

IDENTIFICAZIONE DI SITI PER IL MONITORAGGIO DEI SUOLI IN LOMBARDIA: METODOLOGIA E PRIMI RISULTATI

Noemi Emanuela CAZZANIGA (*), Livio PINTO (*), Alberto ROCCA (**),
Stefano BRENNI (**), Marco SCIACCALUGA (**)

(*) DIAR - Politecnico di Milano – p.zza L. da Vinci 32 – Milano – mail: [noemi.cazzaniga, livio.pinto]@polimi.it
(**)ERSAF – via Copernico 38 – Milano – mail: [alberto.rocca, stefano.brenna, marco.sciaccaluga]@ersaf.lombardia.it

Riassunto

SOILQUALIMON (Sistema di monitoraggio dei suoli di Lombardia) è un progetto di ricerca avviato dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF) su incarico della Regione Lombardia con il compito di allestire sull'intero territorio lombardo un sistema permanente di monitoraggio della qualità dei suoli. Il sistema ha per oggetto una serie di indicatori agro-ambientali in grado di descrivere da un lato le caratteristiche dei suoli, significative per la definizione di strategie politiche efficaci e dall'altro di rappresentare i principali temi legati alla multifunzionalità dell'agricoltura. I risultati finali saranno implementati in una infrastruttura spaziale dei dati, realizzata in accordo ai criteri INSPIRE, per aggiornare e rendere accessibile l'informazione territoriale raccolta.

Il monitoraggio, consistente nello studio delle proprietà del suolo e nel prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi fisico-chimiche, viene effettuato in prossimità dei nodi di una rete a maglia quadrata di 18 km di lato. È risultato quindi necessario stabilire una metodologia di lavoro in grado di identificare in maniera rapida i vertici sul territorio anche da parte di personale non specializzato nel posizionamento. In collaborazione con il Politecnico di Milano (DIAR-Sez. Rilevamento) è stato sviluppato lo standard di lavoro per l'identificazione delle aree di monitoraggio, tramite GPS e strumentazione topografica classica a basso costo, tenendo conto di ambiti geografici differenti per accessibilità, visibilità del cielo e copertura GSM. Vengono esposti i principali risultati finora ottenuti nei diversi ambiti: pianura e montagna, con scarsa o piena visibilità dei satelliti.

Il progetto SOILQUALIMON

Il suolo e lo spazio rurale sono risorse vitali sottoposte a crescenti pressioni, che ne compromettono la disponibilità, la funzionalità e la redditività e che si traducono in forme di degrado, spesso correlate tra loro, riconducibili al rischio di erosione, alla diminuzione di materia organica, alla contaminazione, alla impermeabilizzazione diffusa, alla compattazione, alla perdita di biodiversità, alla salinizzazione e, in relazione agli effetti del cambiamento climatico, alla desertificazione. Per questo si riscontra oggi, a livello internazionale e nell'ambito dell'Unione Europea, la necessità di una "strategia per la protezione del suolo" basata su principi di prevenzione, precauzione e anticipazione, ricorrendo a sistemi di monitoraggio dei suoli e alla individuazione di indicatori completi e comparabili [10].

In tale contesto ERSAF su incarico della Regione Lombardia ha avviato nel luglio 2006 il progetto di ricerca triennale SOILQUALIMON: Sistema di monitoraggio dei suoli di Lombardia. La finalità è l'allestimento di un sistema permanente per il monitoraggio dei suoli dell'intero territorio lombardo, che concili esigenze di rigore e rappresentatività tecnico-scientifica e di ottimizzazione delle risorse finanziarie ed organizzative, tenendo conto della necessità di inserimento funzionale nelle reti nazionale ed europea di monitoraggio del suolo e della biodiversità. Funzione principale è quella di indagare i suoli dal punto di vista chimico, fisico e biologico per ottenere una dettagliata valutazione

dello stato attuale della loro “qualità”, e di controllare nel tempo i cambiamenti dei principali parametri attraverso la ripetizione delle campagne di monitoraggio a periodi prefissati di tempo.

Un aspetto importante nella fase di elaborazione sarà l'identificazione di una serie di indicatori agro-ambientali in grado di descrivere da un lato le caratteristiche dei suoli significative per la definizione di strategie politiche efficaci (quali il controllo dell'erosione, il mantenimento ed incremento della sostanza organica, la tutela della biodiversità del suolo...) e dall'altro di rappresentare i principali temi legati alla multifunzionalità dell'agricoltura (ambiente, paesaggio, sicurezza idrogeologica...). I risultati finali saranno implementati in una infrastruttura spaziale dei dati (SDI), realizzata in accordo ai criteri INSPIRE, per aggiornare e rendere accessibile l'informazione territoriale e la meta-informazione sul suolo e lo spazio rurale.

La rete di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio è basato sullo schema della rete del progetto LUCAS (Land Use Cover Area Frame Statistical Survey) [4], lanciato nel 2001 da EUROSTAT (Statistical Office of the European Communities), in collaborazione con la Direzione Generale per l'Agricoltura della Commissione Europea, con lo scopo di monitorare la copertura e l'uso del suolo su scala europea. Tale rete si basa su una griglia quadrata di 18 km di lato e prevede il rilevamento dei dati nell'intorno di ciascun nodo della rete, denominato Primary Sampling Unit (PSU), più precisamente in corrispondenza di 10 punti secondari, denominati Secondary Sampling Unit (SSU). L'adozione di una rete di dimensione 18 x 18 km, risoluzione spaziale di dettaglio su scala europea, risponde alla esigenza di ottenere informazioni circostanziate compatibilmente con i costi necessari alla raccolta di tali dati.

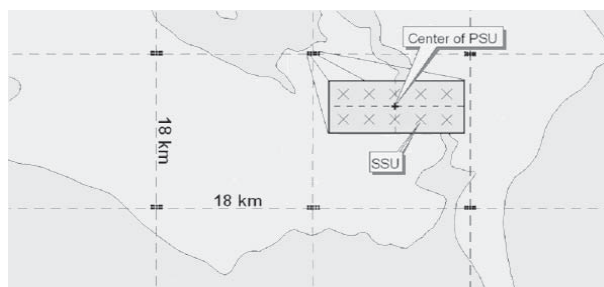


Figura 1 – Rete LUCAS: schema di definizione di PSU e SSU

Nella rete LUCAS italiana i punti SSU sono distanti tra loro 250 m e sono disposti simmetricamente rispetto al punto PSU, cinque per parte, su due linee orizzontali distanziate di 500 m (fig. 1). Tra questi 10 punti viene individuato, con opportuni criteri di selezione, il sito di monitoraggio del progetto SOILQUALIMON.

I nodi della rete che ricadono in Lombardia sono 72 (fig. 2); di questi 12 sono ubicati in aree non idonee al campionamento (zone urbanizzate, aree idriche, affioramenti rocciosi...). Utilizzando una griglia a maglia ridotta sono stati individuati tre nuovi siti, di cui due in sostituzione di siti non idonei e uno a copertura del territorio a Est di Mantova rimasto scoperto nella rete originariamente predisposta. Complessivamente i siti interessati dall'attività di monitoraggio sono 45 di cui 38 nella Pianura Padana.

L'area di rilevamento coincide - in pianura - con l'unità di paesaggio aziendale (o la particella catastale), dove ricade il punto SSU prescelto, mentre in altre condizioni - come in montagna o in zone forestali - è pari ad una superficie di 4 ha (40.000 m²) centrata sul punto SSU in esame.

Il monitoraggio consiste nello studio delle proprietà del suolo attraverso l'esecuzione di un profilo pedologico e nel prelievo mediante trivella manuale nello strato superficiale di suolo (da 0 a 30 cm) di campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio. Il profilo pedologico, ovvero una sezione verticale tridimensionale abbastanza grande da permettere di osservare le caratteristiche del suolo e le loro variazioni sia orizzontali che verticali, viene realizzato nel punto SSU individuato.



Figura 2 – Rete SOILQUALIMON: nodi PSU

Il campionamento di suolo viene effettuato in tre celle di una griglia di 20 20 m sovrapposta all'area di rilevamento. Le celle di monitoraggio sono disposte lungo due assi ortogonali, una nell'incrocio di questi, le altre due a distanza di 40 e 80 m dalla prima (fig. 3). Tale schema, che ha lo scopo di fornire una rappresentatività spaziale dell'area di rilevamento, viene adottato in particolar modo nei siti dislocati negli appezzamenti agricoli di pianura. In ogni cella il prelievo di campioni di suolo viene effettuato in 9 punti distanti tra loro 4 m e disposti a partire dal centro cella lungo gli assi Nord-Sud ed Est-Ovest (fig. 4).

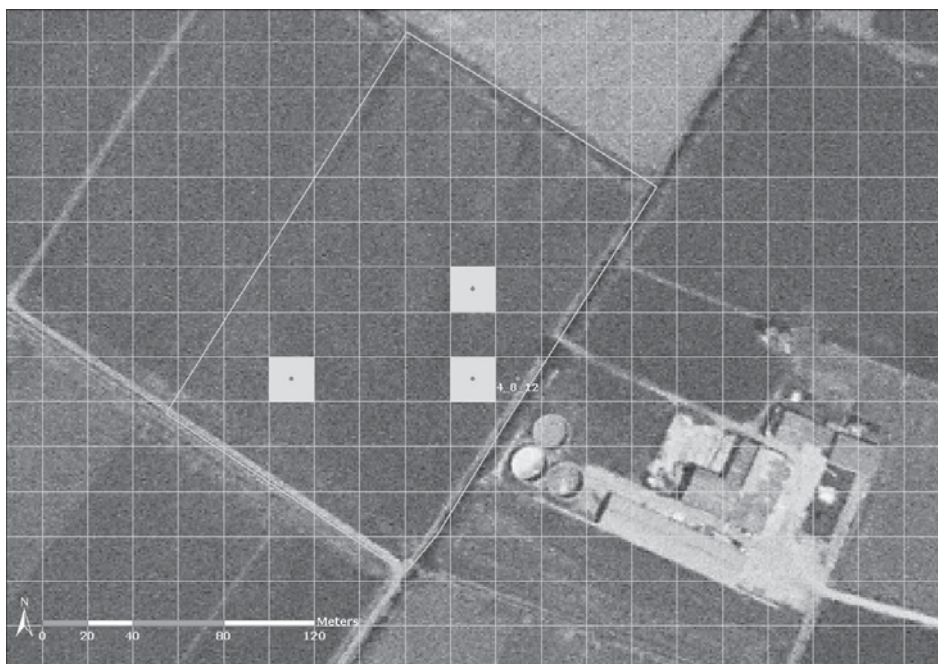


Figura 3 – Esempio di celle di monitoraggio

Laddove invece si riscontrano condizioni sfavorevoli all'applicazione del protocollo previsto (come per esempio in ambiti forestali), il campionamento viene effettuato su una sola cella di 20 20 m, basandosi sulla metodologia sviluppata dai ricercatori francesi dell'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) [5]. Il prelievo di suolo viene in questa circostanza effettuato in 25 punti distanti tra loro 4 m, simmetricamente distribuiti all'interno della cella.

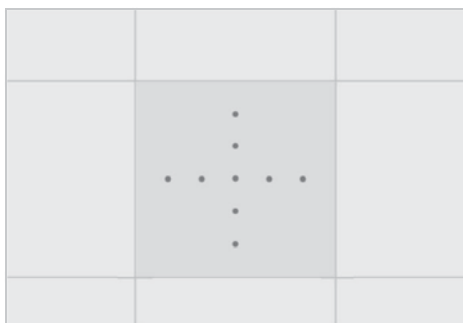


Figura 4 – Disposizione standard dei punti di prelievo dei campioni di suolo rispetto al vertice di una cella di campionamento

Metodologia di individuazione dei siti sul campo

Per valutare correttamente la variazione dei parametri di qualità del suolo e dei valori degli indicatori, si prevede di effettuare il campionamento del terreno sullo stesso punto a intervalli di tempo dell'ordine di pochi anni. Per questo motivo una tappa importante nella messa in opera del sito di monitoraggio è il procedimento di georeferenziazione. Come descritto precedentemente, ogni cella di monitoraggio viene identificata in campo da un solo punto, coincidente con il centro della stessa cella e avente coordinate note all'interno del sistema cartografico di riferimento, Gauss-Boaga fuso Ovest. Risulta fondamentale riuscire ad individuare l'esatta posizione del sito di campionamento riducendo al minimo l'errore associato, possibilmente inferiore a 50 cm. Il fattore di precisione assume infatti particolare rilevanza in vista di una replica del campionamento in tempi successivi, per monitorare nel breve e lungo periodo i cambiamenti delle caratteristiche e delle proprietà del suolo.

La necessità di un posizionamento di precisione possibilmente submetrica e di un'elevata ripetibilità nell'identificazione dell'area di monitoraggio in tempi successivi, hanno richiesto l'utilizzo di strumentazione GPS di qualità superiore. Si è quindi scelto di utilizzare un ricevitore Trimble GPS Pathfinder ProXH, con possibilità di connessione al servizio di correzione differenziale fornito da IREALP (servizio GPS Lombardia) tramite palmare con cellulare integrato. Sul palmare è stato installato il software ArcPad ESRI per la generazione degli shapefile delle posizioni stimate, tramite l'estensione Trimble GPSCorrect per la correzione differenziale in tempo reale. I dati raccolti sul campo vengono postprocessati con il software GPS Pathfinder Office.

Inoltre l'utilizzo della strumentazione GPS presenta in questo caso alcune problematiche, legate non solo alla difficoltà in alcuni siti di ricevere la correzione differenziale a causa della mancanza di copertura GPRS, ma anche legate a condizioni di scarsa visibilità satellitare, fenomeno frequente in aree montuose o in boschi. In questi casi si è scelto di utilizzare un distanziometro Leica, rotella metrica e bussola professionale. È stata quindi necessaria un'adeguata definizione di uno standard di lavoro per l'identificazione delle aree di monitoraggio nei due casi (pianura e montagna), stabilendo delle procedure semplici e rapide di utilizzo sul campo da parte di personale, non dotato di particolari competenze specifiche.

L'individuazione sul terreno di un punto di coordinate note in tempo reale e la successiva determinazione delle coordinate del vertice su cui si è effettuato realmente il campionamento richiede l'utilizzo di diversi software specifici, con file di diverso formato, e richiede il passaggio da differenti sistemi di riferimento. I dati di partenza infatti, ricavati da cartografia in formato .shp, sono espressi in coordinate Roma40 Gauss-Boaga fuso Ovest, mentre le posizioni stimate in tempo

reale tramite GPS opportunamente collegato alla rete GPS Lombardia attualmente sono espresse nel sistema di riferimento IGS05. Il sistema di riferimento di queste soluzioni è stabilito da Irealp, che periodicamente aggiorna i parametri di trasformazione (con cadenza circa annuale). La trasformazione di sistema di riferimento, di coordinate e la relativa proiezione cartografica viene effettuata tramite i software della famiglia ArcGIS e Verto, in modo del tutto trasparente all'utente, che deve semplicemente impostare i desiderati parametri di trasformazione per il particolare progetto di lavoro. Questo implica la conoscenza di diversi programmi di calcolo, per cui si è scelto di svolgere queste operazioni quanto più possibile in ufficio, riducendo al minimo il lavoro sul campo.

Per quanto riguarda invece la fase di identificazione del sito in campo, nel caso in cui si abbia piena visibilità del cielo su tutta l'area da rilevare e che si abbia buona ricezione del segnale GPRS/GSM, (così da poter ricevere in tempo reale le correzioni differenziali), è possibile determinare l'ubicazione dei tre vertici tramite una semplice navigazione GPS verso gli stessi. Questa modalità fornisce le precisioni maggiori, potendo arrivare con la strumentazione adottata, anche a mezzo metro di errore di stima: l'operazione richiede la presenza di un solo operatore. Nel caso in cui solo su un vertice sia stato possibile effettuare la navigazione tramite connessione al servizio GPS Lombardia, è possibile, in caso di terreno pianeggiante, ricavare le posizioni degli altri due ricorrendo all'uso di rotella metrica e bussola. La precisione con cui possono essere determinati questi due vertici è circa dell'ordine di 1 m. Situazione più complessa è il caso in cui non siano visibili satelliti in numero sufficiente a determinare la posizione GPS. Questa circostanza si può verificare in particolare quando i vertici si trovano all'interno di aree boschive folte. In questo caso risulta necessario trasportare sul sito la posizione da un punto di coordinate note con metodi topografici classici, utilizzando un distanziometro laser o rotella metrica. Le incertezze ottenibili in questo caso possono essere superiori al metro.

Una volta identificato il punto, dove possibile, si procede alla raccolta di dati GPS grezzi per la successiva fase di postprocessamento tramite correzione differenziale, al fine di determinare la posizione in cui è stato effettuato realmente il campionamento.

Misure effettuate

Sono stati inizialmente effettuati alcuni test, sia su terreno pianeggiante che montuoso, su aree sia con piena visibilità del cielo sia in zone boschive, confrontato quanto ottenuto con la strumentazione prevista con i risultati ottenuti con GPS di categoria geodetica. Ciò ha permesso di verificare sul campo la bontà della soluzione delineata, che permette le precisioni prima descritte.

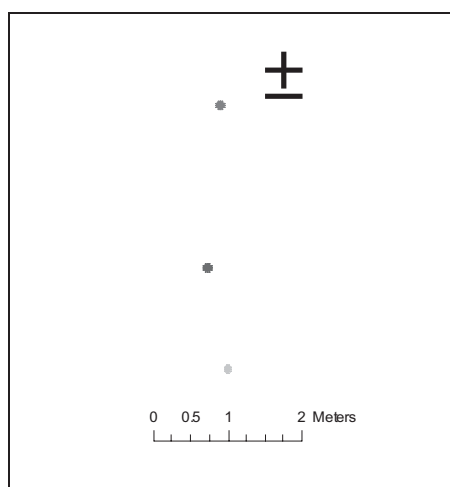


Figura 5 – Esempio di posizionamento in zona boschiva: in rosso è indicata la posizione reale del punto, in blu la posizione stimata in tempo reale GPS stand alone e in verde la posizione postprocessata

Sono quindi stati effettuati i primi monitoraggi su diversi nodi della rete SOILQUALIMON. L'attività di campionamento è tuttora in corso e al momento ha interessato il 32% dei siti previsti. I risultati evidenziati in pianura mostrano, com'era da aspettarsi, una copertura GPRS molto buona al pari della visibilità dei satelliti, per cui si hanno valori di PDOP abbastanza bassi (mediamente tra 2.0 e 3.1). Le precisioni, in queste situazioni particolarmente favorevoli, sono submetriche. Il post-processamento dei dati ha evidenziato uno scostamento medio dalla posizione cercata di 0.39 m. Nelle aree montuose finora rilevate è stata rilevata la copertura GPRS in poco più della metà dei casi. I risultati ottenuti in montagna evidenziano valori di PDOP un po' più elevati (mediamente tra 2.6 e 5.5). In più della metà dei casi è stato possibile effettuare il posizionamento tramite GPS, anche in zone boschive con elevato grado di copertura arborea. In queste zone, caratterizzate dai valori di PDOP più elevati, si è verificato che il GPS richiede un tempo superiore per raccogliere dati di qualità sufficiente (un incremento di circa il 50% del tempo impostato) e la precisione degrada fino a circa 5 m. Lo scostamento medio delle posizioni post-processate dalla posizione voluta è pari a 1.80 m. Negli altri casi è stato necessario ricorrere all'intersezione topografica classica effettuata con il distanziometro o con rotella metrica e bussola.

Conclusioni

Il progetto di ricerca "SOILQUALIMON", avviato da ERSAF su incarico della Regione Lombardia, ha il compito di allestire in Lombardia un sistema permanente finalizzato al monitoraggio della qualità dei suoli. In collaborazione con il Politecnico di Milano sono state definite le specifiche degli standard di lavoro per l'identificazione delle aree di monitoraggio in ambiti geografici differenti. Per individuare queste aree, anche in zone boschive, si è rivelato vantaggioso l'uso di GPS associato a strumentazione classica a basso costo, che consentono di raggiungere le caratteristiche di precisione e ripetibilità necessarie all'identificazione dell'area di monitoraggio in tempi successivi. È stato effettuato il rilevamento di punti in differenti zone di campionamento. Nell'ambito del rilievo, inoltre, sono state affrontate le problematiche specifiche riguardanti il posizionamento e il tracciamento di punti di coordinate note.

Bibliografia

- [1] A. Leick, GPS Satellite Surveying, 3 ed., Wiley, 2004.
- [2] A. Cina, Trattamento delle misure topografiche, ed. Celid, Torino, 2002.
- [3] A. Cina, GPS: principi, modalità e tecniche di rilevamento, ed. Celid, Torino, 2000.
- [4] The Lucas survey - European statisticians monitor territory – European Communities 2003
- [5] Jolivet C., Boulonne L., Ratié C. - Manuel du Mesures de la Qualité des Sols - 2006 - Unité InfoSol, INRA, Orleans, France.
- [6] ANPA – CTN_SSC. Censimento delle reti di monitoraggio sul suolo in Europa. RTI CTN_SSC 2/2000.
- [7] APAT - CTN_TES. Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali. Versione aggiornata sulla base delle indicazioni contenute nella strategia tematica del suolo dell'Unione Europea. CTN_TES 2003 – TES-T-MAN-03-02.
- [8] Verso una strategia tematica per la protezione del suolo - Commissione delle Comunità Europee 2002, COM(2002) 179 definitivo.
- [9] Strategia tematica per la protezione del suolo - Commissione delle Comunità Europee 2006, COM(2006) 231 definitivo.
- [10] Proposta di direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE - Commissione delle Comunità Europee 2006, COM(2006) 232 definitivo.

Partner del progetto SOILQUALIMON sono il laboratorio di analisi MAC - Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l. con sede a Vertemate con Minoprio (CO) e il centro di ricerca europeo Joint Research Centre - European Soil Bureau con sede a Ispra (VA).