

Il Piano Integrato Transfrontaliero (PIT) Marittime Mercantour si pone all'interno del Programma ALCOTRA 2007 – 2010 e coinvolge oltre al Parco Naturale delle Alpi Marittime e al Parco Nazionale del Mercantour, entrambi capofila di progetto, anche numerosi partner francesi e italiani in un territorio transfrontaliero. Tra questi ultimi, SiTI occupa un ruolo operativo sviluppando molte attività riguardanti quattro dei sei progetti singoli[1]. Lo studio del catasto francese di Valdieri si inserisce all'interno di uno di questi progetti e, in particolar modo, riguarda lo studio dei catasti storici all'interno del progetto "Conoscenza del patrimonio culturale: identità nella diversità".

Descrizione della fonte

Il caso studio affrontato ha riguardato la mappa catastale napoleonica per masse di coltura del comune di Valdieri, meglio citata come *Dep^t de la Stura/Arrondi^t de Conî/Canton Bourg S^t Dalmas/Plan Geometrique/De la Commune de Vaudier*, conservata presso l'Archivio di Stato di Torino[2]. Terminata *le 10 8^bre 1807* dal *geometre en chef Berluc/Michel Corte geom second* si presenta come caso complesso sia per l'incompleta documentazione reperita[3], sia per le difficoltà associate alla sua digitalizzazione[4], sia, anche, per alcuni rappezzi che ne alterano l'aspetto[5].
La mappa, orientata con il Nord verso l'alto, è suddivisa da un reticolo a maglie quadrate di 10 x 10 cm di lato; ogni quadrato è identificato da una lettera, disposta sull'asse delle ascisse, e da un numero, sull'asse delle ordinate[6]. In basso a destra, sotto l'intestazione, è riportata la scala numerica (1:5.000) e la scala ticonica[7]. Il catasto è formato da 6 sezioni[8], ognuna delle quali facilmente

[1] Le tematiche, nelle quale si inserisce l'attività di SiTI, sono molto variegate e hanno come obiettivi: la conoscenza del patrimonio naturale e della biodiversità attraverso un inventario e monitoraggio degli elementi / specie naturali presenti sul territorio (Progetto Inventario Biologico Generalizzato); la conoscenza del patrimonio e dei beni culturali (Progetto Cultura); la gestione del territorio mirata a iniziare un percorso di sviluppo di strumenti di piano relativi alla pianificazione del Parco (Progetto Pianificazione); lo sviluppo dell'area a fini turistici attraverso lo studio dell'area come destinazione per un turismo sostenibile (Progetto Turismo).

[2] Il catasto di Valdieri è conservato presso l'archivio di Stato di Torino con la seguente collocazione: ASTo, Sezioni Riunite, Allegato A, pf. N. 65.

[3] L'Archivio di Stato di Torino conserva solamente la *Mappa* del catasto*,* mentre il *Sommarione* è andato perso.

[4] Il catasto misura 490 x 310 cm ed è costituito da più fogli di carta riuniti e montati su tela. In mancanza di uno scanner in grado di digitalizzarlo interamente, si è provveduto a riprodurlo in 48 immagini ottenute mediante macchina fotografica digitale.

[5] Il catasto, infatti, seppur in buono stato di conservazione, mostra i segni di un restauro passato che ne alterano la forma visiva.

[6] Le lettere vanno dalla A alla Z e proseguono nuovamente dalla A alla L, mentre i numeri, in ordine progressivo, vanno da 1 a 39. Sono entrambi disegnati ad inchiostro, ma riportano, a fianco, il corrispettivo a matita.

[7] «Se la lunghezza della retta di cui cercasi la rappresentativa sulla scala data contenesse parti frazionarie, o viceversa se cercando sulla scala la lunghezza rappresentata da una retta del piano, le punte del compasso aperto di una quantità eguale alla detta retta, non potessero cadere nello stesso tempo una sopra un punto delle divisioni, e l'altra sopra un punto delle suddivisioni, non sarebbe possibile stimare con una scala costrutta come la precedente, se non ad occhio, le

individuabile dal punto di vista geografico; le denominazioni derivano dagli insediamenti o dalle valli presenti differenziate per colori: *Desertetto* in giallo ocra, *Valasco* e *Femma Morta* in rosso, *Culatta* in grigio, *Aiga* in blu, *Coletto* in arancione e *Vaudier* in grigio chiaro. Lungo il perimetro dei limiti comunali sono riportati i nomi delle comunità confinanti[9] ed è possibile ancora riconoscere i segni a matita delle triangolazioni. Il catasto è disegnato a matita e china[10], con pennellate di acquerello per evidenziare alcuni elementi significativi: fiumi e laghi in azzurro, edificato in rosso, strade, sentieri e rilievi in grigio sfumato e spazi di pertinenza dell'edificato in ocra.



Figura 1. Sala per la consultazione della cartografia storica presso l'Archivio di Stato di Torino; mappa catastale dispiegata per l'acquisizione fotografica.

Anche i tratti di china sono utilizzati per specificare e caratterizzare meglio alcuni elementi: i sentieri sono tratteggiati a differenza delle strade che sono rappresentate con un tratto continuo, così come le *pierrieres* vengono delimitate e puntinate. All'interno delle particelle è riportato un numero progressivo[11] accompagnato, per la maggior parte dei casi, dalla tipologia di uso colturale[12]. Inoltre, nel quadrante 35F è rappresentata una linea che unisce due punti, A[13] e B, con sovrastante dicitura «Base de 641: met et: 7:».

frazioni di una delle parti minori della scala. Volendosi escludere la stima ad occhio delle frazioni delle minime parti, invece delle precedenti scale dette *semplici*, o *delle parti eguali,* si fanno le così dette scale *ticoniche o delle trasversali*» (Mya, 1854).

[8] Ogni sezione è identificata da una lettera (A, B, C, D, E, F). La sezione B fa riferimento all'insediamento di Valdieri.

[9] I confini comunali attuali cambiano rispetto a quelli ottocenteschi a partire dal 1928 quando il comune di Andonno viene aggregato a Valdieri.

[10] E' possibile ancora notare, sotto i tratti decisi di china, un disegno preliminare abbozzato a matita.

[11] Il numero, scritto principalmente a china, a volte solo a matita, viene riportato, in ordine progressivo, da 1 fino ad un massimo di 341 ricominciando da capo per ogni sezione.

[12] Molti termini vengono scritti in forma abbreviata (*Pat* = Pature, *T lab* = Terres Labourable, *T vai* = Terres vain, ecc) in modo tale da adeguarli alla forma, a volte troppo piccola, della particella.

[13] Il punto A corrisponde ad uno dei vertici dei quadrati che compongono la maglia del reticolo che suddivide la mappa.

Elaborazione della fonte digitale

Il lavoro, finalizzato all'elaborazione della fonte digitale, è stato condotto esclusivamente sulla Mappa a partire dalle 48 immagini digitali ricevute che la riproducono integralmente[14]. Ogni scatto è stato fotoraddrizzato con l'applicativo Archis[15] in modo tale da recuperare le deformazioni[16] e, successivamente, salvato in formato .tiff[17]. Le singole immagini della mappa sono state, poi, importate su ArcGIS[18] e composte graficamente con un'operazione di collimazione di punti di controllo rispetto ad un sistema di riferimento assoluto[19]. Questi punti sono stati individuati facendo riferimento al reticolo che suddivide la mappa in quadranti; ad ogni angolo di questi quadranti corrisponde un punto di controllo il cui numero varia a seconda dell'immagine. Per ottenere un'unica immagine, più gestibile per le elaborazioni successive, i singoli scatti sono stati importati e rifiniti[20] su ENVI[21].

Infine, la mappa è stata georiferita[22] rispetto alla cartografia attuale[23] con sistema di riferimento WGS84[24]; pur comportando un'alterazione dimensionale del documento originale, l'operazione del georiferimento rende commensurabile la mappa ottocentesca con la cartografia numerica attuale permettendo, quindi anche, successive indagini a taglio diacronico.

Ad integrazione del catasto di Valdieri è stato creato un database[25], opportunamente strutturato[26], per poter accogliere con esaustività i dati desumibili dalla fonte (identificatori univoci delle particelle, gestione delle toponomastica, forme normalizzate, ecc.) e delineare uno strumento indispensabile per il controllo scientifico della trascrizione (dunque dell'attendibilità del riconoscimento sulla metafonte[27]). Sono state così individuate 8 entità corrispondenti ognuna ad

[14] Le immagini digitali della Mappa sono state acquisite con macchina fotografica digitale Nikon D700 e memorizzate con colori a 24 bit e risoluzione a 300 dpi. Il formato di uscita è un .jpeg con dimensioni intorno ai 4,88 MB (a seconda dell'immagine) e risoluzione a 300dpi.

[15] Archis, versione 3.0 è un pacchetto software della SISCAM (Galileo Siscam Technology di Firenze) utilizzato nel raddrizzamento, mosaico e restituzione di immagini digitali.

[16] La determinazione dei parametri per il raddrizzamento è avvenuta per via geometrica utilizzando come elementi orizzontali e verticali (quindi perpendicolari tra di loro) le rette del reticolo di riferimento.

[17] Si è scelto di usare il classico formato .tiff che, come noto, a differenza del .jpeg, non è un formato *lossy*. Di conseguenza sono risultate immagini di dimensioni medie di 1,05 GB.

[18] L'applicativo utilizzato è stato ArcGIS, versione 10.

[19] Ad ogni punto di controllo corrisponde una coordinata costituita da due numeri (n,n).

[20] L'immagine è stata rifinita in modo tale da renderla più gradevole visivamente (ritaglio del bordo nero).

[21] ENVI, versione 4.7, è un software che permette di elaborare immagini geospaziali: «ENVI provides advanced, user-friendly tools to read, explore, prepare, analyze and share information extracted from all types of imagery» (ENVI.ITT). ENVI riconosce il sistema di coordinate con cui le immagini sono state salvate su ArcGIS e le ricompone correttamente dal punto di vista topologico. L'immagine finale è stata salvata con una risoluzione più bassa di 72dpi (dimensione circa 78 MB), ma pur sempre leggibile nel dettaglio, al fine di renderla più gestibile e lavorabile in ambiente ArcGIS.

[22] Per la georeferenziazione sono stati scelti 9 punti di controllo corrispondenti ad elementi riconoscibili (sia su catasto napoleonico sia su CTR) quali cappelle, edifici, ecc. Questa operazione ha portato ad un'alterazione dimensionale dell'originale (*rubber sheeting*) che non sembra comunque influenzare le letture tematiche della mappa.

[23] Regione Piemonte, CTR*, Valdieri,* 12 sezioni, scala di acquisizione 1:10.000, 1991 (Repertorio cartografico: http://www.regione.piemonte.it/repcarj/jsp/richfaces/dati.do?ric=3&ric=1).

[24] Datum WGS84, proiezioni UTM – Zona 32N.

[25] Il database è stato strutturato con il software Microsoft Access 2007 con il quale è stato possibile mantenere una certa indipendenza rispetto ai dati dell'applicativo. I dati così strutturati sono stati importati nell'applicazione GIS.

[26] Il database è stato studiato opportunamente per poter accogliere tutti i dati direttamente desumibili dalla metafonte per la mancanza, come precedentemente anticipato, di un Registro che accogliesse già, al suo interno, delle informazioni testuali e qualitative.

[27] Sono stati elaborati 4 valori (0= non visibile; 1= visibile per meno del 50%; 2= visibile per più del 50%; 3= visibile interamente) che determinano l'attendibilità del riconoscimento sulla metafonte delle diverse entità.

un'area omogenea o elemento riconoscibile; di seguito vengono riproposti insieme al proprio codice univoco identificativo[28]:

01 particelle
02 acque
03 strade e sentieri
04 reticolo di riferimento
05 insediamento
06 edifici
07 cortili e spazi di pertinenza
08 sezioni

La struttura, articolata in un numero di campi differenti a seconda dell'entità[29], è strutturata in modo tale da trascrivere e accogliere la toponomastica presente sulla Mappa, da definire le relative forme normalizzate[30] e da inserire opportuni campi di controllo. La base di dati, così strutturata, diviene uno strumento per ricerche autonome ma, soprattutto, elemento per la gestione della componente qualitativa, descrittiva e alfanumerica degli oggetti grafici vettoriali[31] topologicamente[32] definiti all'interno di un GIS.

numero	retriterim	section	nparticel	uso_suolo	uso_suolo_N	uso_suolo_t	uso_suolo_Nt	legend_ipl	legend_com	legend_us1	legend_us2	gest_propr	tecn_scrit	affidabil
01_001	33, F	B	17 bis	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_002	33, F	B	19	Prè	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3
01_004	33, F	B	23	Ter lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_006	33, F	F	25 bis	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_007	33, F	B	20	T. lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_008	33, F	B	52	Vigne	Vigne	Vigneto	Vigna	Vigneto	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_009	33, F	B	201	Chataig	Chataigneraie	Castagneto	Bosco di castagni	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	inchiostro	3
01_010	34, E	A	133	Pature	Pature	Pascolo	Pascolo	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	inchiostro	3
01_011	34, E	A	134	T lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_012	34, E	A	135	T lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_013	34, E	A	136	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_014	34, E	A	137	T. lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_015	34, E	A	67	T. vain	Terres vain	Terra libera	Improduttivo	Praterie non utilizzate	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_016	34, E	A	66	T vain	Terres vain	Terra libera	Improduttivo	Praterie non utilizzate	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_017	34, E	A	65	Ter vain	Terres vain	Terra libera	Improduttivo	Praterie non utilizzate	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_018	34, E	A	64	Friche	Friches	Incolti a rotazione	Incolto		Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_019	34, E	A	63	Ter vain	Terres vain	Terra libera	Improduttivo	Praterie non utilizzate	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_020	34, E	A	62	Vig	Vigne	Vigneto	Vigna	Vigneto	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_021	33-34, E	A	128	T. vai	Terres vain	Terra libera	Improduttivo	Praterie non utilizzate	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_022	33-34, E	A	129	Vigne	Vigne	Vigneto	Vigna	Vigneto	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_023	34, E	A	130	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_024	34, E	A	131	T vai	Terres vain	Terra libera	Improduttivo	Praterie non utilizzate	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_025	34, E	A	132	T vain	Terres vain	Terra libera	Improduttivo	Praterie non utilizzate	Altro	Altro	Altro	Altro	inchiostro	3
01_026	34, E	B	2	Verger	Verger	Frutteto	Frutteto						inchiostro	3
01_027	34, E	B	5	Ter lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_028	33-34, E-F	B	1	Ter lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_029	34, E	B	4 bis	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_030	33, E	A	125	Ter lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_031	33, E	A	126	Chataig	Chataigneraie	Castagneto	Bosco di castagni	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	inchiostro	3
01_032	33, E-F	A	127	Ter labour	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_033	32-33, E	A	124	Chataig	Chataigneraie	Castagneto	Bosco di castagni	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	inchiostro	3
01_034	32, E	A	123	Prè	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3
01_035	32, E	A	122	Prè	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3
01_036	32-33, D-E	A	121	Ter labour	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_037	32, E	A	120	Pat	Pature	Pascolo	Pascolo	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	inchiostro	3
01_038	32, E	A	119	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_039	32, E	A	118	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_040	32, E	A	117	Prè	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3
01_041	32, D-E	A	116	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	inchiostro	3
01_043	32, E	A	113	Prè	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3
01_044	32-33, E	A	112	Pres	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3
01_045	33, E-F	B	138	Ter. Lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_046	33, E-F	A	139	Chat	Chataigneraie	Castagneto	Bosco di castagni	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	Castagneti	inchiostro	3
01_047	33, F	A	18	T lab	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_048	32, E	C	111	Prè	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3
01_049	31-32, D-E	C	114	Terres Lab.	Terres Labourable	Terre lavorabili	Terre lavorabili	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	Seminativi	inchiostro	3
01_050	33-34, G	C	72	Pat	Pature	Pascolo	Pascolo	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	inchiostro	3
01_051	34, G	C	73	Pature	Pature	Pascolo	Pascolo	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	Praterie	inchiostro	3
01_052	34, F-G	C	74	Pres	Pres	Prato	Prato	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	Prato-pascoli	inchiostro	3

Figura 2. Porzione della struttura del database relativo all'entità Particelle (fonte: SiTI, 2011).

Parallelamente alla creazione della base di dati è stato condotto il lavoro di riconoscimento, secondo un'operazione critica e interpretativa, di elementi rappresentativi del territorio comunale di Valdieri

[28] La trasformazione degli ID è stata strutturata anche con valore semantico; ad esempio per l'entità *acque* è costituito da 02 (codice identificativo dell'entità acque)_0n (identificazione della tipologia, per cui 01 torrente, 02 ruscello, 03 canale, 04 lago)_001 in ordine progressivo [eventualmente _0n (identifica il tratto) _0n (identifica il n° di affluente)].

[29] Anche se il numero varia a seconda dell'entità, molti campi vengono riproposti uguali: numero, sezione e affidabilità. La tabella del reticolo di riferimento e il relativo oggetto grafico vettoriale costituiscono un'eccezione in quanto creati con l'intento di fornire un ausilio alla rappresentazione degli altri oggetti grafici.

[30] Le forme normalizzate sono importanti elementi denotativi ai fini di una successiva elaborazione dell'informazione.

[31] La componente alfanumerica e qualitativa è chiamata *attributes data*.

[32] *Spatial data.*

agli inizi dell'Ottocento: particelle, acque, strade e sentieri, reticolo di riferimento, insediamenti, edifici, spazi di pertinenza e sezioni. Le elaborazioni[33], di cui di seguito se ne riporta un esempio, mostrano i risultati del riconoscimento degli elementi del territorio di Valdieri nel 1807.

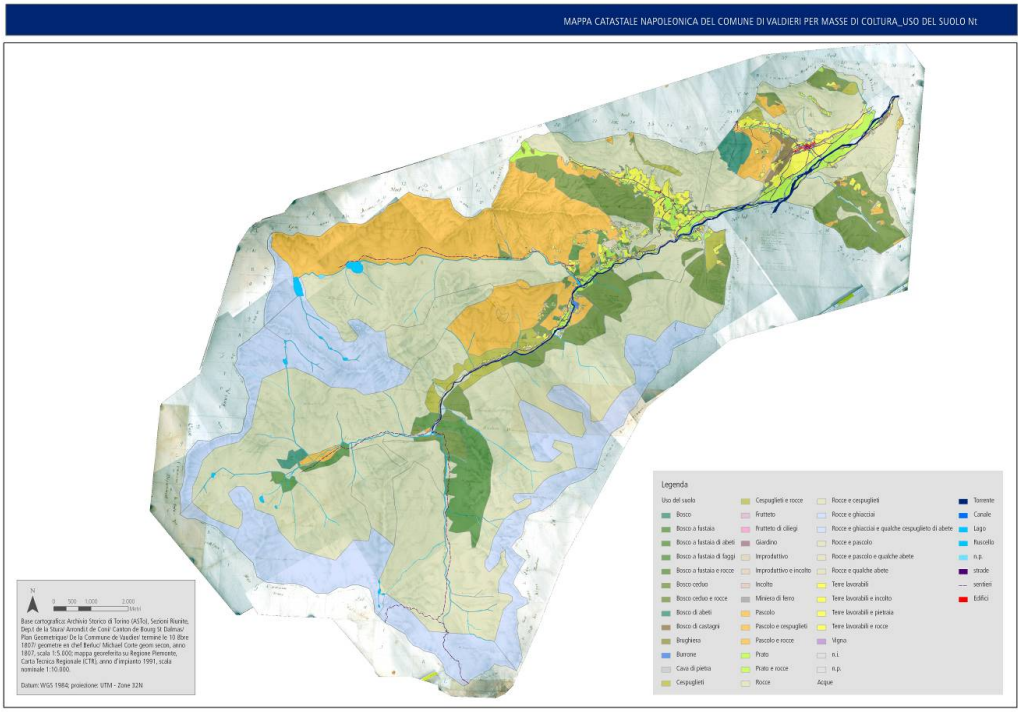


Figura 3. Individuazione delle particelle del catasto, categorizzate secondo l'uso del suolo normalizzato e tradotto, delle acque, delle strade e degli edifici (fonte: SiTI, 2011).

L'analisi degli elementi territoriali individuabili grazie ad una lettura critica della fonte catastale, ha permesso un'analisi più approfondita riguardante le trasformazioni del territorio di Valdieri. Infatti, l'elaborazione in metafonte ha consentito di confrontare gli usi del suolo caratterizzanti le particelle in diversi periodi storici, così da impostare interessanti analisi diacroniche. In particolar modo, si è ritenuto importante confrontare il catasto francese per masse di coltura del comune di Valdieri con il relativo catasto ad assetto attuale del 2008. Il risultato di questa analisi viene riproposto nella figura successiva che riporta due esempi sull'uso della metafonte associata alle risorse di rete; in particolar modo le due 'vestizioni' sull'uso del suolo storico (prima immagine) e attuale (seconda immagine), vengono modellate seguendo la morfologia orografica del territorio oggetto di analisi proposta su Google Earth. Tale esempio evidenzia anche l'uso integrato di strumenti locali con gli strumenti in rete sulla base di protocolli comuni. L'esito di questa elaborazione è visibile immediatamente: oltre a cambiare i confini comunali[34], i ghiacciai d'alta quota lasciano il posto alle rocce incolte e ai pascoli mentre lungo i fiumi, nelle aree vallive, si estendono i prati e i seminativi[35]; i boschi si espandono: verso le alture troviamo i boschi a fustaia mentre verso i nuclei abitati i boschi cedui.

[33] Le elaborazioni sono realizzate sotto forma di mappe tematiche con il software ArcGIS 10.

[34] Vedi nota 9.

[35] I seminativi e i campi erano ben visibili già nell'Ottocento intorno all'insediamento di Valdieri.

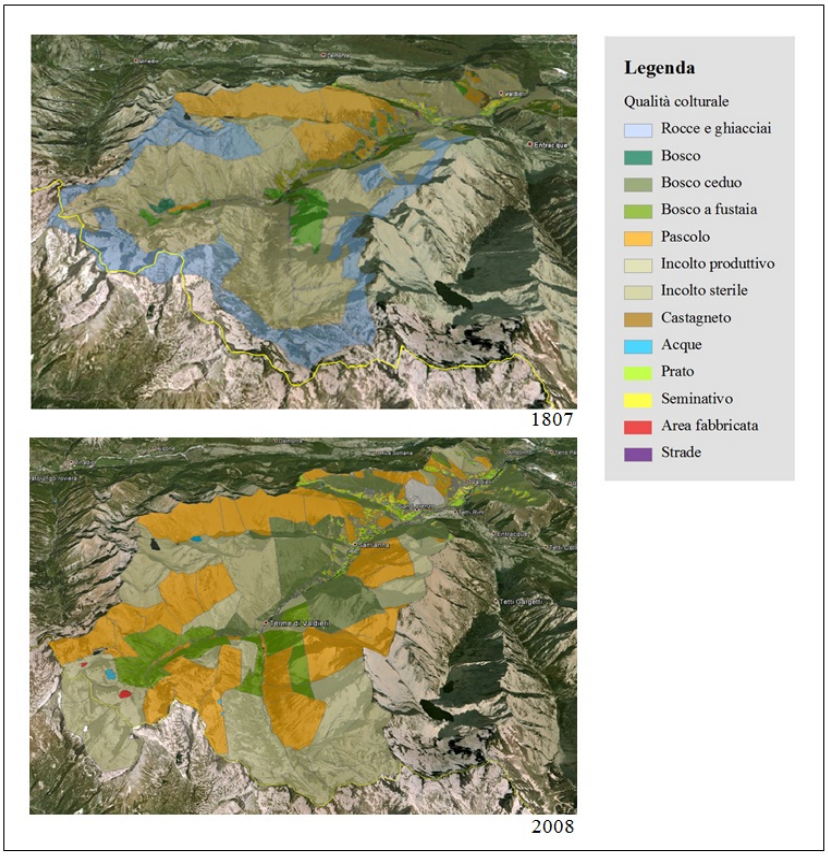


Figura 4. Elaborazioni della metafonte associata alle risorse di rete con comparazione della situazione storica (1807) con quella attuale (2008) (fonte: SiTI, 2012).

La ricerca proposta ha permesso di fornire, grazie all'utilizzo del GIS, strumenti e chiavi di lettura della struttura storica del territorio di Valdieri quale supporto alle attività di pianificazione, necessarie per avviare future azioni di tutela, conservazione e recupero non solo degli elementi fisici del territorio, ma anche, dei significati e dei ruoli culturali connotanti l'intero patrimonio territoriale.

Bibliografia

Atzeni P. et al. (2006), *Basi di dati. Modelli e linguaggi di interrogazione*, McGraw-Hill, Milano.
Gregory I. N, Ell P. (2007), *Historical GIS. Technologies, Methodologies and Scolarship, Cambridge*, Cambridge University Press.
Knowles A. K, Hillier A. (2008), *Placing History. How Maps, Spatial Data, and GIS are Changing Historical Scholarship*, ESRI Press, Redlands (CA).
Lodovisi A, Torresani S. (2005), "Cartografia e sistemi informativi geografici", in ID., *Cartografia e informazione geografica*, Pàtron, Bologna.
Longhi A. (a cura di) (2008), *Catasti e territori. L'analisi dei catasti storici per l'interpretazione del paesaggio e per il governo del territorio.* Alinea editrice, Firenze.
Mya P. (1854), *Lezioni di geodesia elementare per servire di norma al rilevamento catastale*, Stamperia Reale, Torino, 7-8.
Mondini G. et al. (a cura di) (2007), *Beni culturali, città, territorio. Indagini per un patrimonio da valorizzare,* Celid, Torino.
Panzeri M. (2009), "Storiografia digitale e metafonti per la storia del territorio tra specificità disciplinari, standard web e dinamiche della rete", in *Fonti, metafonti e GIS per l'indagine della struttura storica del territorio*, Celid, Torino, 19-28.
Panzeri M., Gastaldo G. (a cura di) (2000), *Sistemi informativi geografici e beni culturali*, atti della Giornata di Studio, Celid, Torino.
Vitali S. (2004), *Passato digitale. Le fonti dello storico nell'era del computer*, Bruno Mondadori, Milano.
Sito internet della ENVI.ITT: http://www.ittvis.com/portals/0/pdfs/envi/ENVI_Brochure.pdf, consultato il 26/08/2011.
Sito internet del Repertorio Cartografico della Regione Piemonte: Repertorio cartografico: http://www.regione.piemonte.it/repcarj/jsp/richfaces/dati.do?ric=3&ric=1, consultato il 03/09/2012.
Sito internet del Geoportale Nazionale: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/, consultato il 03/09/2012.
Sito internet del Sistema Informativo Territoriale Ambientale Diffuso (SITAD): http://www.sistemapiemonte.it/serviziositad/, consultato il 03/09/2012.

La realtà, la sua immagine e l'interpretazione geometrica: La chiesa di Santa Sofia a Padova

Cosimo Monteleone

Università di Padova, Dipartimento di Architettura Urbanistica e Rilevamento,
Via Francesco Marzolo 1, 35100 Padova, cosimo.monteleone@unipd.it

Abstract
Nella *Diottrica* Cartesio dimostra che un'immagine è in grado di rappresentare un oggetto pur non assomigliandogli, più precisamente che essa rappresenta tanto meglio, quanto meno si sforza di emulare la realtà. Ma a quali conclusioni sarebbe giunto il filosofo del "dubbio metodico" posto di fronte alle nuove tecnologie? Oggi un'operazione di rilievo è in grado di fornire un "clone" perfetto della realtà; ma può esso da solo rappresentare e quindi interpretare e comunicare tutte le informazioni?
In *Dioptrics* Descartes shows that an image is capable of representing an object even if it does not look like it, more precisely that a figure is better if it does not try to emulate reality. But what conclusions would be reached by the philosopher of the "methodical doubt" in front of the new technologies? Today , a survey is able to provide a perfect "clone" of reality; but can it by itself represent, interpret and communicate the information?

La città viene spesso paragonata ad un organismo vivente e, in effetti, il parallelo è piuttosto calzante, poiché essa, oltre a costituire un intero, può anche essere descritta all'occorrenza attraverso la composizione delle sue parti in continuo divenire. Il saggio che segue concentra gli sforzi nel tentativo di individuare un metodo per raccogliere, raccontare e rappresentare il patrimonio architettonico e nel nostro caso la chiesa di Santa Sofia, una delle più significative della città di Padova. Lo strumento classico a disposizione degli Architetti e degli Ingegneri, per un approccio analitico ad un edificio storico, è il "rilievo metrico"; oggi, grazie alle nuove tecnologie quali la fotogrammetria e il rilievo laser, si è giunti ad un grado di precisione tale da poter ricreare in un mondo virtuale un clone formalmente e cromaticamente fedele all'oggetto in esame. Ma non bisogna dimenticare che gli strumenti tecnologici sono un mezzo al quale ricercatori e professionisti devono soltanto ricorrere e non il fine a cui tendere. Infatti i rigorosi dati metrici registrati vanno comunque sottoposti ad un valido processo di interpretazione, per un inquadramento corretto e una completa comprensione del manufatto architettonico; per questa ragione, il compito di sintesi tra i diversi saperi da parte del rilevatore resta ancora fortemente valido, esattamente come in passato. Il rilievo condotto sulla chiesa di Santa Sofia a Padova si è quindi avvalso di una ricerca storica e documentaria appropriata delle precedenti campagne archeologiche e di rilievo, dei nuovi mezzi messi a disposizione dalla tecnologia, nonché di un'interpretazione geometrico-configurativa espressa coi mezzi classici del disegno e della rappresentazione, per una comunicazione agevole dei risultati.
La letteratura tramandata e le prove archeologiche emerse sciolgono ogni dubbio sul fatto che questa chiesa, eretta lungo la via per Altino, il porto romano sull'Adriatico, sia sorta su un luogo della città di antica importanza strategica, culturale oltre che spirituale (Organello, 1446). Il documento più certo e antico, che si riferisce esplicitamente alla chiesa di Santa Sofia, risale all'11 febbraio 1123 (Ecclesiæ, t. 14); esso costituisce il rinnovo di una concessione precedente e risalente al 1106, ma a noi a tutt'oggi non pervenuta, con la quale il vescovo Sinibaldo devolve parte del ricavato delle decime ai chierici di Santa Sofia, affinché costoro ultimino, il prima possibile, la

costruzione della chiesa. Dal documento del 1123 emergono elementi importanti, che permettono di orientarci nelle fasi costruttive, infatti, si legge anche la seguente frase: "tunc in suburbio civitatis Padue in nove molis erigebatur"; probabilmente queste parole vanno collegate alla costruzione della cripta incompiuta, rinvenuta negli scavi del 1954. L'ipotesi più accreditata è quella dello Zuliani (Zuliani et al., 1975), secondo il quale la cripta triabsidata sarebbe un cantiere interrotto, che precede di poco la costruzione della fabbrica superiore. Questa considerazione è supportata dal ritrovamento di uno strato di terra vegetale entro la cerchia delle nicchie (Pierobon, 1953 e 1961; Franco 1957), dal quale se ne deduce che, al loro interno crescessero delle piante, confermando in questo modo lo stato di abbandono della fabbrica. Probabilmente la causa dell'interruzione va ricercata nelle scarse risorse finanziarie e lo si desume proprio dalla *cartula* Sinibaldiana che riporta questa frase: "dum viderem ecclesiam sancte Sophye in paupertatis exuri camino". I lavori si sarebbero quindi interrotti per motivi finanziari ma, grazie alla *cartula oblacionis*, si arrivò finalmente ad una conclusione dell'opera intorno al 1166. Dopo questa data l'unico intervento significativo si ebbe sul finire del XIV secolo, quando la famiglia Malsperoni insieme al vescovo di Padova, Stefano Carrarese, fece costruire le volte a crociera con i costoloni (Dondi, 1813). Le volte andarono inesorabilmente a nascondere sia la parte degli affreschi dipinti nelle aree più alte delle navate, che le capriate di copertura, non permettendo più alla luce di penetrare dalle monofore; per questa ragione furono aperte in facciata e sulle pareti laterali alcune finestre circolari. Lo Zuliani (Zuliani et al., 1975) è stato il primo ad aver ipotizzato che per consentire di impostare le volte sui pilastri, le loro sezioni furono tagliate e adeguate a forma di T. Invece la Cozzi (Zuliani, Cozzi et al., 1982) riscontra una chiara traccia di questo accomodamento in un affresco della seconda metà del trecento, posto sul lato ovest del terzo pilastro destro: la pittura rappresenta una Madonna in trono con bambino; da una ricostruzione stilistica, condotta per analogie con gli affreschi conservati al di sopra delle volte trecentesche, si può affermare che lo stralcio d'affresco doveva far parte di una pittura parietale più ampia, che probabilmente ricopriva tutta la larghezza della superficie ovest del pilastro. Se ne ricava quindi che esso in origine doveva avere una forma quadrangolare e non a T, quest'ultima eseguita esclusivamente per impostare le volte.

Questi grosso modo sono i dati storici che vanno considerati a supporto di un'interpretazione stilistica dell'edificio (Canella, 1935; Gasparotto, 1973; Puppi et al., 1982, Alvarez, 1999), il quale, secondo il parere degli esperti, rientra dal punto di vista figurativo e tipologico nella cosiddetta architettura esarcale (Bettini, 1987), che vede nella Ravenna bizantina il suo centro propulsore. La facciata è suddivisa orizzontalmente da un cornicione aggettante, nel cui registro inferiore si apre il portale, fiancheggiato, sia a destra che a sinistra, da due nicchie cilindrico-sferiche col semicatino costruito in mattoni disposti a spina-pesce, analogamente a quanto avviene per le nicchie interne dell'abside e quelle interrotte della cripta nei sotterranei. Il complesso absidale esterno si impone per la sua articolazione monumentale, che rimanda tipologicamente alla chiesa dei SS. Maria e Donato di Murano, il grande emiciclo, interamente in muratura di mattoni, è suddiviso in tre registri orizzontali. Il primo si articola con archi ciechi a doppia risega intervallati da pseudocolonne, mentre una cornice poco aggettante separa questa zona da quella superiore, caratterizzata da arcate a doppia risega, più profonde e di altezza variabile. Il registro più alto, invece, presenta archi liberi sorretti da pilastri, collegati alla muratura retrostante da altrettanti archi trasversali in modo da creare un camminamento libero. L'abside al suo interno si presenta in forma alquanto complessa, essa è stata ricavata per mezzo di due emicicli, che vanno a creare una sorta di "falso" ambulacro. Il giro che ha diametro minore, corrispondente alla dimensione della navata centrale, è composto da una teoria di colonne libere, addossate ai rispettivi pilastri e, su questo sistema "binato", s'impostano gli archi che sorreggono il catino interno. Ma curiosamente, l'abside della navata centrale invece di essere disposta in maniera concentrica rispetto al muro circolare esterno, risulta ad esso tangente, tanto da annullare lo spazio del deambulacro in corrispondenza della scarsella, articolata in tre nicchie, di cui quella ad est maggiore delle altre due. Al suo interno il grande emiciclo absidale ha diametro pari alla larghezza totale della cella ed è composto da una serie di nicchie cilindrico-sferiche a doppia ghiera, che si aprono al di sopra di poderosi gradoni.

Durante i primi sopralluoghi alla chiesa, si è avuto modo di pianificare la campagna di rilievo volta alla scansione tridimensionale delle facciate esterne e dell'interno e, data l'ampiezza dello spazio percorribile sia intorno alla chiesa che al suo interno e la conseguente agilità delle riprese, si è scelto di condurre il rilievo dell'edificio per mezzo della fotogrammetria, utilizzando il metodo Menci©, impiegando quindi una macchina fotografica Canon 1000D, con ottica Canon Ultrasonic Ef-s 17-85 1:4-5.6. Per incrementare i dati degli elementi architettonici più significativi, sono state poi intensificate le riprese sui particolari ad una distanza più ravvicinata. Ad esempio, per quanto riguarda la facciata principale della chiesa, dopo essersi posizionati a 10 metri di lontananza da essa, si è proceduto alla campagna fotografica realizzando i primi 200 scatti. la sequenza delle immagini è stata ricavata spostando, ad ogni ripresa, il punto di stazione di circa mezzo metro e per raggiungere le parti della facciata via via più elevate, l'obiettivo è stato sollevato di 30 cm per volta. Il fine era quello di ricavare un numero congruo di immagini che potessero essere sovrapposte le une alle altre con un margine del 40%.



Figura 1. Sovrapposizione dell'immagini al 40%: nicchia della facciata principale della chiesa di Santa Sofia.

Queste immagini una volta importate nel programma *Scanview*, basato sulla tecnologia *U-Map* e fornito sempre dalla ditta Menci©, rispettando la sequenza corretta delle riprese, hanno generato una nuvola di punti, che a seconda delle esigenze di rappresentazione può essere esportata con un numero maggiore o minore degli stessi. Sempre in riferimento alla facciata esterna sono state intensificate di circa 15 scatti aggiuntivi le riprese fotografiche delle nicchie cilindrico-sferiche della facciata principale;



Figura 2. Nuvola di punti: nicchia della facciata principale.

per esse, infatti, si voleva produrre una documentazione più precisa in quanto realizzate in mattoni faccia vista con la particolare tecnica costruttiva detta a spina-pesce, essendo tra l'altro tuttora caratterizzate da alcune deboli tracce delle sinopie appartenenti agli affreschi medievali che adornavano la facciata. Sempre per motivi di completezza si è proceduto anche alla creazione di nuvole di punti più dettagliate in riferimento ai capitelli; in modo particolare per quelli appartenenti al monumentale circolo absidale, caratterizzati da decorazioni a palmette, volute e figure zoomorfe.



Figura 3. Nuvola di punti: capitello dell'abside.

Il metodo Menci© s'è dimostrato in generale celere, comodo ed efficiente ma, in qualche occasione, per il rilievo dell'esterno, ha sollevato alcuni problemi al momento di generare la nuvola di punti. Infatti, il *software*, fornito dalla ditta, non si è dimostrato in grado di misurare i bagliori di luce emessi da una superficie eccessivamente esposta alle radiazioni solari o dalle superfici trasparenti e riflettenti, quali i vetri; per questa ragione le riprese fotografiche sono state condotte prevalentemente nei giorni in cui la nuvolosità era consistente e preferibilmente omogenea, in modo da sfruttare una luce naturale diffusa. Per quanto riguarda i particolari architettonici s'è potuto eseguire le riprese anche durante i giorni caratterizzati da intensa luminosità, ma solo durante alcune ore specifiche della giornata, riprendendo gli elementi in ombra delle facciate. Per l'esecuzione del rilievo dello spazio interno non si sono verificati grossi inconvenienti dovuti ai bagliori o alla riflettenza dei materiali; procedendo alle riprese per parti, data la complessità e l'articolazione degli spazi, si è giunti ad un assemblaggio "in remoto" dei dati per ottenere una nuvola di punti completa e interrogabile. Ma se i dati metrici dell'esterno possono essere semplicemente incrociati con le evidenze emerse dalla documentazione e dalle interpretazioni degli storici, per quanto riguarda l'interno, il rilievo non può prescindere da ulteriori considerazioni geometrico-configurative, e quindi l'analisi metrica in questo caso è stata posta a servizio di una sintesi grafica volta alla spiegazione della complessa tettonica dell'edificio.
Il punto più delicato è risultato essere l'ambulacro costituito da una volta anulare a generatrice (o sezione trasversale) irregolare, impostata su colonne binate che sorreggono gli archi che si aprono su una superficie cilindrica (Giordano, 1999). Per raffigurare e comunicare correttamente attraverso il disegno la configurazione geometrica di questo spazio, partendo dalle informazioni ottenute con il rilievo, si è proceduto "ripulendo" i dati in eccedenza del modello virtuale per ottenere un modello strutturale, qui rappresentato in assonometria, nel quale si riportano esclusivamente le superfici, per evidenziarne i rapporti e le mutue intersezioni. Anche per quanto riguarda i disegni in proiezione ortogonale, si è partiti dai dati obiettivi forniti dal rilevamento tecnologico e, dopo aver valutato la complessità delle superfici, caratterizzate da curve gobbe (o del quarto ordine), si sono rappresentate le sezioni, ricavate direttamente dal modello solido, mettendo in relazione almeno tre proiezioni, sottoponendo, così, il disegno ad un doveroso controllo proiettivo.
La valenza delle immagini mongiane e assonometriche, rispetto ai cloni virtuali, risiede nella possibilità di isolare i problemi rispetto ad un *continuum* indistinto, ricavato da una copia

pedissequa della realtà; esse permettono quindi di isolare e rappresentare l'architettura, in vera forma e grandezza o alludendo alla configurazione spaziale delle superfici. Si ricordi, che già il grande filosofo francese Descartes (Descartes, 1637) aveva avallato nella sua Diottrica queste considerazioni sul rapporto tra l'oggetto originale e la sua rappresentazione, dimostrando che una figura è in grado di rappresentare un oggetto pur non assomigliandogli e, più precisamente, che un'immagine rappresenta tanto meglio, quanto meno si "sforza" di emulare la realtà. Probabilmente anche oggi il filosofo del dubbio metodico sarebbe giunto alle stesse conclusioni seppure posto di fronte alla rivoluzione messa in atto dalle nuove tecnologie.

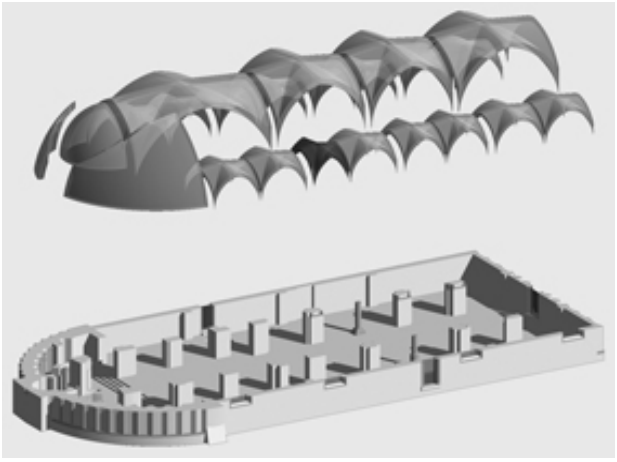


Figura 4. Assonometria strutturale del sistema voltato.

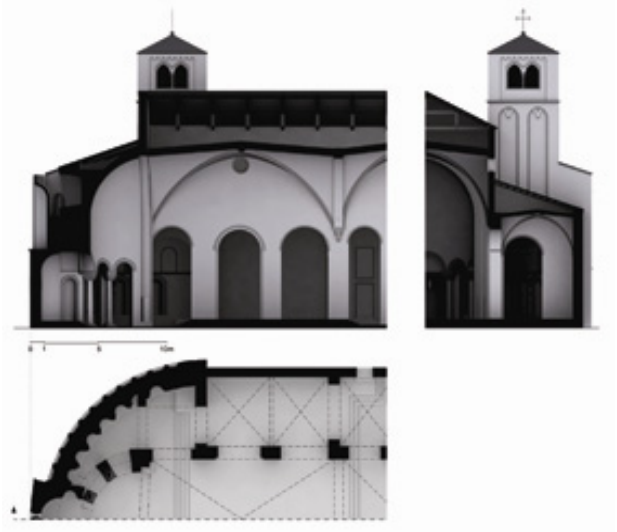


Figura 5. Rappresentazione mongiana dell'abside e parte delle volte a crociera.

Riferimenti Bibliografici

Biblioteca Capitolare di Padova, *Ecclesiae*, t. 14, perg. 1
G. di P. Organello, *Cronaca manoscritta di Padova*, 1446.
R. Descartes, *La Dioptrique*, Parigi 1647.
F.S. Dondi dell'Orologio, *Dissertazione settima sopra l'historia ecclesiastica padovana*, Padova 1813.
R. Canella, *La Chiesa di Santa Sofia in Padova*, in "Padova", IX, I, 1935.
G. Pierobon, *Per S. Sofia e i suoi restauri*, Padova 1953.
F. Franco, *Santa Sofia in Padova*, in "Karolingische und Ottonische Kunst" 1957.
G. Pierobon, *La Chiesa di Santa Sofia in Padova: il sito e l'origine*, in "Bollettino del Museo Civico di Padova", L, I, 1961.
C. Gasparotto, *S. Sofia. Le carte e le pietre*, in "Patavium", 1973.
F. Zuliani, *S. Sofia*, in AA.VV., *Padova – Basiliche e chiese*, Vicenza 1975.
L. Puppi e M. Universo, Padova, Le città nella storia d'Italia, Editori Laterza, Roma-Bari 1982.
Zuliani, Cozzi et al., *La chiesa di S. Sofia in Padova*, Padova 1982.
S. Bettini, *L'architettura esarcale*, in "Bollettino del Centro Internazionale di Studi d'Architettura Andrea Palladio", VIII. 1987.
G. Bresciani Alvarez, *Architettura a Padova*, Il Poligrafo, Padova 1999.
A. Giordano, *Cupole, volte e superfici: la genesi e la forma*, Torino 1999.

Metodologie innovative per il supporto nella progettazione e l'analisi delle prestazioni di impianti ad energia solare a concentrazione ed eolici off-shore utilizzando immagini satellitari ottiche e SAR

Marco Morelli (*), Andrea Masini (**), Marco Alberto Carlo Potenza (*)

(*) Dipartimenti di Fisica, Università degli Studi di Milano
Via Celoria 16, 20122 Milano, email: marco.morelli1@unimi.it
(**) Flyby S.r.l., Via Puini 97, 57128 Livorno

Riassunto

In questo lavoro presentiamo delle nuove metodologie, sviluppate nell'ambito del progetto SATENERG (Servizi sATellitari per le ENergie Rinnovabili di nuova Generazione) finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana, sia per il supporto alla progettazione/pianificazione che per il monitoraggio quasi in tempo reale e l'analisi delle prestazioni degli impianti ad energia rinnovabile di nuova generazione (CSP, CPV ed eolici off-shore) utilizzando immagini satellitari.

In particolare per quanto riguarda gli impianti solari a concentrazione (CSP e CPV), abbiamo sviluppato un metodo per ricavare l'irradianza solare incidente al suolo (in particolare la sua componente diretta normale rispetto ai raggi solari, fondamentale per questo tipo di impianti) da immagini ottiche satellitari. Ciò, unito ad un modello di funzionamento di tali impianti e degli inverter, ci ha resi in grado di poter sviluppare un servizio di supporto nella progettazione e pianificazione di nuove costruzioni di impianti CSP e CPV (analizzando serie storiche di dati satellitari) ed anche un servizio di monitoraggio e analisi delle prestazioni per quelli già esistenti (usando invece immagini satellitari quasi in tempo reale).

In maniera simile, usando immagini SAR, abbiamo sviluppato un metodo per ricavare l'intensità e la direzione del vento in aree marine da remoto che ci ha permesso, utilizzando anche un modello di impianto eolico off-shore (turbina e inverter), di sviluppare sia un servizio di supporto alla progettazione/pianificazione che un servizio di monitoraggio quasi in tempo reale della produzione di un impianto eolico off-shore.

Le prime applicazioni di queste nuove metodologie hanno già portato ad avere ottimi risultati in vari casi di prova sia per quanto concerne il monitoraggio dell'irradianza diretta su piano normale, in cui l'irradianza misurata e quella ricavata da dato satellitare non si sono discostate più del 10%, sia per quanto riguarda il calcolo dell'intensità e direzione del vento da immagini SAR, in cui l'errore rispetto al dato misurato è rimasto al di sotto del 15%, fornendo quindi una buona base per il monitoraggio della energia AC prodotta dagli impianti.

Abstract

In this work we present new methodologies aimed to support both planning and near-real-time monitoring of new generation solar and wind energy plants (CSP, CPV and wind off-shore) using satellite imagery. Such methodologies are currently being developed in the scope of SATENERG, a project funded by ASI (Italian Space Agency).

In particular, for what concerns the concentrating solar energy plants (CSP and CPV) we developed a method to calculate solar irradiance at ground (and its direct normal component, that has primary importance in this type of plants) starting from satellite optical images. Then, using also detailed opto-electronic models of the plants and inverters, we are able to calculate the producible energy,

which can be used to support either the design of potential plants (using historical series of satellite images) or the monitoring and performance analysis of existing plants (using near-real-time satellite imagery). Producible energy and other interesting parameters, like production efficiency, return on investment etc., are delivered through dedicated web services.
In a similar way, we developed also a method to calculate the intensity and the direction of off-shore wind from satellite SAR (Synthetic Aperture Radar) images that permitted us, together with detailed models of wind turbine and inverters, to develop a new service in support to both planning and near-real-time monitoring activities of off-shore wind plants. The first applications of these methods gave successful results in several test cases: we obtained a maximum error of 10% for satellite retrieved direct normal solar irradiance and a maximum error of 15% for wind direction and intensity calculated from SAR images (with respect to in-situ measured data).

1. INTRODUZIONE

1.1 Il progetto SATENERG

Il progetto SATENERG mira a sviluppare servizi di pianificazione e monitoraggio della produzione energetica da fonti rinnovabili sfruttando dati satellitari EO (Earth Observation) e tecniche di modellizzazione. Gli impianti oggetto di tali servizi sono gli impianti eolici off-shore, solari termodinamici (CSP) e fotovoltaici a concentrazione (CPV).
Per offrire questo tipo di servizi si propone di stimare due principali entità fisiche:

- l'intensità e della direzione del vento in mare aperto;
- l'irradianza solare a terra.

La stima del vento è di fondamentale importanza per assistere la progettazione e il monitoraggio di impianti eolici off-shore. Il progetto SATENERG ha l'obiettivo di analizzare e sviluppare le metodologie satellitari per la stima dei venti, in particolare si pianifica di sviluppare una nuova metodologia per la stima dei venti in banda X (permettendo l'utilizzo dei dati COSMO/SKYMED per questa finalità) e di investigare altre possibilità come l'uso di scatterometri e SAR in banda C.
Per quanto riguarda invece la stima della quantità di energia solare che giunge a terra, essa è fondamentale per assistere l'industria energetica nella progettazione e nel monitoraggio di impianti solari termodinamici e di impianti fotovoltaici a concentrazione. Il progetto prevede di utilizzare i dati del satellite MSG (SEVIRI) e contemplare i sensori MIOSAT e PRISMA per un futuro utilizzo con questa applicazione.

1.2 Contesto

L'incremento del consumo di energia, previsto per i prossimi anni è superiore al tasso di crescita delle fonti energetiche derivanti dai combustibili fossili (carbone, gas e petrolio), che rappresentano oggi all'incirca, l'80% dell'energia prodotta globalmente. Il problema di garantire un'abbondanza di disponibilità di fonti energetiche il cui uso abbia, al contempo, un impatto limitato sul sistema ambientale è una delle grandi sfide per prossimi decenni.
Un modo concreto per affrontare il problema energetico, che è stato adottato dall'Italia e da altri paesi, è quello di favorire, anche tramite l'introduzione di un'apposita legislazione, un uso sempre maggiore di energie rinnovabili. Le potenzialità dell'energia solare ed eolica, pur essendo note da anni, iniziano ad essere sfruttate solo oggi. Data la variabilità non facilmente prevedibile che caratterizza queste due fonti energetiche, l'installazione di nuovi impianti richiede un'attenta analisi in termini di pianificazione e operatività. Strumenti capaci di fornire un'accurata stima delle risorse sono quindi fortemente richiesti dagli investitori che hanno la necessità di pianificare il rientro degli investimenti necessari a finanziare la costruzione di nuovi impianti energetici. Prima di giungere ad un uso fattuale dell'energia solare e di quella eolica, è fondamentale, quindi, valutare la loro disponibilità tramite il monitoraggio dei parametri ambientali significativi. Può accadere, però,

come nel caso di impianti eolici off-shore, che le tecniche standard per il monitoraggio dei dati ambientali, basate sull'uso di sensori in situ, siano particolarmente onerose.
Una significativa riduzione dei costi può, allora, essere ottenuta impiegando metodi di monitoraggio che usano tecniche di misura satellitare per valutare la quantità di energia producibile in una certa località. Inoltre sin dall'inizio dell'attività produttiva dell'impianto energetico, è necessario uno strumento che consenta di monitorare e gestire in modo ottimale la produttività dell'impianto così da aumentarne l'efficienza e da garantire una riduzione dei costi operativi. Un metodo efficace ed economicamente sostenibile per questo scopo, è il controllo dell'impianto tramite il confronto tra la potenza prodotta e quella prevista da opportuni metodi di simulazione, che usano dati satellitari per la stima dei parametri ambientali coinvolti nella produzione.

2. STIMA DEL VENTO E DELL'IRRADIANZA SOLARE DAI SATELLITI DI OSSERVAZIONE DELLA TERRA

2.1 Stima del vento in ambiente marino

L'estrazione di informazioni ambientali da immagini SAR oceaniche è stata un'area di ricerca per molti anni, e molteplici approcci sono stati sviluppati per caratterizzare una vasta serie di parametri:

- Onde;
- Venti;
- Correnti.

Nel progetto SATENERG l'attenzione si concentra maggiormente sull'uso di immagini SAR per la stima di vettori di vento in acque marine, costiere e non. Quasi tutte le metodologie di estrazione di informazioni oceaniche da immagini SAR si basano sulla teoria di scattering dell'oceano (scattering Bragg). Questa teoria, presuppone che le variazioni della luminosità (o intensità) delle immagini SAR siano proporzionali all'ampiezza delle onde superficiali oceaniche. Secondo questa teoria le onde che scatterano maggiormente hanno un numero d'onda K_b tale che:

$$K_b = 2K_{em}\sin(\theta) \quad [1]$$

dove K_{em} è il numero d'onda della radiazione elettromagnetica incidente e θ l'angolo con cui incide. Ciò significa che si avrà maggiore evidenza dello scattering da onde di piccola scala.

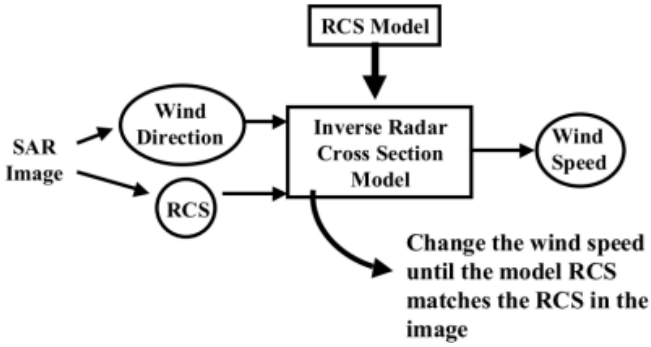


Figura 1. Schema dell'algoritmo per la stima del vento da immagini SAR.

Considerando che il responsabile delle onde di piccola scala è proprio il vento locale, è da queste considerazioni che derivano i vari approcci, presentati in letteratura, per stimarlo. Questo fatto, infatti implica, che la RCS (Radar Cross Section) dell'immagine SAR possa essere collegata alla velocità e alla direzione del vento locale. L'approccio generale per la stima del vento è illustrato nella Fig 1.

Alla base di tutto viene utilizzato un modello che metta in relazione la RCS con la velocità e la direzione del vento (Nirchio, Venafra, 2010). La procedura generale è quella di stimare inizialmente la direzione del vento e successivamente trovare la velocità del vento che riproduce la RCS osservata. Ciò che differenzia i diversi approcci sono il modello di RCS utilizzati e il modo con cui viene stimata la direzione del vento.
Per la Missione ESA ERS-1/2 (sensori SAR in banda C che operano in polarizzazione VV) alcuni modelli di RCS sono stati presentati e validati. Per la missione canadese RADARSAT-1 (sensore SAR in banda C che opera in polarizzazione HH), in letteratura sono stati presentati due diversi approcci. Il primo è quello di modificare empiricamente i modelli VV per adattarli alla polarizzazione HH. Il secondo approccio è quello di analizzare nuovi modelli direttamente per la polarizzazione HH.
Per la missione ENVISAT (sensore SAR in banda C) sono due i modelli, derivanti dagli approcci seguiti per la missione ERS 1/2, che hanno portato ai migliori risultati:

- CMOD4 sviluppato dall'Agenzia Spaziale Europea;
- CMOD_IFR2.

Vari approcci sono stati sviluppati anche per stimare la direzione del vento. Una classe di metodologie sfrutta l'immagine SAR anche per stimare questo parametro osservando che ci sono caratteristiche nelle immagini che tendono ad essere allineate con il vento locale. Il vantaggio di questa classe di approcci è stimare il vettore di vento dal solo dato SAR senza riferimento ad altre sorgenti. Lo svantaggio è che la direzione del vento risultante ha ambiguità di 180° e che le caratteristiche che vengono utilizzate non sempre sono presenti nell'immagine SAR.
La seconda classe di approcci utilizza contemporaneamente altri satelliti (ad esempio scatterometri) o fa uso di modelli atmosferici da cui derivare questo parametro. La recente possibilità di poter usufruire di nuove costellazioni in banda X (COSMO/SKYMED, TerraSARX) sta focalizzando l'interesse del mondo accademico verso lo sviluppo di metodologie per la stima di parametri utilizzando queste nuove sorgenti di dati. Se per l'utilizzo di dati della missione TerraSAR-X in letteratura è possibile trovare alcuni risultati, sono molto poche ad oggi le metodologie che sfruttino la costellazione COSMO/SKYMED. La revisione e la definizione di nuove metodologie per la stima del vento utilizzando questa costellazione garantirebbe lo sfruttamento di nuovi dati per applicazioni facilmente sfruttabili commercialmente.

2.2 Stima dell'irradianza solare al suolo

Lo sfruttamento dei dati di osservazione della Terra per la stima della radiazione solare che giunge al suolo è stata oggetto di molte ricerche che hanno portato alla definizione della metodologia denominata Heliosat. La tecnica Heliosat per l'analisi di immagini satellitari fu introdotta per la prima volta da Cano (Cano et al., 1986) e nel corso degli anni è stata oggetto di studi migliorativi (nuovi modi di calcolare l'indice di nuvolosità, di cielo sereno e l'irradianza globale orizzontale nel caso di cielo sereno) e di validazione, che ne hanno fatto una metodologia standard e affidabile.

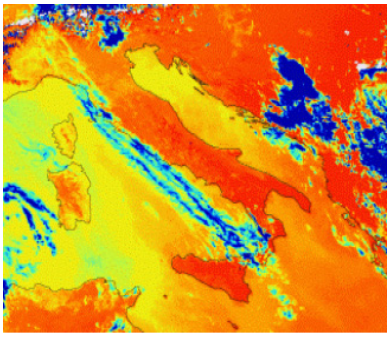


Figura 2. Mappa di irradiazione solare ricavata usando il modello Heliosat ed immagini del satellite MSG.

Heliosat è uno dei metodi più usati per ottenere da dati ambientali rilevati con tecniche di misura satellitare, l'irradianza globale orizzontale sulla superficie terrestre. I suoi aspetti chiave sono:

- la conversione dell'immagine satellitare in una matrice di "indici di nuvolosità";
- la conversione dell'indice di nuvolosità in "indice di cielo sereno";
- il modello per il calcolo dell'irradianza globale orizzontale in condizioni di cielo sereno.

L'indice di nuvolosità rappresenta una sorta di attenuazione della radiazione dovuta all'atmosfera. Per il suo calcolo è anche necessario una serie temporale di immagini satellitari, insieme con la corrispondente informazione ("Cloud Mask") sulla presenza o meno di nuvole al momento della rilevazione della radiazione da parte dei pixel del sensore. L'indice di nuvolosità è quindi collegato, da una relazione lineare, all'indice di cielo sereno che rappresenta il rapporto tra l'irradianza globale orizzontale (la grandezza che si vuole calcolare) e l'irradianza globale orizzontale in condizioni di cielo sereno. Stimando quest'ultima per mezzo di un modello di atmosfera priva di nubi (Rigollier, 2000), si può infine ricavare l'irradianza globale orizzontale.
Questo metodo è applicato a immagini acquisite da satelliti meteorologici geostazionari, quali Meteosat (Eumetsat), GOES (NASA) e GMS (NASDA). La metodologia appena descritta potrà essere adattata ai dati che verranno raccolti dal sistema PRISMA, che avrà anche un sensore iperspettrale che rileverà la radiazione nell'intervallo 0.4 - 2.5 μm, avrà una risoluzione spaziale di 20 - 30 metri e annovererà tra i prodotti di livello 1 la "Cloud Mask". Si potrà valutare l'applicazione di questa metodologia anche ai dati raccolti con il sensore MIOSAT.

3. LA MODELLIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI

Partendo dai parametri ambientali stimabili fruttando i dati i EO satellitari è possibile, utilizzando opportuni modelli che descrivono il comportamento degli impianti, ricavare all'energia prodotta.

3.1 Gli impianti eolici off-shore

Il modello di impianto eolico off-shore che sarà considerato include due elementi:

- il campo di vento;
- le turbine eoliche.

La turbina eolica è un trasformatore di energia con, in ingresso, l'energia eolica e, in uscita, la potenza prodotta. Quando il vento attraversa le pale della turbina parte della sua energia cinetica è trasferita al rotore. La frazione di potenza che è estratta dalla potenza eolica (stimabile dalla velocità del vento, dalla densità dell'aria e dal raggio delle pale della turbine) può essere calcolata tramite un coefficiente che dipende, esso stesso, dalla velocità del vento e dall'angolo di beccheggio della pala eolica.

3.2 Gli impianti CSP

Gli impianti solari termodinamici sfruttano la radiazione solare diretta su superficie normale per produrre energia. La conoscenza di questa quantità è essenziale, sia nella fase di pianificazione, per valutare la fattibilità finanziaria di un nuovo impianto produttivo, che nella fase operativa, per un'accurata analisi delle prestazioni del sistema.
I principali dati necessari per la modellizzazione di un campo solare sono:

- la temperatura e la portata del fluido termovettore;
- l'irradianza solare diretta su superficie normale;
- la temperatura ambiente;
- la velocità del vento.

In uscita dal campo solare, il modello, tramite l'analisi del bilancio energetico tra la potenza assorbita dal fluido termovettore e quella ceduta all'ambiente circostante, fornirà i seguenti risultati:

- la temperatura del fluido termovettore;
- la potenza assorbita;
- la potenza ceduta all'ambiente;

- l'efficienza istantanea del campo.

Altri aspetti significativi della modellizzazione del campo solare riguardano:

- l'ottica degli specchi (caratteristiche quali la forma e le proprietà riflettenti);
- la pellicola sulla superficie del tubo ricevitore).

3.3 Gli impianti CPV

I sistemi fotovoltaici a concentrazione sono generalmente costituiti da:

- un sistema ottico di specchi riflettenti o di lenti refrattive che concentrano la radiazione solare su dei moduli fotovoltaici;
- un sistema di inseguimento del sole.

I sistemi fotovoltaici concentrati sono usualmente classificati in sistemi a bassa, media e alta concentrazione, a secondo del rapporto tra l'area della superficie effettiva su cui incide la radiazione solare e l'area della superficie dei moduli su cui la radiazione viene concentrata.
I sistemi fotovoltaici a bassa concentrazione sono i più diffusi.
Come nel caso dei sistemi CSP, l'unica componente della radiazione solare che può essere concentrata è quella diretta su superficie normale, la cui conoscenza è fondamentale sia al momento di pianificare l'installazione di un nuovo impianto, per la valutarne la fattibilità finanziaria, sia durante la fase operativa dell'impianto, per analizzarne accuratamente le prestazioni.
Gli altri due aspetti significativi della modellizzazione degli impianti CPV sono:

- la geometria degli specchi riflettenti;
- i moduli fotovoltaici.

I moduli, essendo quelli utilizzati nei sistemi fotovoltaici tradizionali, possono essere modellizzati tramite delle tecniche ben collaudate. Una di queste, già implementata nel servizio SolarSAT PV-Controller, è quella che prevede la rappresentazione del modulo fotovoltaico tramite un circuito equivalente costituito da un generatore di corrente (fotovoltaica), collegato in serie con una resistenza e in parallelo con un diodo e un'altra resistenza.

4. PRIMI RISULTATI DEI TEST

Le prime applicazioni di questi metodi hanno già portato ad avere ottimi risultati in vari casi di prova sia per quanto concerne il monitoraggio dell'irradianza diretta su piano normale, in cui l'irradianza misurata e quella ricavata da dato satellitare non si sono discostate più del 10%, sia per quanto riguarda il calcolo dell'intensità e direzione del vento da immagini SAR, in cui l'errore rispetto al dato misurato è rimasto al di sotto del 15%, fornendo quindi una buona base per il monitoraggio della energia AC prodotta dagli impianti e per il successivo sviluppo dei servizi web.

5. BIBLIOGRAFIA

Cano D., Monget J.M., Albuisson M., Guillard H., Regas N., and Wald L. (1986), "A method for the determination of the global solar radiation from meteorological satellite data", *Solar Energy*, 37: 31-39

Eicker U. (2003), *Solar technologies for buildings,* John Wiley & Son Ltd, Chichester (UK)

Nirchio F. and Venafra S., (2010), "Preliminary model for wind estimation from Cosmo/SkyMed X band SAR data", *Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS 2010*: 3462 –3465

Powell W. R. (1981), "An Analytical Expression for the Average Output Power of a Wind Machine", *Solar Energy*, 26: 77-80

Rigollier C., Bauer O. and Wald L. (2000), "On the clear sky model of the 4th European Solar Radiation Atlas with respect to the Heliosat method", *Solar Energy*, 68: 33-48

Leica SmartNet Monitoring Service per il controllo in continuo di reti GNSS RTK e di reti GNSS per il monitoraggio di deformazioni

Marco Mozzon, Francesco Matonti, Alberto Caligaris

Leica Geosystems S.p.A., Via Codognino 10, 26854 Cornegliano Laurense (LO),
Tel. +39-0371-69731, Fax +39-0371-697333, info@smartnet-eu.com

Sommario

La crescente diffusione delle reti di stazioni permanenti GNSS, utilizzate per il posizionamento topografico e per il monitoraggio di deformazioni, richiede sempre di più un costante controllo della qualità dei dati acquisiti e delle coordinate delle stazioni che compongono la rete.
I software commerciali orientati alla distribuzione di servizi di posizionamento assolvono alla necessità di un controllo rigoroso dei dati e delle coordinate su cui basano la generazione di servizi tramite moduli e procedure dedicati.
SmartNet Monitoring Service permette di controllare in continuo la qualità e l'integrità delle reti GNSS fornendo informazioni all'amministratore di rete e all'utenza, semplici e comprensibili. Il servizio sviluppato è basato sull'utilizzo in maniera automatica del software scientifico Bernese. La procedura è completamente configurabile in base alle esigenza e al tipo di monitoraggio. I risultati ottenuti vengono poi visualizzati in maniera chiara e comprensibile su una piattaforma web personalizzata ed accessibile da qualsiasi utente accreditato. Un sistema di allarmistica configurabile permette di inviare sms ed email in caso di rilevamento di valori che superano le soglie stabilite. Il servizio è stato applicato alla rete Leica SmartNet Europe composta da più di 1500 stazioni di riferimento in 14 stati europei, e ha permesso di rendere completamente automatico il controllo delle coordinate delle stazioni di riferimento della rete.

Abstract

The increasing spread of the CORS networks, used for topographic and deformation monitoring purposes, requires an even more steady check of the streamed data and reference stations coordinates.
The commercial software for the positioning services fulfills the data and coordinates control needed using dedicated modules and procedures.
The SmartNet Monitoring Service controls the integrity and the quality of GNSS networks providing simple and understandable information to the network administrator and to the users. The service is based on the well-known scientific software Bernese. The control procedure is automatic and completely configurable to the needs of the user and to the type of monitoring. The results are displayed in a clear way on a customable web platform accessible by authenticated users.
Furthermore an alarm system can be configured. The system allows sending SMS or emails in case of defined quality thresholds are exceeded.
The service has been applied to the SmartNet Europe Network. The SmartNet Europe Network consists of more than 1500 reference stations in 14 European countries. This service has helped to automatically perform a quality check on all reference station coordinates.

Introduzione

I servizi di posizionamento in tempo reale e post-processamento proposti dalle reti GNSS, sono diventati sempre più uno strumento indispensabile per rendere il lavoro in campo più produttivo, e

hanno assunto valore e importanza da un punto di vista della gestione del dato e per quanto riguarda l'uniformità delle informazioni ottenute.
È importante e necessario garantire quindi un servizio sempre attivo ed affidabile. Oltre alla componente hardware, costituente l'infrastruttura della rete, è necessario che siano controllati costantemente i prodotti che vengono distribuiti all'utenza tramite il software di gestione. Diventa fondamentale quindi un controllo continuo e preciso delle coordinate delle stazioni di riferimento per garantire la qualità dei servizi di posizionamento e per il monitoraggio degli eventuali spostamenti.
Nel caso di reti eroganti servizi di posizionamento GNSS i software adibiti alla gestione della rete permettono già, tramite l'utilizzo di opportuni moduli e procedure interne, di effettuare un controllo sulla qualità dei dati e delle coordinate erogate, fornendo quindi la validazione interna sull'integrità della rete. Un sistema di controllo continuo delle coordinate delle stazioni e una visualizzazione delle serie storiche, solitamente non integrata nei software commerciali, sono tuttavia uno strumento fondamentale per il gestore di rete al fine di garantire un più accurato monitoraggio della rete stessa e del servizio erogato.
Per quanto riguarda invece le reti con tecnologia GNSS applicate al monitoraggio di deformazioni è indispensabile avere uno strumento affidabile con il quale monitorare e visualizzare graficamente in maniera chiara ed immediata le coordinate delle stazioni e la loro evoluzione temporale.
Partendo da questi presupposti è stato realizzato il servizio SmartNet Monitoring Service.
SmartNet Monitoring Service è un servizio *cloud* che permette all'utente, a partire dai file in formato RINEX delle stazioni di riferimento componenti la rete, di elaborare i dati e visualizzare i risultati online sul sito web del servizio.
Il servizio è costituito principalmente da due moduli:

- controllo ed elaborazione
- visualizzazione dei risultati e generazione degli allarmi.

Entrambi i moduli sono completamente configurabili ed adattabili al tipo di monitoraggio da effettuare ed alle esigenze dell'utenza.
Il primo modulo è costituito in massima parte dal software *Bernese GPS Software* (Datch et al., 2007) ed è adibito al controllo e al processamento dei dati delle stazioni GNSS per il calcolo delle coordinate.
Il secondo modulo è invece costituito da un sito web dinamico che permette agli utenti autenticati la visualizzazione grafica in modo semplice e immediato dei risultati. Al servizio di visualizzazione è inoltre abbinabile un servizio di allarmistica automatica.
Attualmente SmartNet Monitoring Service è applicato con successo al controllo continuo di una rete GNSS RTK: la rete di stazioni permanenti SmartNet Europe (*http://www.smartnet-eu.com*) costituita da più di 1500 stazioni di riferimento distribuite in 14 stati europei.

Modulo di controllo ed elaborazione
La scelta della strategia di calcolo è il punto di partenza di questo modulo. Vengono raccolte tutte le informazioni necessarie per poter adottare la strategia di calcolo migliore per la rete e per fornire i risultati nella forma desiderata all'utente finale, in funzione anche del tipo di monitoraggio da effettuare.
Individuata la strategia vengono raccolte tutte le informazioni per poter procedere alla configurazione del software. Vengono verificate in particolare la corrispondenza delle informazioni contenute all'interno dell'header dei file RINEX con quelle fornite dal gestore della rete; le eventuali incongurenze vengono segnalate e corrette. Per effettuare il calcolo viene utilizzato il software *Bernese 5.0* (Datch et al., 2007) aggiornato all'ultima release disponibile. L'elaborazione viene eseguita utilizzando i parametri standard adattati a seconda della geometria della rete. Per la stima delle coordinate vengono utilizzati tutti i prodotti IGS.

Per il monitoraggio quotidiano della rete vengono utilizzati i prodotti ultrarapidi IGS mentre, per la stima iniziale delle coordinate, se richiesta dal progetto, vengono utilizzati i prodotti finali IGS.
Particolare attenzione viene dedicata alla scelta delle stazioni di riferimento. Questa è effettuata sulla base della disponibilità delle coordinate e delle rispettive velocità nel sistema di riferimento IGS08 oltre che alla distribuzione geografica delle stesse. Inoltre la selezione delle stazioni di riferimento è effettuata seguendo i criteri di stabilità e continuità della serie storica di ognuna delle stazioni considerate. Tutta la procedura di monitoraggio avviene in maniera automatica ed è modificabile in qualsiasi momento a seconda delle esigenze dell'utente. Tutte le soluzioni vengono calcolate nel sistema di riferimento IGS08 e solo successivamente vengono trasformati i risultati nel sistema locale (sistema di riferimento in uso o in funzione della richiesta dell'utente). Il workflow del modulo viene mostrato di seguito in figura 1.

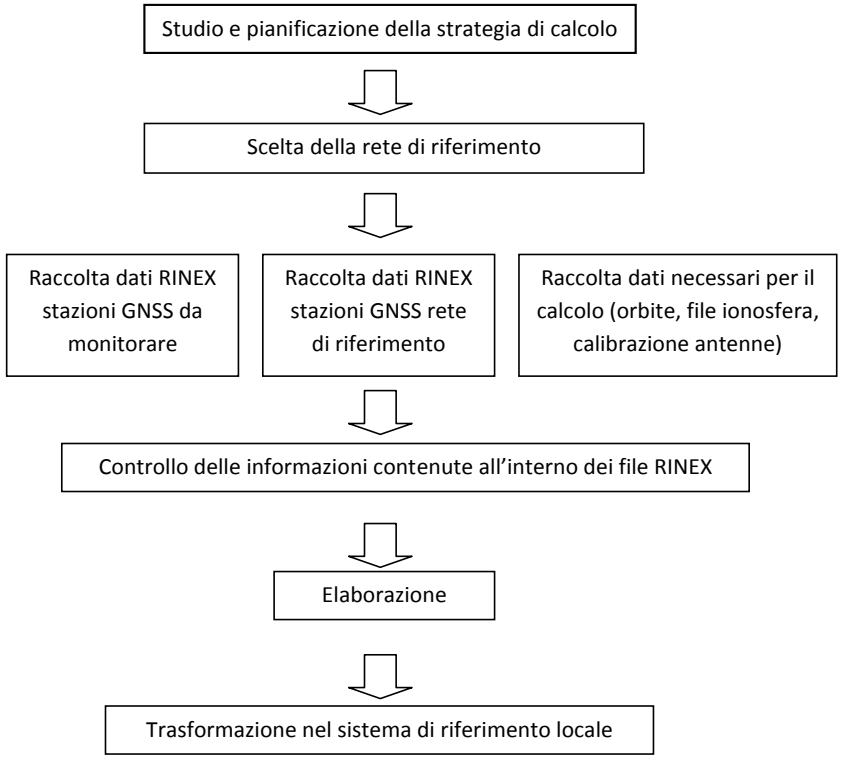


Figura 1. Workflow modulo di elaborazione dati.

Modulo di visualizzazione dei risultati e generazione degli allarmi
Uno dei cardini del servizio è fornire all'utenza una visualizzazione semplice e personalizzabile dei risultati dell'elaborazione.
È stato realizzato un modulo costituito da un software scritto in linguaggio Python e un sito web dinamico HTML/PHP/MySQL che, partendo dalle coordinate calcolate dal software Bernese, visualizza graficamente in modo chiaro i risultati di tale elaborazione mettendoli a disposizione online.
L'accesso al sito web avviene in modalità sicura tramite autenticazione con username e password. Ogni utente può accedere solamente ai progetti per i quali è accreditato.

Una volta autenticato nel servizio, l'home page mostra all'utente una tabella in cui sono sinteticamente elencati i risultati della elaborazione giornaliera in forma di differenza di coordinata calcolata rispetto alle coordinate di riferimento (vedi figura 2). Inoltre sono disponibili per ogni stazione di riferimento i link ai rispettivi grafici dei risultati.



	Country Map
FINLAND	

Project Finland - Solution Date 2012/08/30

	Coordinates	Time Series 30d	Time Series	2D Scatter	Delta E	Delta N	Delta H	Status
AANE					0.011	0.003	0.002	
EURA					0.018	0.016	-0.001	
EVIJ					0.013	0.007	0.003	
HAIL					-	-	-	
HAME					0.012	0.005	0.003	
HART					0.016	0.007	0.007	
IMAT					0.008	0.009	0.010	
IISA					-0.019	0.013	-0.062	
ILOM					0.010	0.002	0.004	
JUVA					0.014	0.007	0.006	

Figura 2. Home page di SmartNet Monitoring Service per la rete di stazioni permanenti SmartNet Finland.

È stato programmato un sistema di controllo automatico in base al quale se la differenza tra coordinata di riferimento e coordinata calcolata supera una certa soglia, definita dall'utente, vengono visualizzati sull'home page degli allarmi. È anche possibile settare l'invio automatico di email al superamento di tali soglie.
Per ogni stazione di riferimento sono visualizzabili diverse informazioni:

- coordinate
- stato della stazione
- posizione sulla mappa
- serie storica in *Est Nord Quota* delle coordinate calcolate (vedi figura 3)
- *scatter 2D.*

È inoltre possibile personalizzare i grafici per visualizzare tali risultati in un sistema di riferimento locale oppure in un sistema di riferimento globale.
Se il progetto lo richiede è possibile calcolare automaticamente e visualizzare sui grafici delle serie storiche la velocità di spostamento della stazione.

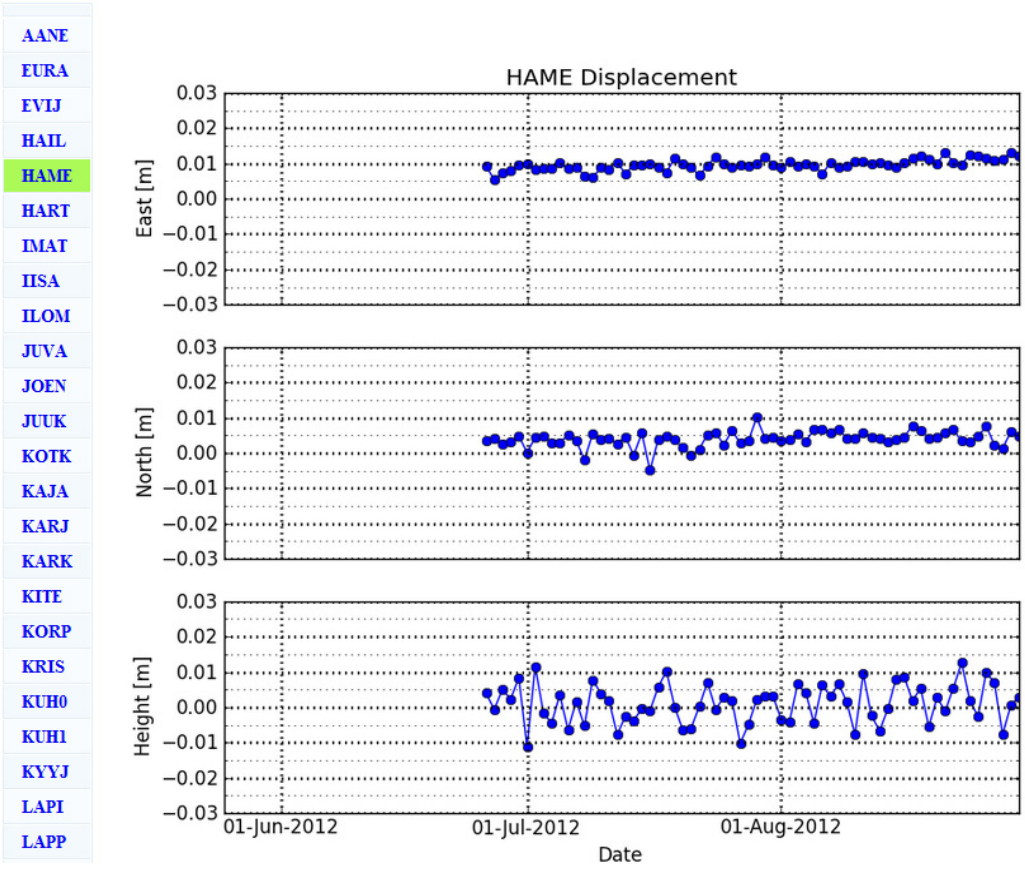


Figura 3. Serie temporale per la stazione di riferimento HAME della rete di posizionamento SmartNet Finland.

Considerazioni conclusive

Il sistema realizzato permette di effettuare un monitoraggio preciso ed affidabile delle coordinate delle stazioni di riferimento GNSS e di visualizzarne i risultati online.

Il servizio si propone in particolare ad una utenza non accademica, in quanto è sufficiente fornire i file RINEX delle stazioni di riferimento come unico input; non è richiesta pertanto alcuna conoscenza di software scientifici per l'elaborazione GNSS.

Inoltre non è richiesto alcun hardware e software specifico, in quanto questi sono messi a disposizione dal servizio, rendendo quindi facilmente accessibile una piattaforma altrimenti complessa e onerosa da gestire.

Attualmente SmartNet Monitoring Service è operativo per il monitoraggio delle coordinate della rete di riferimento SmartNet Europe, rete costituita da più di 1500 stazioni di riferimento distribuite su tutto il territorio europeo.

Riferimenti bibliografici

Dach R., Hugentobler U., Fridez P., Meindl M (2007), *Bernese GPS Software Version 5.0*, Astronomical Institute, University of Bern

SmartNet Europe Web Site. Disponibile all'indirizzo http://www.smartnet-eu.com