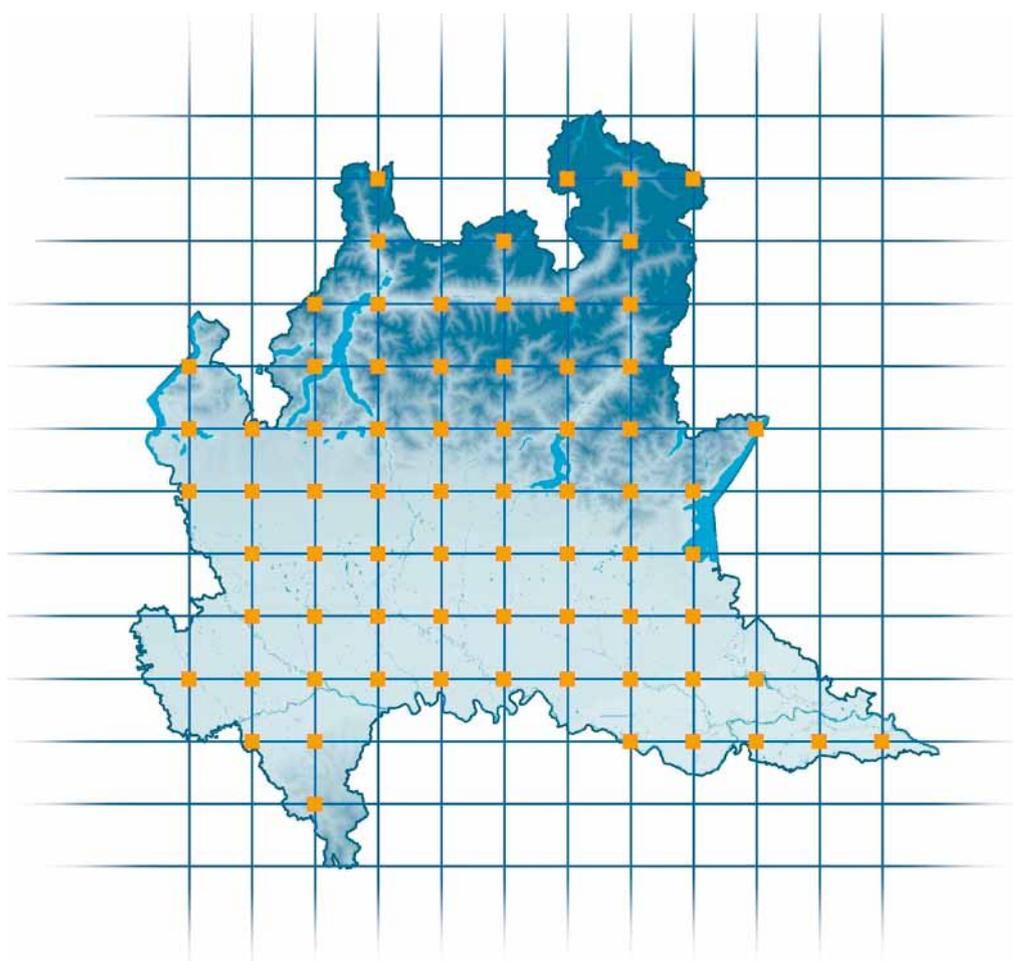


SOILQUALIMON

Sistema di Monitoraggio della
Qualità dei Suoli di Lombardia



Quaderni della Ricerca
n. 110 - maggio 2010

LOMBARDIA. COSTRUIAMOLA INSIEME.



Regione Lombardia
Agricoltura

Sperimentazione condotta nell'ambito del progetto di ricerca n. 1032 "Sistema di monitoraggio della qualità dei suoli di Lombardia - SOILQUALIMON" (d.g.r. 22 marzo 2006 n. VIII/2182 – Programma di attività 2006).

Testi a cura di:

Stefano Brenna¹, Alberto Rocca¹, Marco Sciaccaluga¹, Massimo Valagussa²

Foto a cura di:

Marco Sciaccaluga¹, Alberto Rocca¹, archivio fotografico ERSAF-DGA, AGEA (2005-2006), Blom CGR (2007)

Per Informazioni:

Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura
U.O. Interventi per la competitività e l'innovazione tecnologica
delle aziende Struttura Ricerca e innovazione tecnologica
Via Pola 12/14 - 20124 Milano
tel. +39.02.6765.2537 fax +39.02.6765.2757
e-mail: agri_ricerca@regione.lombardia.it
Referente: Gianpaolo Bertoncini tel. +39.02.6765.2524
e-mail: gianpaolo_bertoncini@regione.lombardia.it

ERSAF

Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste
Dipartimento dei Servizi all'Agricoltura
Struttura Valorizzazione della risorsa suolo, sistemi informativi
e coordinamento azienda vitivinicola
Via Copernico 38 - 20125 Milano
tel. +39.02.674041 fax +39.02.67404299
<http://www.ersaf.lombardia.it/>
Referente: Stefano Brenna
e-mail: stefano.brenna@ersaf.lombardia.it

M.A.C. Minoprio Analisi e Certificazioni s.r.l.
Viale Raimondi 54 - 22070 Vertemate con Minoprio (CO)
tel. +39 031.887127 fax +39 031.887834
Referente: Massimo Valagussa
e-mail: maclab@tin.it

Supporto scientifico alle attività del progetto

Commissione Europea - Centro Comune di Ricerca di Ispra
Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità
Via E. Fermi 1 - 21020 Ispra (VA)

1 - ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste
2 - M.A.C. Minoprio Analisi e Certificazioni s.r.l.

SOILQUALIMON

Sistema di Monitoraggio della
Qualità dei Suoli di Lombardia

*Quaderni della Ricerca
n. 110 - maggio 2010*

SOMMARIO

	PRESENTAZIONE	3
1	IL PROGETTO SOILQUALIMON	6
	1-1 INTRODUZIONE	6
	1-2 PARTNERS	6
	1-3 OBIETTIVI DEL PROGETTO	7
	1-4 SUPPORTO ALLE DECISIONI	7
2	SCOPO DEL PROTOCOLLO	8
3	LA RETE DI MONITORAGGIO SOILQUALIMON	9
	3-1 FINALITÀ DEL SISTEMA	9
	3-2 STRUTTURA DELLA RETE	9
	3-3 IDONEITÀ DELLE UNITÀ DI RETE	10
	3-4 UNITÀ DI RETE AGGIUNTIVE	11
	3-5 INTEGRAZIONE CON ALTRE RETI DI MONITORAGGIO	12
	IL PROGETTO BIOSOIL	12
	LUCAS SOIL	13
	3-6 RETE SOILQUALIMON - PRIMA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	13
4	UNITÀ DI MONITORAGGIO	15
	4-1 CRITERI DI SELEZIONE	15
	ESEMPIO DI SELEZIONE DI UNA UNITÀ DI MONITORAGGIO	16
5	IL SITO DI MONITORAGGIO	19
	5-1 DEFINIZIONE	19
	CLASSIFICAZIONE	21
	ATTIVITÀ	22
	5-2 CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA	22
	DESCRIZIONE DEL PROFILO PEDOLOGICO	23
	5-3 RAPPRESENTATIVITÀ	25
	RAPPRESENTATIVITÀ PEDOLOGICA	25
	RAPPRESENTATIVITÀ DELL'USO E COPERTURA DEL SUOLO	26
	5-4 MODIFICA DEL SITO DI MONITORAGGIO	27
6	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO	28
	DEFINIZIONE	28
	6-1 STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO	28
	CONFIGURAZIONE "A L"	28
	CONFIGURAZIONE A SINGOLO PLOT	30
	6-2 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO	32
	CONFIGURAZIONE "A L"	32
	INCERTEZZA E RIPRODUCIBILITÀ	33
	CONFIGURAZIONE "A SINGOLO PLOT"	34
	CAMPIONAMENTO DEGLI ORIZZONTI ORGANICI	34

CAMPIONAMENTO PER LA DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ APPARENTE	35
SINTESI DELLA DENSITÀ APPARENTE MEDIANTE PEDOFUNZIONI	36
SINTESI DEI PRELIEVI	38
6-3 SEQUENZA DELLE OPERAZIONI NELLE AREE DI CAMPIONAMENTO	39
POSIZIONAMENTO IN CAMPO	39
FOTOGRAFIE DEL PAESAGGIO	39
CAMPIONAMENTO	41
TRATTAMENTO ED ETICHETTATURA DEI CAMPIONI	44
6-4 AVVERTENZE GENERALI SUL CAMPIONAMENTO	46
6-5 STANDARD DI CAMPIONAMENTO	46
7 GEOREFERENZIAZIONE	47
7-1 OBIETTIVI	47
7-2 STRUMENTAZIONE	47
7-3 METODOLOGIA DI LAVORO	48
7-4 TRASFORMAZIONE DEI SISTEMI DI RIFERIMENTO	49
7-5 PREPARAZIONE DEI PROGETTI ARCPAD	50
7-6 PLANNING DELLE MISURE GPS	51
7-7 POSIZIONAMENTO IN CAMPO	51
PIENA VISIBILITÀ DEI SATELLITI GPS E RICEZIONE GSM	52
PIENA VISIBILITÀ DEI SATELLITI GPS SENZA RICEZIONE GSM	52
ASSENZA DI VISIBILITÀ DEI SATELLITI GPS	53
8 PARAMETRI MONITORATI	54
8-1 INDICATORI E PARAMETRI	54
8-2 ANALISI DI LABORATORIO	55
8-3 STANDARD DI LABORATORIO	56
9 ARCHIVIAZIONE DEI DATI E REPORTING	57
9-1 LA BANCA DATI SOILQUALIMON	57
9-2 STRUTTURA	57
9-3 REPORTING E DIVULGAZIONE	57
ESEMPIO DI SCHEDA MONOGRAFICA DELL'UNITÀ DI MONITORAGGIO	59
10 SCHEMI DI SINTESI	67
10-1 TERMINOLOGIA UTILIZZATA	67
10-2 OPERAZIONI DI CAMPO	69
10-3 MATERIALE DA CAMPO	71
BIBLIOGRAFIA	74
BASI INFORMATIVE	78
COLLABORAZIONI E RINGRAZIAMENTI	79

PRESENTAZIONE



Il suolo è una risorsa fondamentale per l'umanità.

Salvaguardare il suolo e la sua qualità significa infatti rispondere a bisogni essenziali dei cittadini: tutela delle acque e dell'aria, conservazione della biodiversità, contrasto del cambiamento climatico, sicurezza dei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale e valorizzazione della loro tipicità sono tutti esempi di obiettivi possibili solo se si dispone di "buoni suoli", "fertili e sani". È importante quindi che si rafforzi nella nostra società la consapevolezza di quanto la protezione del suolo sia importante e di quanto, di conseguenza, sia rilevante il contributo che la gestione agroforestale del nostro territorio può dare in tal senso. Conoscere lo stato dei suoli e la sua variazione nel tempo è dunque indispensabile. A tale scopo la Direzione Generale Agricoltura della Regione Lombardia ha affidato ad ERSAF la realizzazione del progetto di ricerca SOILQUALIMON, che ha consentito di approntare un sistema di monitoraggio della qualità del suolo e dello spazio rurale esteso all'intero territorio lombardo. Attraverso la conoscenza delle proprietà e funzioni del suolo – nello stato in cui esse ora sono, risultato della sua gestione attuale e passata – e il controllo delle evoluzioni future, il monitoraggio potrà indirizzare politiche di protezione e sempre migliore utilizzazione delle risorse del territorio e allo stesso tempo fornire strumenti di valutazione per interventi di valorizzazione e riconoscimento del ruolo dell'agricoltura nel creare e mantenere condizioni ambientali e di vita di elevata qualità.

Giulio De Capitani

Assessore all'Agricoltura

Regione Lombardia

1 IL PROGETTO SOILQUALIMON

1-1 INTRODUZIONE

Il suolo e lo spazio rurale sono risorse vitali sottoposte a crescenti pressioni, che rischiano di comprometterne 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 (Commissione Europea, 2006).

In tale contesto ERSAF su incarico della Regione Lombardia ha realizzato il progetto di ricerca SOILQUALIMON - Sistema di Monitoraggio della Qualità 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 un potenziale inserimento funzionale in reti nazionali ed europee di monitoraggio del suolo e della biodiversità. Funzione principale è quella di indagare i suoli dal punto di vista delle loro proprietà intrinseche (chimiche, fisiche e biologiche) per ottenere una dettagliata valutazione dello stato attuale della loro "qualità", e di controllare nel tempo i cambiamenti di tali parametri attraverso la ripetizione delle campagne di monitoraggio a periodi prefissati di tempo.

1-2 PARTNERS

SOILQUALIMON (Sistema di Monitoraggio della Qualità dei Suoli di Lombardia) è un progetto triennale avviato nel luglio 2006 dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF) nel quadro del Programma regionale di ricerca in campo agricolo elaborato dalla Regione Lombardia per il triennio 2004-2006. Partner del progetto sono insieme ad ERSAF:

- MAC - Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l., laboratorio di analisi chimico-fisiche con sede a Vertemate con Minoprio (CO), con il compito di eseguire le analisi di laboratorio sui campioni di suolo prelevati, fornire assistenza per la stesura dei manuali (relativamente alle metodiche di analisi) e contribuire tecnicamente alla tematica della fertilità biologica dei suoli;
- JRC-ESB - Joint Research Centre - European Soil Bureau, centro di ricerca della Comunità Europea con sede a Ispra (VA), con il compito da un lato di fornire supporto tecnico-scientifico sugli indicatori di qualità e le tematiche connesse in particolare alla sostanza organica nei suoli e dall'altro di costituire il collegamento con le altre esperienze europee analoghe di monitoraggio e di studio della qualità dei suoli.

Il progetto si è inoltre avvalso della collaborazione tecnico-scientifica fornita dal Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento nell'ambito dei sistemi di rilevamento satellitare GPS ai fini della definizione di criteri di posizionamento e georeferenziazione dei dati.

1-3 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Finalità del progetto SOILQUALIMON è analizzare e definire le condizioni tecnico-metodologiche per rendere operativo in Lombardia un sistema permanente per:

- monitorare, a scadenze temporali prestabilite, le qualità dei suoli e dello spazio rurale e alimentare un sistema di indicatori (utilizzabili per analisi ex ante ed ex post) sull'agro-ambiente regionale;
- definire e testare metodi, standard e protocolli a supporto di azioni di verifica dell'efficacia ambientale e territoriale delle misure e degli interventi regionali in materia agro-ambientale;
- promuovere l'integrazione funzionale nel sistema di conoscenze regionali dell'informazione sulla qualità dei suoli prodotta dalle reti di monitoraggio nazionali ed internazionali attive sul territorio regionale;
- favorire l'utilizzazione dell'informazione sui suoli di scala regionale a tutti i livelli decisionali in ambito inter-regionale, nazionale ed europeo;
- allestire e gestire servizi tecnici innovativi per la comunicazione, l'accesso e l'uso dell'informazione, in grado di sfruttare le opportunità offerte dall'information technology.

1-4 SUPPORTO ALLE DECISIONI

Le politiche che principalmente possono beneficiare del sistema di informazioni realizzato sono:

- politiche agricole, in particolare negli aspetti relativi alle tematiche agro-ambientali e alle valutazioni dell'efficacia delle misure, norme e azioni di sviluppo rurale e dell'applicazione della "eco-condizionalità";
- politiche ambientali, con particolare riferimento al rispetto degli impegni assunti all'interno del "protocollo di Kyoto", alla conservazione della biodiversità e al controllo del rischio idrogeologico;
- politiche urbanistiche e territoriali, relativamente ai temi della valorizzazione della multifunzionalità dell'agricoltura per uno sviluppo equilibrato e sostenibile del sistema socio-economico e territoriale.

2 SCOPO DEL PROTOCOLLO

Questo protocollo descrive la metodologia operativa di allestimento e gestione della rete di monitoraggio della qualità dei suoli in Lombardia, comprensivo dei criteri per l'individuazione dei siti, l'esecuzione dei rilievi, le metodiche delle analisi di laboratorio, l'elaborazione e la divulgazione dei dati.

Esso si configura quindi come il manuale che definisce le modalità usate per la pianificazione e la messa in opera delle attività di monitoraggio, dalla programmazione iniziale dei lavori alle operazioni da effettuare in campo, fino alla valutazione finale dei risultati analitici sui campioni di suolo raccolti. Il protocollo raccoglie e sviluppa l'esperienza maturata nel corso della prima campagna di monitoraggio SOILQUALIMON, realizzata nel periodo 2007-2009. Esso è rivolto a quanti nel campo della gestione del territorio si occupano di programmi di controllo di parametri ambientali, nonché della loro reale applicazione.

Particolare attenzione, in relazione alle priorità individuate nel Piano di Sviluppo Rurale della Regione Lombardia (2007-2013) e alle politiche connesse con le tematiche del cambiamento climatico, è dedicata al tema della sostanza organica nei suoli agricoli.

L'allegato 1 presenta i risultati derivanti dall'attività condotta nella prima campagna di monitoraggio SOILQUALIMON.

L'allegato 2 espone le metodologie adottate per la determinazione analitica dei parametri di monitoraggio.

L'allegato 3 illustra un piccolo atlante delle definizioni, relativo ai termini più comunemente usati nel testo, unitamente ad una esposizione più ampia degli argomenti trattati, con particolare riguardo alla tematica della qualità del suolo.

Il presente protocollo è pubblicato in versione pdf qualità di stampa e reso disponibile sul sito web di ERSAF: <http://www.ersaf.lombardia.it> nella sezione dedicata al progetto di ricerca SOILQUALIMON.

In tale sezione sarà possibile visualizzare i dati ed i risultati della campagna di monitoraggio dei suoli unitamente a versioni di aggiornamento del presente protocollo.

3 LA RETE DI MONITORAGGIO SOILQUALIMON

3-1 FINALITÀ DEL SISTEMA

La rete SOILQUALIMON viene allestita per assolvere alla funzione di monitorare a lungo termine le variazioni nelle proprietà chimiche, fisiche e biologiche dei suoli rilevanti ai fini delle politiche regionali di gestione e di controllo del territorio, in relazione a cambiamenti climatici e pressioni antropiche.

3-2 STRUTTURA DELLA RETE

L'impostazione della rete di monitoraggio SOILQUALIMON è a "maglie rigide", in analogia con reti allestite in Europa (ad esempio Francia e Regno Unito) e con precedenti esperienze condotte in Italia e nella stessa Lombardia (APAT, CTN_TES, 2004 - Cenci et al., 2006).

La struttura del sistema è basata sullo schema della rete del progetto europeo denominato LUCAS (Land Use Cover Area Frame Statistical Survey) 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 dimensione 18x18 km, risoluzione spaziale di dettaglio su scala europea. Nella terminologia della rete LUCAS ogni nodo della griglia costituisce il centro dell'unità di campionamento primaria PSU (Primary Sample Unit), in corrispondenza del quale vengono identificati 10 punti di osservazione e raccolta dati denominati SSU (Secondary Sample Unit) (figura 1). La distanza reciproca tra le unità secondarie SSU è variabile a seconda del paese della Comunità Europea; in Italia i punti SSU sono distanti tra loro 250 m e sono disposti simmetricamente rispetto al punto PSU, cinque per parte, lungo due linee orientate in direzione Est-Ovest distanziate tra loro di 500 metri. I punti SSU assumono la numerazione 11, 12, 13, 14, 15 sulla linea superiore, e 21, 22, 23, 24, 25 su quella inferiore; le due cifre rappresentano rispettivamente la linea di appartenenza (1 rappresenta la linea superiore, 2 rappresenta la linea inferiore) e l'ordine di sequenza progressiva da Ovest a Est.

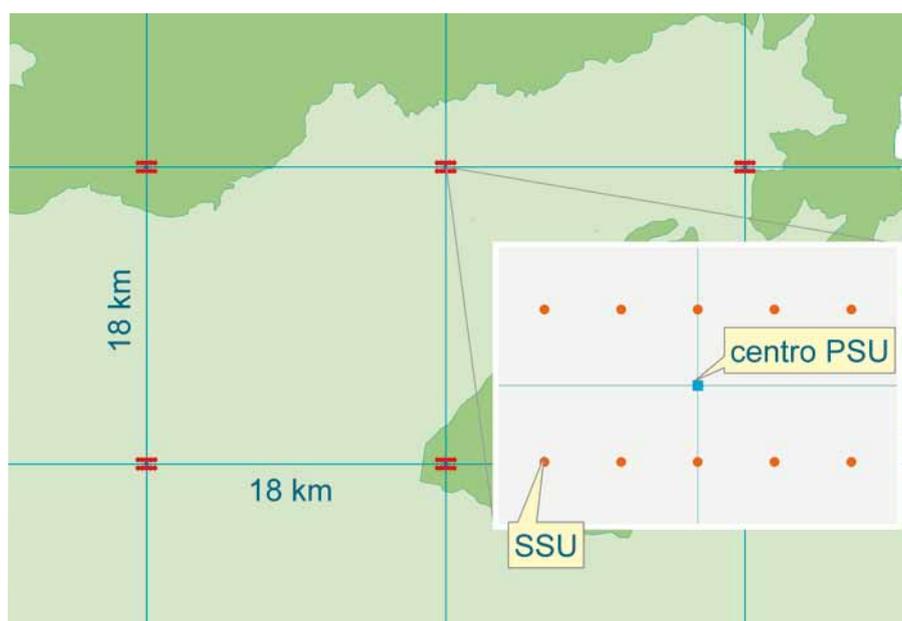


Figura 1 - Rete LUCAS: schema di definizione di PSU e SSU.

Il sistema geografico di riferimento per la rete SOILQUALIMON è il sistema di riferimento locale italiano Roma 40, definito dall'ellissoide internazionale di Hayford orientato a Roma Monte Mario. In questo sistema di riferimento le posizioni di un punto sono espresse in coordinate geografiche, con longitudine calcolata rispetto all'origine posta a Monte Mario, oppure espressa in coordinate cartografiche secondo la proiezione Gauss-Boaga nel fuso nazionale Ovest. Per la defini-

zione della rete SOILQUALIMON sul territorio della Lombardia è stato utilizzato come origine il punto di coordinate (1447555 m., 4947930 m.). I nodi della rete che ricadono in Lombardia sono 72 (41 situati nel territorio di pianura). Ogni nodo della rete (i punti PSU della rete LUCAS 2001) viene definito **unità di rete [UR]**. La numerazione delle unità di rete avviene attraverso un codice che identifica la riga e la colonna di griglia, a partire dal punto situato a minore latitudine e longitudine (figura 2), proseguendo quindi da Ovest verso Est (esempio UR 5_3). I 10 punti secondari associati ad ogni unità principale (i punti SSU nella rete LUCAS 2001) prendono invece il nome di **sub-unità di rete [SR]**. Tali punti sono numerati attraverso il codice della relativa unità di rete ed il codice identificativo dei punti SSU della rete LUCAS (ad esempio, sub-unità relative all'unità di rete 5_3: 5_3_11, 5_3_12, 5_3_13, 5_3_14, ..., ..., 5_3_24, 5_3_25). Relativamente ad ogni unità di rete l'**unità di monitoraggio [UM]**, dove viene realizzato il rilevamento vero e proprio, è successivamente individuata in una delle corrispondenti dieci sub-unità secondarie.

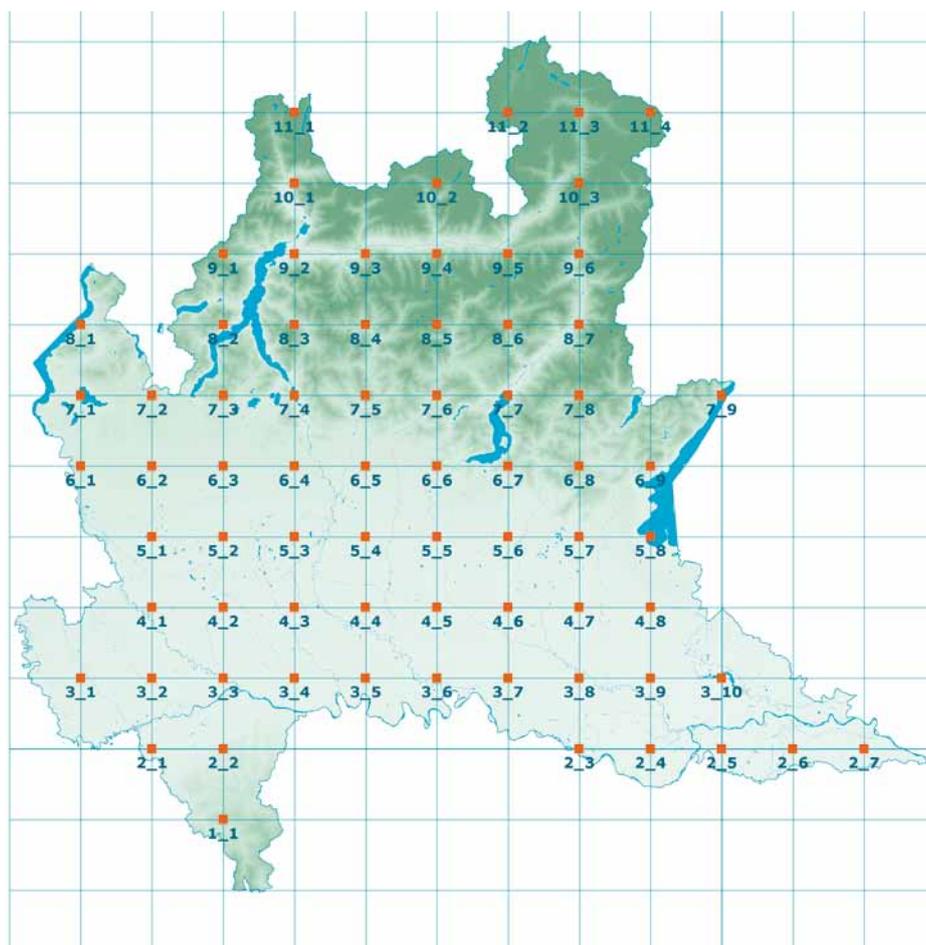


Figura 2
Rete SOILQUALIMON:
griglia delle unità
di rete UR-

3-3 IDONEITÀ DELLE UNITÀ DI RETE

Utilizzando lo strato informativo DUSAF - Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali si verifica su quale tipologia di uso del suolo ricadono tutte le sub-unità di rete. Le sub-unità che ricadono all'interno di aree urbanizzate, aree sterili o corsi d'acqua (definite complessivamente come aree di non suolo) vengono eliminate. Sono ritenuti non adatti anche i punti situati internamente ad aree di suolo situate nelle vicinanze di centri abitativi. Di conseguenza le unità di rete, per le quali più della metà delle corrispondenti sub-unità ricadono in tali ambiti sono considerate non idonee al monitoraggio. La tabella 1 riporta l'elenco delle 12 unità di rete risultate non idonee, unitamente alla motivazione della loro esclusione.

Unità di rete non idonee	motivo esclusione
3_10	Ricade nel comune di Mantova. Tutte le 10 sub-unità ricadono in aree di non suolo.
5_1	Ricade nel comune di Arluno (MI), così come 8 sub-unità.
5_2	L'area di monitoraggio ricade interamente a Milano.
5_8	L'area di monitoraggio ricade interamente a Milano.
6_3	Ricade nel comune di Meda (MI), in direzione del comune di Seregno (MI). Solo una sub-unità ricade in un'area a seminativo di estensione ridotta a ridosso del centro abitato.
7_1	Ricade nel comune di Biandronno (VA). 5 sub-unità ricadono in aree urbane, 2 nel Lago di Varese.
7_4	Ricade all'interno del Lago di Como. 9 sub-unità ricadono all'interno del Lago, la rimanente in area urbanizzata.
7_9	Ricade all'interno del Lago di Garda. 9 sub-unità ricadono all'interno del Lago, la rimanente in area urbanizzata.
8_1	Ricade all'interno del Lago Maggiore. 5 sub-unità ricadono nel lago, 3 in aree urbane e 2 in aree boschive in prossimità di centri abitati.
9_2	Ricade nel comune di Colico (LC). 7 sub-unità ricadono in aree urbane, 1 in un'area sterile, le rimanenti 2 su prati.
11_1	Situato nel comune di Medesimo (SO) a 100 m. circa dal confine con la Svizzera, ad una quota compresa tra 2500 e 3000 metri s.l.m. Tutti le sub-unità ricadono in aree sterili (affioramenti rocciosi); 2 in territorio svizzero, uno sul confine.
11_2	Situato nel comune di Livigno (SO) ad una quota compresa tra 2500 e 3000 metri s.l.m. 6 sub-unità ricadono in aree sterili, 4 su vegetazione naturale.

Tabella 1- Elenco delle aree non idonee all'attività di monitoraggio.

3-4 UNITÀ DI RETE AGGIUNTIVE

In sostituzione di unità di rete non idonee, per assicurare una adeguata copertura del territorio regionale, possono essere individuate nuove unità di rete a partire da sottomultipli della rete SOILQUALIMON base, in particolare ricorrendo a due griglie a maglia ridotta di 9 km e 4.5 km di lato. Nell'ambito della prima campagna di monitoraggio SOILQUALIMON sono state individuate tre nuove unità di rete:

- unità 5_1_E in sostituzione delle aree risultate non idonee (5_1 e 5_2) a Milano ed a Ovest della città;
- unità 3_10_N in sostituzione dell'area 3_10 ubicata a Mantova;
- unità 3_11 a copertura del territorio a Est di Mantova rimasto scoperto nella rete originariamente predisposta.

3-5 INTEGRAZIONE CON ALTRE RETI DI MONITORAGGIO

L'integrazione della rete di monitoraggio SOILQUALIMON con altre reti di monitoraggio a fini ambientali operative sul territorio regionale assume fondamentale rilevanza per un utilizzo sinergico dei dati raccolti, per una loro più corretta interpretazione e per una maggiore capacità di rappresentazione dei risultati ottenuti.

Di seguito vengono brevemente descritte due delle reti operative nella Regione Lombardia, nei cui programmi è previsto il campionamento e l'analisi del suolo.

IL PROGETTO BIOSOIL

L'obiettivo principale del progetto BioSoil-biodiversity, coordinato dal Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea (sede di Ispra), è stato quello di raccogliere durante il biennio 2006-2007 dati ecologici di biodiversità su base scientifica e con metodologie comuni a 23 Stati membri dell'Unione Europea per sostenere le politiche nazionali ed internazionali per la conservazione delle foreste e per la tutela della biodiversità. Un progetto pilota parallelo è stato condotto nello stesso periodo al fine di comparare l'evoluzione delle caratteristiche chimiche dei suoli con il livello di biodiversità delle foreste. Le indagini sono state svolte sull'esistente Rete sistematica di Livello I che in Italia è rappresentata da circa 260 punti distribuiti su tutto il territorio forestale nazionale; di questi 28 punti sono localizzati in Lombardia (figura 3).

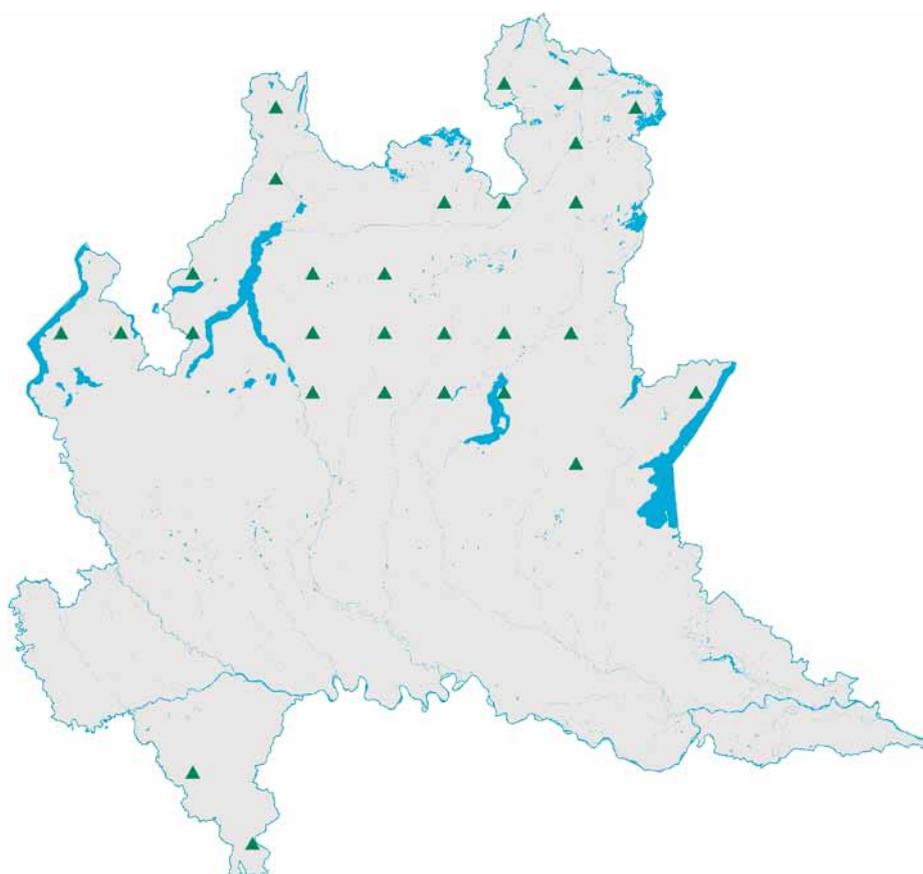


Figura 3
Punti di
monitoraggio BioSoil.

LUCAS SOIL

La nuova campagna LUCAS di rilevamento di uso e copertura del suolo in Europa, partita nel 2009, ha incluso anche la componente suolo - da qui il termine LUCAS SOIL - al fine di migliorare il monitoraggio della qualità del suolo, includendo l'aggiornamento della carta dei suoli europea, la validazione di modelli e la stima del contenuto di carbonio organico nei suoli. Il monitoraggio dei suoli LUCAS SOIL consiste nel raccogliere circa 22.000 campioni di suolo distribuiti in modo casuale su tutta l'Europa.

I campioni di suolo vengono prelevati a discrezione dei rilevatori in uno di tre punti possibili proposti per ogni sito di monitoraggio; non è prevista la caratterizzazione pedologica del sito. Le analisi chimico-fisiche riguarderanno parametri chiave (ad esempio tessitura, pH, carbonio organico, metalli pesanti) e saranno condotte da un laboratorio centrale al fine di armonizzare le metodologie di analisi e paragonare i risultati ottenuti tra i diversi paesi in periodi successivi.

3-6 RETE SOILQUALIMON - PRIMA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La rete SOILQUALIMON operativa per la prima campagna di monitoraggio (2008-2009), è costituita da 44 unità di rete:

- 38 localizzate nel territorio di pianura;
- 6 localizzate nelle Alpi, Prealpi e Colline Appenniniche.

Va tenuto presente quanto segue:

- nel territorio di montagna (Alpi e Prealpi), la rete BioSoil si estende su una parte rilevante dell'area, in particolare quella prevalentemente interessata da copertura forestale; per tale ragione è stato attivato solo un numero limitato di unità di monitoraggio, funzionale a ricoprire le situazioni lasciate scoperte dalla rete BioSoil;
- per le sette unità di rete ubicate nella provincia di Pavia [1_1 / 2_1 / 2_2 / 3_1 / 3_2 / 3_3 / 3_4] le unità di monitoraggio coincidono con i punti della rete di campionamento del "Progetto Pavia" (Cenci et al., 2006), anche essa basata sulla rete LUCAS 2001; per tale motivo si mantiene per ogni unità la caratterizzazione dei suoli determinata nel corso di tale progetto attraverso lo studio del profilo pedologico.

In figura 4 viene illustrato la rete SOILQUALIMON attivata per la prima campagna di monitoraggio. Tale rappresentazione è realizzata attraverso una griglia a maglia fissa regolare di 18x18 km - definita griglia di riferimento - costruita in modo che ogni sua cella abbia come centro una unità principale di rete UR.

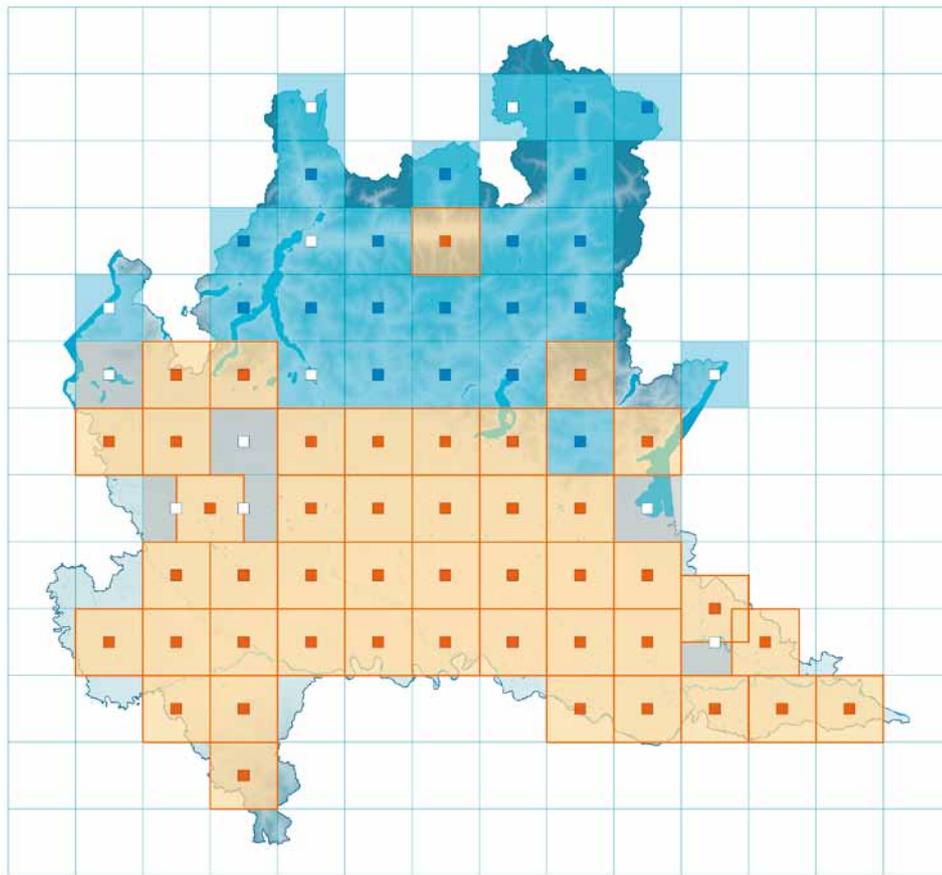


Figura 4
Rete SOILQUALIMON
prima campagna
di monitoraggio.

□	unità di rete non idonee
■	unità di rete 1a campagna di monitoraggio
■	unità di rete ubicate nelle Alpi e Prealpi
■	copertura da parte della rete BioSoil
■	rete Soilqualimon
■	non-idonei

4 UNITÀ DI MONITORAGGIO

4-1 CRITERI DI SELEZIONE

L'individuazione delle unità di monitoraggio UM viene condotta in modo che:

- per ogni unità di rete l'unità di monitoraggio sia selezionata in una delle corrispondenti 10 sub-unità di rete;
- la combinazione [suolo e uso del suolo] nella sub-unità selezionata corrisponda preferibilmente a quella che contraddistingue la relativa unità di rete.

Il processo di selezione dell'unità di monitoraggio avviene quindi attraverso le seguenti fasi operative:

I verifica della correlazione esistente tra unità di rete e rispettive sub-unità a livello di tipologia di suolo e di pedo-paesaggio (base informativa: carte dei suoli – scala 1:250.000 e 1:50.000).

II verifica della correlazione esistente tra unità di rete e rispettive sub-unità a livello di uso e copertura del suolo (base informativa: DUSAF - Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali – scala 1:15.000).

III conduzione di sopralluoghi in campo tesi a:

- verificare l'effettive tipologie di suolo ed uso del suolo presenti;
- accertare che non vi siano situazioni anomale non rilevabili da basi informative cartografiche, come ad esempio fenomeni di degrado locale o modifiche recenti nella gestione del territorio;
- acquisire informazioni sulla conduzioni agronomica.

IV definizione di un gruppo finale di sub-unità candidate a diventare l'unità di monitoraggio, come conseguenza delle operazioni I-III. Tra queste viene scelta la prima sub-unità risultante dalla numerazione assegnata per convenzione alla sub-unità di rete, passando alla successiva della sequenza in caso di mancata concessione dell'autorizzazione ai lavori da parte dei proprietari o affittuari dei terreni coinvolti.

ESEMPIO DI SELEZIONE DI UNA UNITÀ DI MONITORAGGIO

Nelle figure 5 a-d viene illustrato il procedimento di selezione dell'unità di monitoraggio per l'unità di rete UR 4_3.

Utilizzo della base informativa suolo	
a	<p>L'unità di rete 4_3 e le corrispondenti 10 sub-unità ricadono nella bassa pianura pavese e lodigiana (carta dei suoli - scala 1:250.000)</p>
b	<p>5 sub-unità ricadono nel sottosistema LS [bassa pianura sabbiosa]. 5 sub-unità ricadono nel sottosistema VN [superfici terrazzate su piane fluviali]. (carta dei suoli - scala 1:50.000)</p> <p>La delimitazione poligonale del sottosistema VN è colorata in blu in figura. Vengono considerate nel processo di selezione unicamente le sub-unità che ricadono nel sottosistema di ubicazione geografica dell'unità di rete, il sottosistema LS (punti colorati in arancio in figura). Le altre sub-unità vengono eliminate (punti colorati in bianco in figura).</p> <p><i>Descrizione dei sottosistemi di paesaggio:</i> [LS - bassa pianura sabbiosa] = Porzione distale del livello fondamentale di pianura, incisa da un reticolo idrografico permanente di tipo meandriforme. Presenta superfici stabili, costituite da sedimenti di origine fluviale a granulometria medio-fine. Costituisce il tratto più meridionale della piana würmiana, detta anche bassa pianura sabbiosa. [VN - superfici terrazzate su piane fluviali] = Superfici terrazzate delimitate da scarpate d'erosione e variamente rilevate sulle piane fluviali attuali. Testimoniano antiche piane fluviali riconducibili a precedenti cicli di erosione e sedimentazione.</p>
Utilizzo della base informativa uso del suolo	
c	<p>Relativamente al gruppo di 5 sub-unità precedentemente selezionate: 3 sub-unità (punti colorati in arancio) ricadono in aree agricole, più precisamente in campi a seminativo; 2 sub-unità (punti colorati in bianco) ricadono in aree urbane (rappresentate con il colore viola). (carta d'uso dei suoli - scala 1:10.000)</p> <p>Vengono ritenute idonee all'azione di monitoraggio le sub-unità che ricadono in aree agricole (4_3_11, 4_3_12, 4_3_15).</p>
Utilizzo della base informativa uso del suolo	
d	<p>La selezione prosegue secondo la numerazione progressiva assegnata alle sub-unità di rete (a partire dalla linea superiore, da sinistra a destra, quindi nella linea inferiore, sempre da sinistra a destra). La sub-unità 4_3_11 ricade esattamente lungo la linea di divisione di due appezzamenti agricoli, caratterizzati da gestione agronomica differente. L'unità di monitoraggio viene così scelta nella sub-unità di rete idonea successiva, ovvero nel punto 4_3_12 (indicato con il quadrato rosso).</p>



Figura 5-a
Unita di rete UR 4_3
(in blu) con rispettive
sub-unità (in arancio)
Tutti i punti ricadono
nello stesso distretto
pedologico della carta
dei suoli.

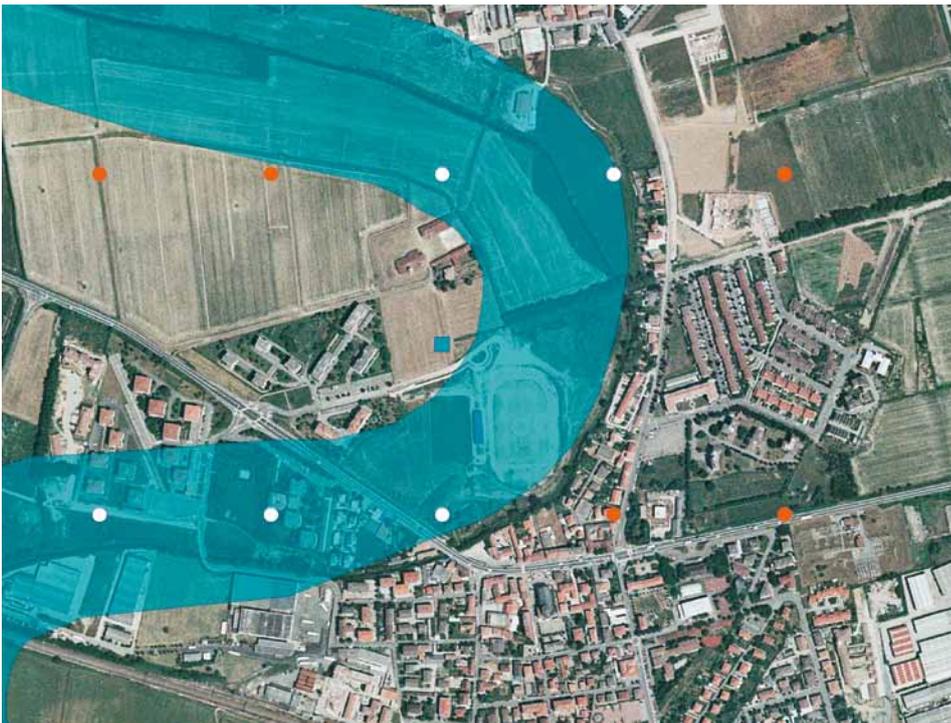


Figura 5-b
Sovrapposizione
della carta
dei pedopaesaggi.



Figura 5-c
Sovrapposizione della
carta d'uso del suolo.



Figura 5-d
Scelta finale dell'unità
di monitoraggio UM nella
sub-unità di rete 4_3_12.

5 IL SITO DI MONITORAGGIO

5-1 DEFINIZIONE

Il *sito di monitoraggio* è definito come la superficie di territorio nella quale ricade la sub-unità di rete selezionata come unità di monitoraggio e nella quale vengono effettuate le operazioni di caratterizzazione e campionamento del suolo. Il sito di monitoraggio è un'area omogenea dal punto di vista della tipologia, dell'uso e della gestione del suolo e ha estensione non superiore a 5 ha.

Nelle aree agricole e rurali di norma il sito di monitoraggio coincide con:

- la particella catastale di ubicazione dell'unità di monitoraggio o con parte di essa se la particella è più estesa;
- l'unione di due o più particelle catastali contigue con caratteristiche omogenee per suolo e gestione.

In tutte le altre condizioni - come ad esempio in zone forestali o montane - l'area di lavoro è individuata all'interno di una superficie avente estensione non superiore a 5 ha centrata sul punto dell'unità di monitoraggio.

Nelle figure 6-a e 6-b viene mostrato a titolo di esempio l'individuazione del sito di monitoraggio in presenza di due differenti situazioni; area agricola ed zona a copertura arborea..



Figura 6-a
Per l'unità di rete UR 5_3 l'unità di monitoraggio UM è stata selezionata nella sub-unità di rete 5_3_21. Il sito di monitoraggio è individuato nell'area agricola di ubicazione della unità di monitoraggio UM e coincide, in questo caso, con l'unione di due particelle catastali contigue (in verde il perimetro).

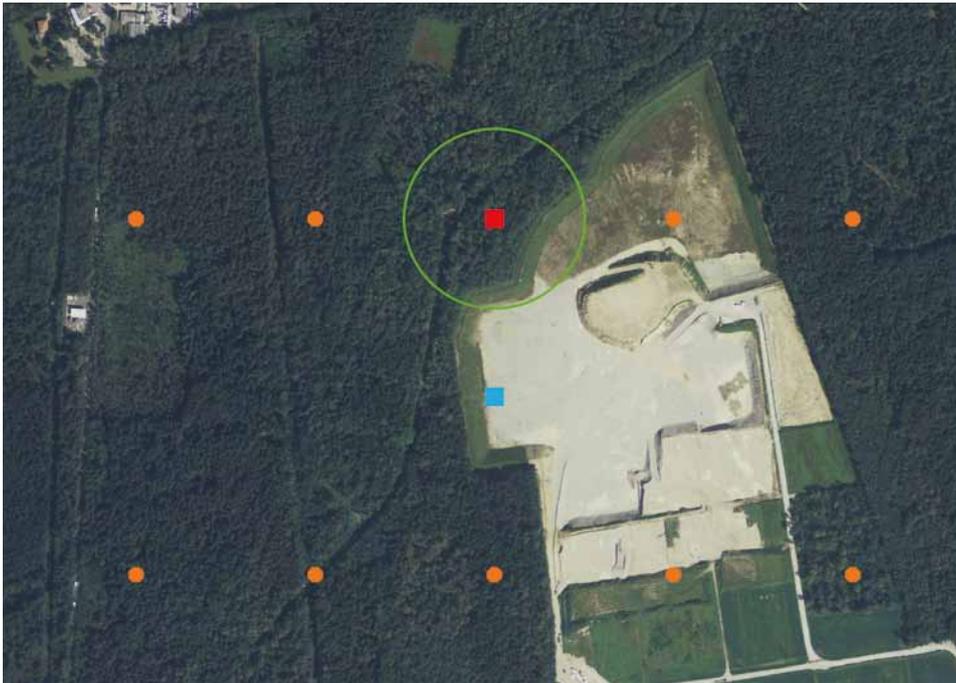


Figura 6-b
Per l'unità di rete UR 6_1 l'unità di monitoraggio UM è stata selezionata nella sub-unità di rete 6_1_13. Il sito di monitoraggio è individuato in una zona a copertura arborea e coincide con una superficie di 5 ha centrata sull'unità di monitoraggio UM.

CLASSIFICAZIONE

A seconda della ubicazione geografica e dell'uso e copertura del suolo ogni sito di monitoraggio è classificato nel modo seguente:

- agro-rurale: sito localizzato in aree agricole o rurali situato in zone extra-urbane oppure nelle vicinanze di centri abitati di piccole dimensioni, sia in territorio di pianura che di montagna. L'uso e la copertura del suolo è caratterizzato da: seminativi, colture e prati permanenti.
- forestale: sito localizzato in aree a completa copertura di vegetazione arborea, escluse le superfici piantate con alberi di specie forestali a rapido accrescimento per la produzione di legno soggette a operazioni colturali di tipo agricolo (arboricoltura da legno, pioppeti);
- alpino: sito localizzato ad una quota altimetrica superiore a 1500 m. e contraddistinto da pascoli e praterie alpine, vegetazione non arborea e con possibile presenza di praterie acquitrinose caratterizzate da depositi più o meno potenti di torba.

Tale classificazione determina la modalità di campionamento che sarà eseguita nel sito di monitoraggio (capitolo 6).



Figura 7-a - Esempi di sito agro-rurale.



Figura 7-b - Esempi di sito forestale.



Figura 7-c - Esempi di sito alpino.

ATTIVITÀ

Nel sito di monitoraggio è prevista la messa in opera delle seguenti attività:

- esecuzione di un profilo pedologico finalizzato allo studio delle caratteristiche del suolo ed alla correlazione con le unità tipologiche di suolo identificate nel Sistema Informativo dei Suoli Regionale;
- esecuzione del monitoraggio della qualità del suolo attraverso il prelievo di campioni di terreno secondo criteri prestabiliti.

5-2 CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA

La caratterizzazione pedologica è effettuata attraverso lo scavo di un profilo pedologico nel punto UM corrispondente all'unità di monitoraggio (con una tolleranza massima di 10 metri); tale punto va individuato geograficamente attraverso la procedura di rilevamento GPS descritta nel capitolo 7).

L'area riservata al profilo deve essere:

- rappresentativa dal punto di vista morfologico dell'intero sito di monitoraggio;
- priva di possibili ostacoli naturali (alberi, buche, avvallamenti, ...) o antropici (costruzioni, strade, elettrodotti).

In caso contrario il profilo pedologico deve essere spostato entro una distanza pari a 10 metri dal punto originario, lungo la direzione più adatta a partire da Nord procedendo in senso orario.

Il profilo pedologico viene eseguito una volta sola prima dell'avvio della campagna di campionamento al fine di caratterizzare pedologicamente l'unità di monitoraggio (UM).

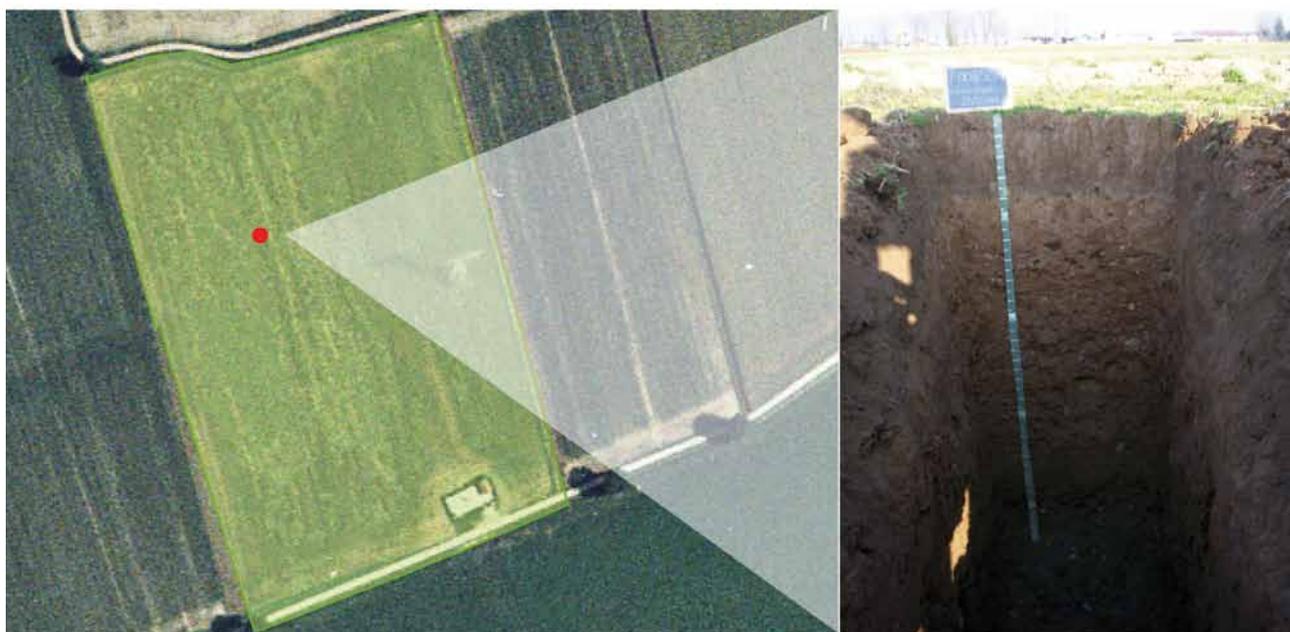


Figura 8 - Profilo pedologico eseguito nel punto dell'unità di monitoraggio.

DESCRIZIONE DEL PROFILO PEDOLOGICO

L'apertura del profilo prevede lo scavo di una buca di 2 metri circa di profondità e superficie 2 metri x 2 metri quadri. Lo scavo deve essere tale che il lato della buca che verrà adibito alla descrizione del profilo sia orientato verso il punto individuato come unità di monitoraggio. In luoghi pianeggianti e agibili a mezzi meccanici lo scavo viene realizzato tramite escavatore, in modo da separare gli strati di terreno superficiali da quelli profondi e richiudere il profilo, una volta portato a termine lo studio dello stesso, mantenendo inalterata la successione degli strati di suolo.

In tutti i casi (ad esempio luoghi forestali o con pendenze elevate) tali da non consentire l'uso dello scavatore meccanico, il profilo pedologico viene effettuato manualmente tramite piccone e badile.

Successivamente si procede all'esame degli orizzonti presenti, compilando la scheda di rilevamento (rappresentata in figura 9) secondo le istruzioni riportate nel "Manuale di compilazione delle schede di campionamento" redatta da ERSAF e avendo cura di segnare tutte le osservazioni utili per l'interpretazione della qualità del suolo.

Vengono riportate le informazioni necessarie a descrivere:

- la stazione, ovvero l'intorno del punto del profilo e l'ambiente circostante (aspetti agronomici, tipo e stato della vegetazione, copertura del suolo, ...);
- i caratteri degli orizzonti minerali;

Ove presenti, in particolare nei siti forestali, mediante apposita scheda vanno in aggiunta descritti:

- i caratteri degli orizzonti organici o humiferi.

Il codice associato al profilo pedologico - **codice profilo** - è espresso come "P[000]/SQM", dove [000] rappresenta il numero d'ordine del profilo relativamente al sistema di monitoraggio SOILQUALIMON (in sigla SQM) secondo l'ordine cronologico di realizzazione e viene trascritto con gli zeri davanti nel caso in cui il numero di cifre sia inferiore a tre.

A corredo del rilevamento pedologico vengono effettuate le seguenti fotografie:

- foto del profilo pedologico, possibilmente ad alta definizione;
- foto del paesaggio circostante, lungo almeno due direzioni cardinali.

Si preleva un campione di suolo per ogni orizzonte minerale e organico identificato e descritto. Il campione deve presentare una massa tale da consentire l'esecuzione di analisi di laboratorio (ordinariamente 2 kg).

I campioni di suolo raccolti vengono posti in distinti sacchetti resistenti e trasparenti in polietilene.

Ogni sacchetto va etichettato nel modo seguente:

unità di rete	codice profilo
codice orizzonte	limite superiore - limite inferiore orizzonte
data di campionamento	

Il codice orizzonte è quello assegnato all'orizzonte rilevato in fase di studio del profilo e riportato nella scheda di rilevamento. Ad esempio, per il profilo pedologico dell'unità di monitoraggio UM 5_3_21 (il sesto in sequenza all'interno del progetto), l'etichetta dell'orizzonte 2Bt è la seguente:

5_3	P006/SQM
2Bt	65-120
22-02-07	

SCHEDA PEDOLOGICA

Caratteri della stazione

IDENTIFICAZIONE		DATA		CODICI STATI		LOCALITÀ		CTR		COORDINATE	
N° PRG OSS	Tipo	Numero	Progetto	Provincia	Comune	Nome del sito di osservazione	Sezione	Cella	x	y	
				CODICE RILEVATORE							
			DISTRETTO			UNITÀ DI PAESAGGIO			QUOTA mslm		
			PENDENZA %			ESPOSIZIONE Azimut Nord			Paesaggio		
			Paesaggio			Agente e Forma			Posizione di Osservazione		
			DINAMICA LOCALE			PIETROSITÀ			USO DEL SUOLO		
			% Φ<7.5cm			% Φ7.5-25 cm			% Φ>25cm		
			VEGETAZIONE			ROCCIOSITÀ			EROSIONE		
			RISCHIO SOMMERSIONE			ASPETTI SUPERFICIALI			FALDA		
			Tipo			Alimentazione			Limite sup (cm)		
			Durata annuale (mesi)			Drenaggio			Prof. Utile		
			Tipo pedon			ARCHIVIO FOTOGRAFICO					



Caratteri degli orizzonti

N° Orizz	CODICE ORIZZONTE		PROFONDITÀ		SPESSORE		LIMITE		UMIDITÀ		EFFERV		pH		MATRICE		FACCE		COLORE DOMINANTE		SCHEZATURE PRINCIPALI		SCHEZATURE SECONDARIE		COLORE SUBORD		TERRA FINE		SCHELETRO		CONSISTENZA								
	Lim sup	Lim inf	Lim sup	Max	Min	Inf	And	HC1	HC2	Colore umido	Colore secco	Colore umido	Colore umido	Abb %	Dim	Contr	Tipo limite	Colore umido	Abb %	Dim	Contr	Tipo limite	Colore umido	A	Sstl	Smt	USDA	Abb %	Dimensioni % r Φ	Litolog preval	Rottura	Adesività	Plasticità						
1																																							
2																																							
3																																							
4																																							
5																																							
6																																							
7																																							
8																																							
9																																							
10																																							

Figura 9-a - Scheda di rilevamento per descrizione del profilo pedologico - parte 1



SCHEDA PEDOLOGICA

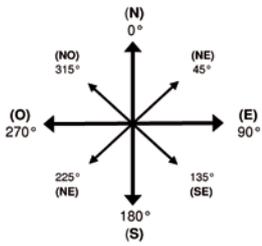
Disegno del paesaggio

Schema del profilo

cm

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200

Esposizione



Annotazioni libere

Triangolo tessiture USDA

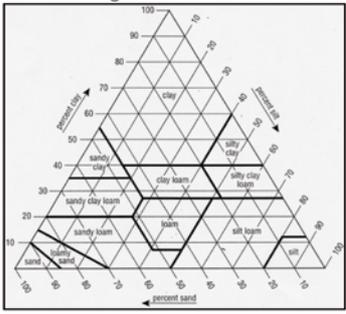


Figura 9-b - Scheda di rilevamento per descrizione del profilo pedologico - parte 2.

5-3 RAPPRESENTATIVITÀ

RAPPRESENTATIVITÀ PEDOLOGICA

La rappresentatività pedologica della rete di monitoraggio SOILQUALIMON viene valutata correlando i suoli identificati e descritti nei siti di monitoraggio alle Unità Tipologiche di Suolo (UTS) formalizzate, a diverso livello di dettaglio (1:50.000, 1:250.000 e 1:1.000.000), nel Sistema Informativo Regionale dei Suoli di ERSAF (attualmente sono codificate 663 tipologie alla scala 1:50.000, 322 alla scala 1:250.000 e 46 alla scala 1:1.000.000).

Il processo di correlazione utilizza criteri tassonomici (classificazione World Reference Base e Soil Taxonomy), genetici (tipo e sequenza degli orizzonti di suolo), funzionali (caratteristiche, proprietà e funzioni dei suoli) e ambientali (relazioni suolo-paesaggio, regimi di umidità e di temperatura, morfologia e litologia).

La correlazione procede inizialmente attraverso l'attribuzione dei suoli alle UTS identificate nella base informativa dei suoli in scala 1:50.000 e successivamente, attraverso un processo di generalizzazione, alle UTS riferite alla scala 1:250.000 e a quelle riferite alla scala 1:1.000.000.

Il risultato della correlazione può essere visualizzato considerando, alle diverse scale di rappresentazione, le delineazioni cartografiche che "contengono" la tipologia di suolo descritta dal profilo pedologico.

Nella figura seguente si fornisce la rappresentatività pedologica complessiva dei suoli individuati in corrispondenza alle 44 unità di monitoraggio della prima campagna di rilevamento SOILQUALIMON.

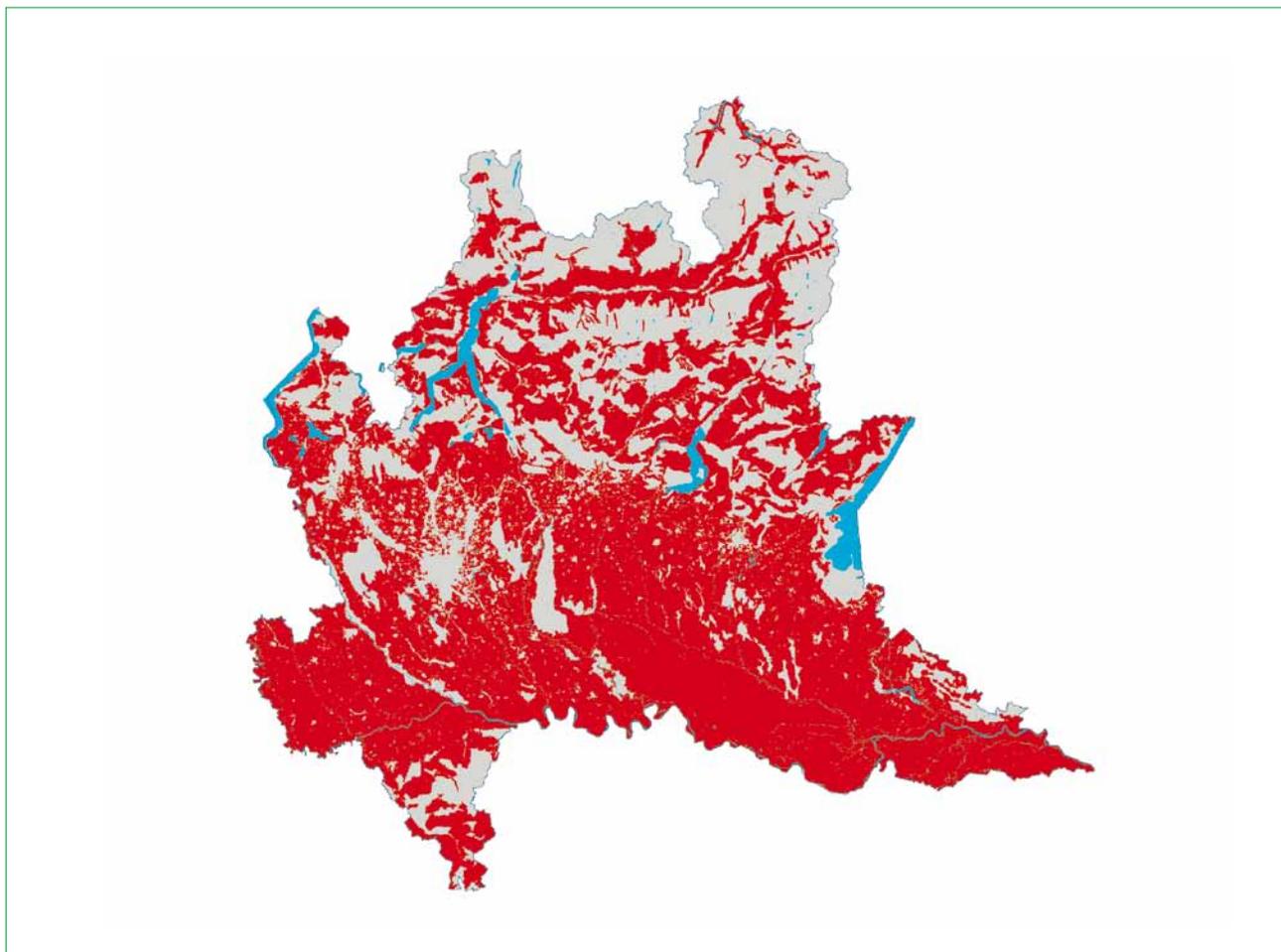


Figura 10 - Rappresentatività pedologica della rete SOILQUALIMON - 1a campagna di monitoraggio.

RAPPRESENTATIVITÀ DELL'USO E COPERTURA DEL SUOLO

La rappresentatività delle unità di monitoraggio relativamente all'uso e copertura del suolo viene valutata tramite la base dati DUSAF - Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali in scala 1:10.000, come riportato nelle tabelle e figura seguenti

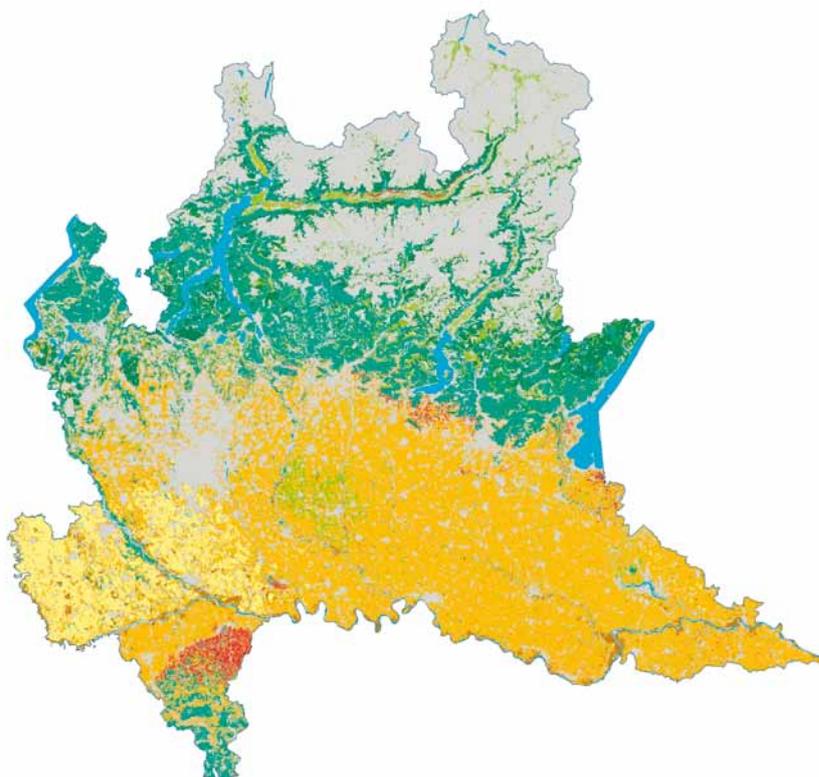
n°. siti	legenda	% sul territorio regionale
-	aree antropizzate	13,8
37	aree agricole	44,2
7	territori boscati e ambienti seminaturali	38,6
-	aree umide	0,1
-	corpi idrici	3,3

Tabella 2 - Rappresentatività uso suolo - livello generale.

n°. siti	legenda	% sul territorio regionale	colore
28	seminativi semplici	29,9	
1	colture orticole a pieno campo	0,4	
5	risaie	4,8	
1	vigneti	1,2	
1	pioppeti	1,5	
1	prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	4,5	
4	boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	13,7	
2	boschi misti a densità media e alta governati a ceduo	3,7	
1	cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	1,3	

Tabella 3 - Rappresentatività uso suolo livello di dettaglio.

Figura 11 - Rappresentatività uso suolo livello di dettaglio.



5-4 MODIFICA DEL SITO DI MONITORAGGIO

Qualora, nell'esecuzione di una successiva campagna di monitoraggio a distanza di tempo non fosse possibile ritornare sullo stesso sito, occorre selezionarne uno nuovo attenendosi ad una delle seguenti opzioni:

- spostare il sito e quindi i campionamenti finalizzati al monitoraggio della qualità del suolo in una particella catastale (sito agro-rurale) o in un'area (sito forestale o alpino) limitrofa, previa verifica speditiva che le caratteristiche dei suoli e della copertura del suolo siano simili;
- designare come unità di monitoraggio UM un'altra sub-unità di rete, programmando in questo caso lo scavo e la descrizione di un nuovo profilo;
- riclassificare come non-idonea l'unità di rete e individuarne una aggiuntiva (come descritto nel capitolo 3.4).

6 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO

DEFINIZIONE

Il monitoraggio dei suoli è definito come la determinazione sistematica di variabili del suolo o legate al suo uso e gestione al fine di evidenziarne i cambiamenti nel tempo.

Il prelievo di campioni di suolo è eseguito ordinariamente nello strato superficiale (topsoil) e, in caso di specifici obiettivi del monitoraggio, in orizzonti profondi (subsoil). A seconda della destinazione (analisi di laboratorio, stima della densità apparente, ...) i campioni di suolo vengono prelevati con idonee attrezzature e strumentazioni.

Le campagne di monitoraggio vengono ripetute a distanza di tempo e possibilmente nello stesso periodo dell'anno. Di norma il monitoraggio è ripetuto almeno ogni cinque anni; per parametri sensibili la frequenza di campionamento può essere più alta.

6-1 STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Il campionamento di suolo è eseguito all'interno del sito di monitoraggio secondo due possibili configurazioni:

- **configurazione "a L"** - il campionamento viene eseguito in tre aree 20x20 m. disposte ai vertici di un triangolo rettangolo. Tale configurazione viene adottata nei siti agro-rurali;
- **configurazione "a singolo plot"** - il campionamento viene eseguito in una sola area 20x20 m posta in prossimità del profilo pedologico. Tale configurazione viene adottata nei siti forestali e alpini e in tutti i casi in cui non sia possibile applicare la configurazione "a L".

CONFIGURAZIONE "A L"

La configurazione "a L" consiste in un adattamento del metodo Area-Frame Randomized Soil Sampling (AFRSS). Tale metodo definisce una modalità pratica di campionamento dei suoli, abbinando la raccolta di campioni composti con tecniche randomizzate di posizionamento geografico dei punti di prelievo (Stolbovoy et al., 2005). La configurazione "a L" prevede tre aree di campionamento all'interno di un ogni sito di monitoraggio.

Le tre aree coincidono con tre celle di una griglia a maglia regolare di passo pari a 20 metri centrata sul punto definito come unità di monitoraggio UM ovvero il punto di esecuzione del profilo pedologico (come rappresentato nelle figure 12 a-b); esse sono disposte ai vertici di un triangolo rettangolo secondo i seguenti criteri (figure 13 a-b):

- la prima area, definita area RTK, corrisponde al vertice dell'angolo retto del triangolo; di regola, è adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio. Procedendo in senso orario a partire da Nord, verrà considerata come preferenziale la direzione di massima estensione dell'appezzamento agricolo;
- la seconda area, definita area X80, è localizzata lungo la direzione UM-RTK in modo tale che:
 - il suo centro disti dal centro dell'area RTK 80 metri;
 - il punto UM sia esterno al segmento che unisce i centri delle aree RTK e X80;
- la terza area, definita come area X40, è localizzata lungo l'asse perpendicolare all'asse RTK-X80; il suo centro dista dal centro dell'area RTK 40 metri; esistendo due possibili soluzioni, la priorità viene assegnata alla cella situata in posizione più centrale relativamente all'appezzamento agricolo.

Disposizioni differenti sono ammesse quando non è possibile rispettare i criteri indicati (ad esempio in siti di monitoraggio di piccola estensione o forma geometrica particolare), mantenendo comunque un'area di campionamento in posizione adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio UM.

Bisogna in ogni caso evitare che le aree siano vicine ai bordi del sito o ricadano in zone che presentino evidenti anomalie.

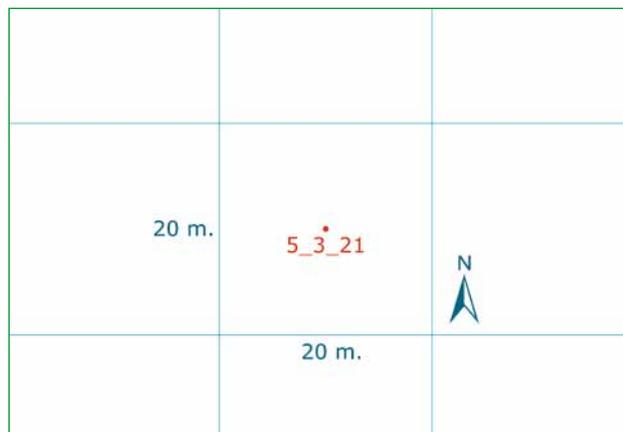


Figura 12-a - Griglia 20x20 m. centrata sull'unità di monitoraggio UM.

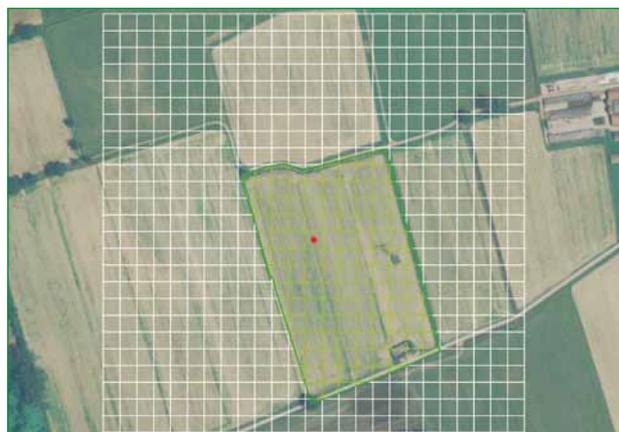


Figura 12-b - Intersezione della griglia 20x20 m. con la superficie del sito di monitoraggio (in verde).



Figura 13-a
Identificazione del primo sito nella griglia 20x20 metri, a partire dalla cella a Nord della cella contenente il punto UM di monitoraggio.

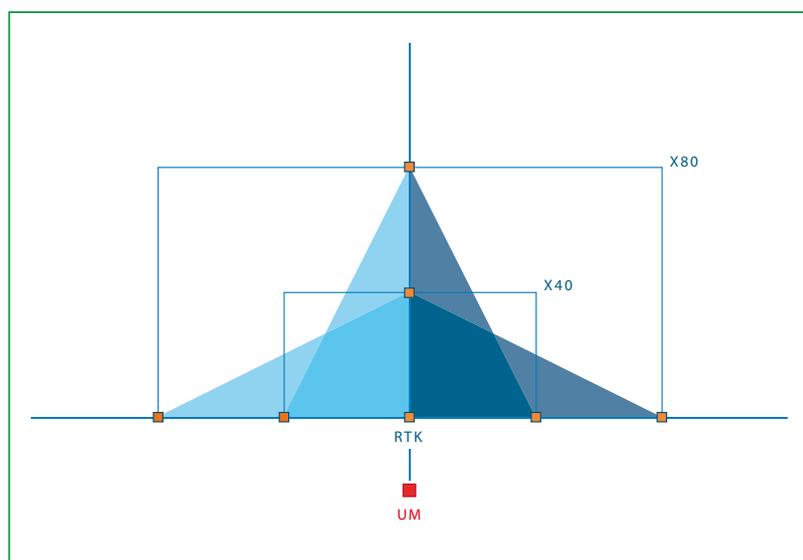


Figura 13-b
Configurazione di campionamento "a L": possibile disposizione dei centri dei siti di campionamento - caso relativo all'orientazione Nord rispetto al punto dell'unità di monitoraggio UM.



Figura 14
Configurazione "a L" -
aree di campionamento.



Figura 15 - Nelle aree di campionamento vengono eseguiti prelievi di suolo mediante trivella manuale.

CONFIGURAZIONE "A SINGOLO PLOT"

Questa configurazione riprende la metodologia adottata da INRA-Institut National de la Recherche Agronomique - Unité InfoSol nell'ambito della rete di monitoraggio della qualità dei suoli allestita in Francia (Jolivet et al., 2006). La configurazione a singolo plot prevede una sola area di campionamento all'interno del sito di monitoraggio, che coincide con una cella di una griglia a maglia regolare di passo pari a 20 metri centrata sul punto definito come unità di monitoraggio ovvero il punto di esecuzione del profilo pedologico (figura 16).

Tale area di campionamento, definita area FRA, è localizzata in una cella adiacente la cella centrata sull'unità di monitoraggio ed individuata - come nel caso dell'area RTK della configurazione "a L" - procedendo in senso orario a partire da Nord.

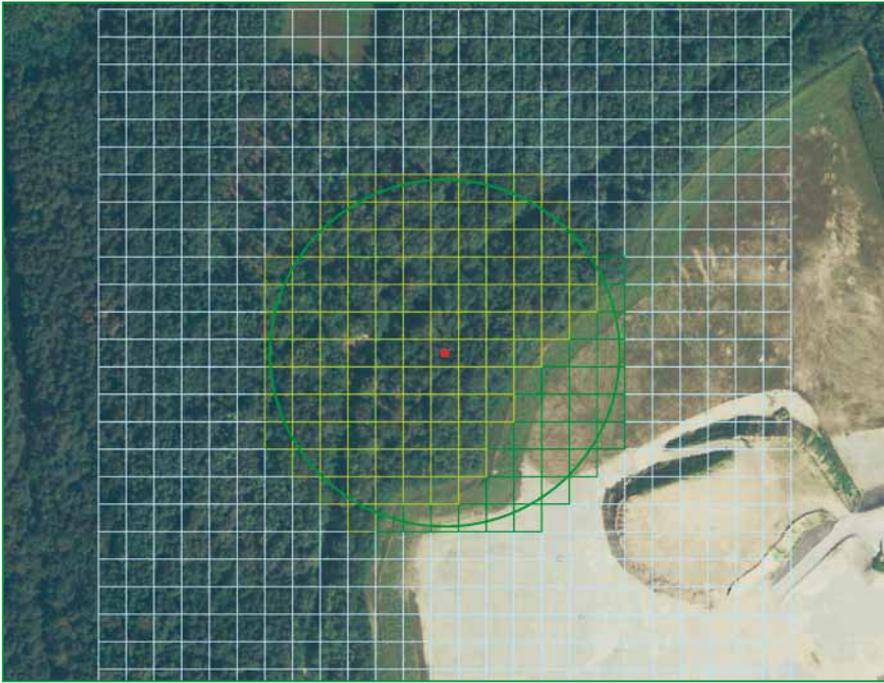


Figura 16-a

Intersezione della griglia 20x20 m. con la superficie del sito di monitoraggio (in verde). Vengono considerate come possibili aree di campionamento solo le celle che presentano caratteristiche uniformi alla tipologia ed uso del suolo presente nell'unità di monitoraggio UM (in verde più chiaro).



Figura 16-b

Configurazione "a singolo plot" - area di campionamento.

6-2 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO

Il campionamento prevede i seguenti tipi di prelievi di suolo:

- campioni di suolo minerale per le analisi di laboratorio: il prelievo di suolo viene effettuato in un numero di punti prestabilito all'interno di ciascuna area di campionamento (9 per la configurazione "a L" e 25 per la configurazione "a singolo plot");
- campioni di suolo organico per le analisi di laboratorio: il prelievo viene effettuato nei medesimi punti del campionamento di suolo minerale;
- campioni per la determinazione della densità apparente: il prelievo di suolo (minerale e/o organico) viene effettuato in un unico punto, corrispondente al centro dell'area di campionamento.

I criteri e le modalità di prelievo vengono di seguito precisati.

CONFIGURAZIONE "A L"

In ogni area di campionamento vengono raccolti campioni di suolo in 9 punti secondo lo schema a croce rappresentato nella figura seguente.

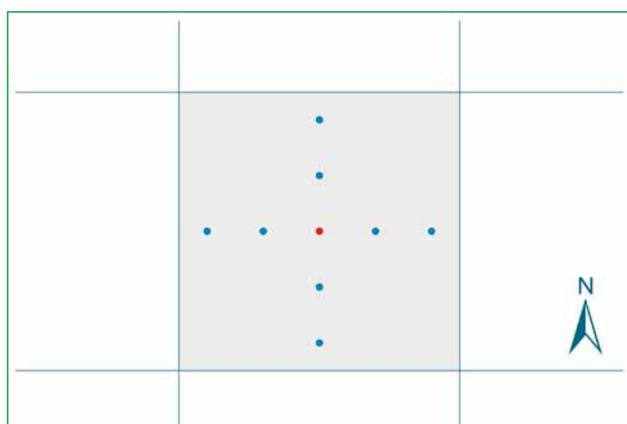


Figura 17 - Configurazione a L schema di campionamento

Il prelievo viene effettuato in 9 punti (centro + 8 punti disposti in direzione Nord-Sud ed Est-Ovest). Nel punto centrale viene effettuato il prelievo per la stima della densità apparente.

I punti sono disposti a partire dal centro lungo gli assi Nord-Sud ed Est-Ovest, distanziati tra loro di 4 metri.

In caso di campionamento eseguito nel topsoil il prelievo riguarda lo strato 0-30 cm.; i sub-campioni ottenuti nei 9 punti di raccolta vengono miscelati omogeneamente in un unico campione composto sul quale viene poi eseguita l'analisi di laboratorio. Gli orizzonti organici, se presenti, vengono separatamente campionati negli stessi punti.

Per quanto riguarda la densità apparente, nel centro dell'area di campionamento si esegue quanto segue:

- nei seminativi, dove vi sia presenza di un orizzonte arato Ap, si preleva un unico campione alla profondità 10-20 cm.;
- nei prati ed nelle altre situazioni si prelevano tre campioni alle profondità 0-10, 10-20, 20-30 cm.: i valori ottenuti vengono mediati al fine di ricavare un unico valore di riferimento.

Con la configurazione "a L" la realizzazione di campioni composti e le tre ripetizioni (raccolta di un campione per ogni area di campionamento) permettono di valutare la variabilità spaziale entro il sito di monitoraggio e il relativo trattamento statistico dei dati. Infatti per ogni parametro del suolo indagato si ottengono in ogni caso tre valori.

INCERTEZZA E RIPRODUCIBILITÀ

L'incertezza relativa alle variazioni a distanza di tempo dei parametri del suolo monitorati può essere valutata attraverso il calcolo dell'Errore Standard (ES) della media delle misure effettuate:

$$ES = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{area=1}^n (\Delta M_{area} - \overline{\Delta M})^2}$$

dove:

n = n° aree di campionamento all'interno del sito di monitoraggio;

$\Delta M_{area} = M_{nuovo} - M_{base}$ = variazione tra il primo monitoraggio e quello successivo;

$\overline{\Delta M}$ = media di ΔM_{area} , nel sito di monitoraggio.

La Riproducibilità (RP) simula invece l'errore della media dei valori, dovuto alla inerente variabilità delle caratteristiche del suolo a breve distanza, che il metodo di campionamento non è in grado di rilevare. Tale variazione è sito-specifica anche se tende ad assumere valori comuni in ambienti simili, simili combinazioni suolo-vegetazione, simili pratiche di gestione dei terreni. In pratica la riproducibilità corrisponde al cambiamento minimo rilevabile di una determinata proprietà del suolo monitorata in una certa condizione pedoclimatica e colturale. La riproducibilità è data da:

$$RP_{sito} = \frac{\Delta M_{sito}}{M_1} \cdot 100 = \frac{|\overline{M_2} - \overline{M_1}|}{\overline{M_1}} \cdot 100$$

dove:

$\overline{M_1}$ = media del parametro su tutte le aree relative al primo campionamento base;

$\overline{M_2}$ = media del parametro su tutte le aree relative al secondo campionamento parallelo;

$\Delta M_{sito} = |\overline{M_2} - \overline{M_1}|$ = differenza nel valore medio del parametro tra i due campionamenti paralleli.

La riproducibilità viene stimata confrontando i risultati di due campionamenti paralleli (figura 18):

- il primo campionamento è quello eseguito nelle aree di campionamento designate;
- il secondo campionamento viene eseguito con la stessa procedura in punti situati ad una distanza prefissata di 5 metri da quelli iniziali.

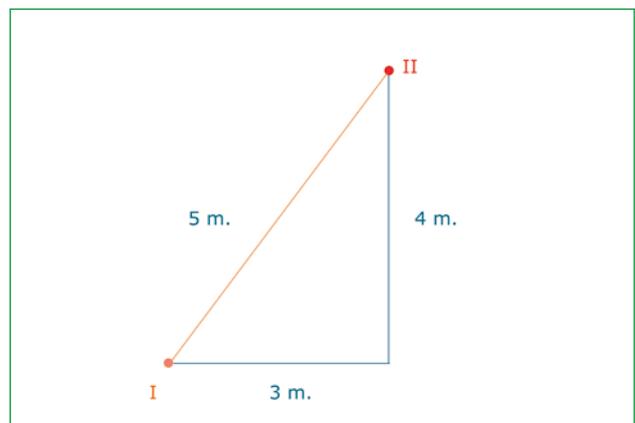
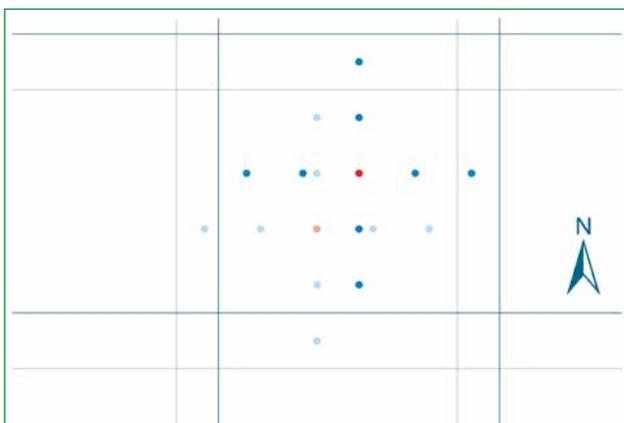


Figura 18 a e b - Posizionamento dei punti di campionamento per la determinazione della riproducibilità; centro dell'area del secondo campionamento parallelo.

CONFIGURAZIONE "A SINGOLO PLOT"

L'area di campionamento è suddivisa in 25 sub-aree di 4x4 m., al centro delle quali eseguito il prelievo dei campioni. Si prelevano due distinti campioni alle profondità 0-10 e 10-20 cm.; i 25 sub-campioni ottenuti nei punti di raccolta per ogni profondità stabilita vengono miscelati omogeneamente in un campione composto sul quale vengono eseguite le analisi di laboratorio.

Per quanto riguarda la densità apparente, nel centro dell'area di campionamento si esegue il prelievo di due campioni alle medesime profondità: 0-10 cm e 10-20 cm.

Gli orizzonti organici, se presenti, vengono campionati separatamente negli stessi punti.

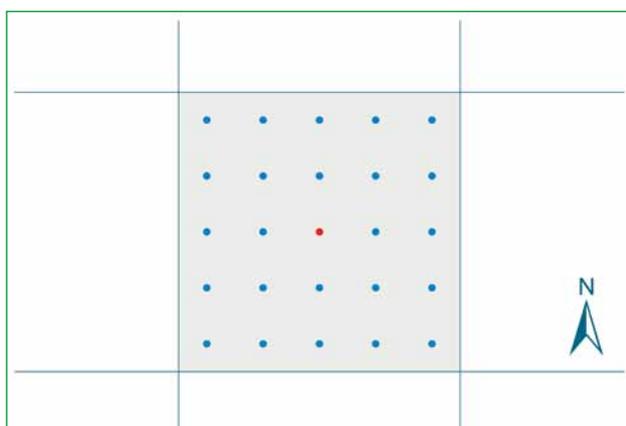


Figura 19 - Configurazione a singolo plot - schema di campionamento

Il prelievo viene effettuato in 25 punti (5 prelievi in direzione Est-Ovest ripetuti 5 volte in direzione Nord-Sud a distanza di 4 metri l'uno dall'altro). Nel punto centrale viene effettuato il prelievo per la stima della densità apparente.

CAMPIONAMENTO DEGLI ORIZZONTI ORGANICI

Il campionamento degli orizzonti organici viene effettuato prima del campionamento degli orizzonti minerali. Riguarda solo gli orizzonti organici OF e OH. L'operazione va eseguita solo se tali strati organici:

- presentano spessore tale da assicurare la raccolta di un quantitativo sufficiente per l'esecuzione delle analisi;
- sono distribuiti in modo sufficientemente continuo all'interno dell'area di campionamento.

Al momento non è previsto il prelievo di campioni di lettiera (orizzonte OL).

Procedura di prelievo dei campioni - In prossimità dei punti di prelievo (figura 20) si traccia, mediante una pala, un quadrato approssimativamente pari a 25 x 25 cm nel quale:

- si asporta la lettiera presente;
- si raccoglie lo strato di humus (comprensivo degli orizzonti OF e OH), avendo cura di separare il terriccio da eventuali filamenti di radici presenti;
- si misura lo spessore totale dello strato prelevato, riportandone il valore sulla scheda di monitoraggio.



Figura 20 - Fasi di prelievo degli orizzonti organici.

CAMPIONAMENTO PER LA DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ APPARENTE

Il campionamento per la determinazione della densità apparente viene effettuato in prossimità del centro di ogni area di campionamento. In caso di uso del metodo del carotaggio si procede nel modo seguente: un cilindro cavo in metallo di volume noto viene inserito verticalmente nel terreno posizionandosi alle profondità desiderata, dopo aver asportato il terreno sovrastante e livellata la superficie (figure 21 e 22).

Il campione di suolo così raccolto viene seccato (105°C in stufa per almeno 48 ore) e pesato.

Il calcolo della densità viene fatto con la formula:

$$DA = M/V$$

dove:

DA = densità apparente del campione (g/cm³)

M = peso del campione (g)

V = volume del campione (cm³) = volume del cilindro campionatore



Figura 21
 Prelievo del campione indisturbato
 per la misura della densità apparente
 mediante cilindro di volume noto.



Figura 22 - Alcune fasi del prelievo del campione di densità apparente.

STIMA DELLA DENSITÀ APPARENTE MEDIANTE PEDOFUNZIONI

Nel caso in cui non sia possibile disporre di un campione per la determinazione della densità apparente, questa può essere valutata con l'impiego di formule predefinite (PTF - Pede-Funzioni di Trasferimento), che forniscono una stima del valore stesso basandosi su dati misurati. Tra le molte e differenti PTF a disposizione in bibliografia ne vengono indicate due, a cui si è fatto ricorso in precedenti lavori nelle condizioni pedo-climatiche della Lombardia: quella di Manrique-Jones (1991) e quelle di Hollis:

- Manrique-Jones (1991) considera i contenuti (in percentuale) di argilla (A), di carbonio organico (CO) e di acqua al punto di appassimento (WP):

$$DA \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1.74 + (0.005 \cdot A) - (0.025 \cdot WP) - (0.218 \cdot \text{CO})$$

Per la stima di WP si può utilizzare la PTF di Rawls:

$$WP = 0.026 + (0.005 \cdot A) + (0.0092 \cdot CO)$$

- Hollis, prevede una serie di PTF differenti in funzione del tipo di orizzonte e restituisce il valore di densità apparente in funzione del contenuto di C organico e della tessitura.

Orizzonte	Caratteristiche	PTF per il calcolo della densità apparente (g/cm ³)
O1	SO>30	-0,00589 x CO + 0,554
O2	SO>15	-0,00745 x CO + 0,593
O3	SO<15	-0,00797 x CO + 0,553
Ap		1,46 - 0,0254 ln(A) + 0,0279 ln(S) - 0,261 ln(CO)
2Ah	Ab con SO>5	0,807 + 0,0989 ln(A) + 0,106 ln(S) - 0,215 ln(CO)
Ah	A con SO>5	0,999 + 0,0451 ln(A) + 0,0784 ln(S) - 0,244 ln(CO)
A	A con SO<5 e Ab con SO<5	0,87 + 0,071 ln(A) + 0,093 ln(S) - 0,254 ln(CO)
E		1,54 - 0,000583 x L - 0,00008 x A - 0,162 x CO
Eh		1,5 - 0,00067 x L + 0,00262 x A - 0,139xCO
Bhs		0,998 - 0,0702 ln(L) + 0,0798 ln(S) - 0,131 ln(CO)
1-Bw	A e CO > A e CO (2-Bw)	1,55 - 0,00147 x L - 0,00018 x A - 0,209 x CO
2-Bw	S > S (1-Bw) e CO < CO (1-Bw)	1,54 - 0,00546 x L + 0,00338 x A - 0,16 x CO
2Bh	2BC con SO>2.5	1,47 - 0,00727 x L + 0,00716 x A - 0,082 x CO
Bg		1,69 + 0,0021 x L - 0,00231 x A - 0,505 x CO
Bt		1,66 - 0,00069 x L - 0,00827 x A + 0,0123 x CO
Btg		1,67 + 0,000751 x L - 0,0105 x A + 0,0316 x CO
BC		1,49 - 0,00029 x L + 0,00437 x A - 0,314 x CO
C		1,5 - 0,00059 x L + 0,00085 x A - 0,254 x CO
Ch	SO>1.5	1,56 - 0,00124 x L - 0,00372 x A - 0,0668 x CO

dove:

A = contenuto % di argilla

L = contenuto % di limo

S = contenuto % di sabbia

CO = contenuto % di Carbonio Organico

SO = contenuto % di Sostanza Organica

Tabella 4 - PTF per il calcolo della densità apparente (Hollis, 1996).

SINTESI DEI PRELIEVI

Si riassume nella tabella seguente il numero di campioni da prelevare relativamente alle due configurazioni di campionamento.

Configurazione di campionamento "a L"							
tipo sito	uso del suolo	campionamento di suolo				densità apparente	
		profondità (cm.)	n.° aree	punti di prelievo x area	n.° campioni finali	profondità (cm.)	n.° campioni finali
agro-rurale	seminativo	0-30	3	9	3	0-30	3
	prati permanenti	0-30	3	9	3	0-10 10-20 20-30	9

Configurazione di campionamento "a singolo plot"							
tipo sito	uso del suolo	campionamento di suolo				densità apparente	
		profondità (cm.)	n.° aree	punti di prelievo x area	n.° campioni finali	profondità (cm.)	n.° campioni finali
fore-stale alpino	bosco pascoli	OF+OH 0-10 10-20	1	25	3	0-10 10-20	2

Tabella 5 - Schema dei campionamenti.

6-3 SEQUENZA DELLE OPERAZIONI NELLE AREE DI CAMPIONAMENTO

POSIZIONAMENTO IN CAMPO

Per determinare geograficamente un'area di campionamento in campo è sufficiente localizzare il punto del corrispondente al suo centro. Tale punto viene identificato sul campo con l'ausilio dei sistemi di rilevamento GPS ad alta precisione (in grado di fornire teoricamente margine di errore entro i 50 cm). La metodologia operativa da seguire nella fase di georeferenziazione in campo è ampiamente trattata nel capitolo 7.

Individuato tale punto in campo si registra la sua posizione geografica; il centro dell'area di campionamento è quindi contrassegnato mediante un paletto o picchetto segnaposto. La correzione delle posizioni GPS rilevate è effettuata in campo ed in tempo reale tramite la Rete di Posizionamento GPS della Regione Lombardia - GP-SLombardia - gestita da IREALP (Istituto di Ricerca per l'Ecologia e l'Economia Applicate alle Aree Alpine). In tutti i casi dove tale operazione non sia possibile le posizioni effettuate vengono successivamente corrette in ufficio in modalità di post-elaborazione dei dati. Tutti i rilievi registrati dalla strumentazione GPS utilizzata (dati grezzi, posizioni corrette in modo differenziale e non corrette) dovranno essere archiviati opportunamente nella banca dati SOILQUALIMON e organizzati secondo l'area di campionamento e l'unità di monitoraggio.

In mancanza dell'ausilio fornito dalla strumentazione GPS, oppure nel caso questi risultati inadeguata, occorrerà ricorrere all'uso di strumentazione topografica alternativa. In queste situazioni risulta utile individuare sulla cartografia di supporto una serie di punti noti ben riconoscibili sul campo (vertici IGMI, alberi, incroci di strade, spigoli di fabbricati, elettrodotti, elementi caratteristici della mappa come triplici di confine ...) e determinare le distanze relative di questi dai punti di campionamento previsti.

FOTOGRAFIE DEL PAESAGGIO

La descrizione dell'area di monitoraggio sarà completata da un serie di foto sul paesaggio circostante.

Le fotografie vanno prese posizionandosi nel centro dell'area di campionamento RTK (configurazione "a L") o nel centro dell'area di campionamento FRA (configurazione "a singolo plot").

Il paesaggio va inquadrato lungo le 8 direzioni cardinali principali [N, NE, E, SE, S, SO, O, NO], in modo da coprire la totalità del campo visuale intorno al sito. Prendere la prima foto lungo la direzione Nord e proseguire con le altre in senso orario. Il file della fotografia dovrà essere così denominato:

Codice unità di monitoraggio	Orientamento [una delle seguenti voci: N NE E SE S SO O NO]
	
5_3_N [Nord]	5_3_NE [Nord-Est]
	
5_3_E [Est]	5_3_SE [Sud-Est]
	
5_3_S [Sud]	5_3_SO [Sud-Ovest]
	
5_3_O [Ovest]	5_3_NO [Nord-Ovest]

Figura 23 – Esempio di fotografie del paesaggio circostante il centro del sito RTK.

CAMPIONAMENTO

In ogni area di campionamento si eseguono le operazioni di prelievo di suolo descritte nel paragrafo 6-2.

Schede di monitoraggio

La scheda di monitoraggio è un documento che ha lo scopo di raccogliere utili osservazioni derivanti dall'attività di monitoraggio eseguita in campo. In particolare vanno annotate su questa scheda tutte le variazioni intercorse rispetto al programma pianificato (sia a livello di posizionamento che di campionamento), unitamente alle informazioni indispensabili per poter eseguire in condizioni comparabili il monitoraggio successivo a distanza di anni.

In dettaglio le informazioni da raccogliere sono le seguenti:

- data di monitoraggio;
- in corrispondenza al centro di ogni area di campionamento:
 - pendenza misurata (%);
 - in presenza di spostamenti dal punto pianificato: direzione e distanza dell'eventuale spostamento,
 - posizione relativa rispetto al punto UM dell'unità di monitoraggio;
 - inizio orario rilievo GPS;
 - valore medio di PDOP osservato durante il rilievo GPS.
- presenza di scheletro;
- numero di punti campionati;
- eventuale traslazione dei punti di campionamento per presenza di ostacoli;
- spessore degli orizzonti organici (OF+OH) nei punti di campionamento;
- misure di pendenza in tutti o parte dei punti di campionamento, per aree situate lungo piani inclinati;
- altre osservazioni e considerazioni.

Nelle figure 24 a-b vengono rappresentate a titolo di esempio le schede di monitoraggio tipiche per una configurazione di campionamento "a L".

unità di monitoraggio				data campionamento	uso suolo				
sito di monitoraggio		pendenza nel punto centrale			spostamento in campo		orario rilievo GPS		PDOP
		%	°	orientamento	direzione	metri	ora	minuti	
area profilo									
aree di campionamento	RTK								
	X40								
	X80								

	scheletro	ostacoli	punti campione
RTK			
X40			
X80			

osservazioni
RTK
X40
X80

Posizione alternativa dei siti di campionamento ▲

unità di monitoraggio			
------------------------------	--	--	--

SPESORE ORIZZONTI OLIORGANICI [OF+OH]

- indicare millimetri di spessore prelevato
- indicare nel riquadro blu la direzione NORD

RTK

X40

X80

NOTE

Figura 24-a - Scheda di monitoraggio per configurazione standard di campionamento - fogli 1 e 2.

unità di monitoraggio

TRASLAZIONE PUNTI DI CAMPIONAMENTO (metri) PER PRESENZA OSTACOLI

- indicare metri e direzione spostamento + ubicazione ostacoli
- indicare nel riquadro blu la direzione NORD

RTK



X40



X80



NOTE

unità di monitoraggio

ANDAMENTO DELLA PENDENZA
grafico e valori in %

RTK	X40	X80
Nord -Sud	Nord -Sud	Nord -Sud
Est-Ovest	Est-Ovest	Est-Ovest

Figura 24-b - Scheda di monitoraggio per configurazione standard di campionamento - fogli 3 e 4.

TRATTAMENTO ED ETICHETTATURA DEI CAMPIONI

Preparazione del campione in campo

In fase di campionamento vanno osservati i seguenti criteri:

- il campione deve consistere di norma in almeno 2 kg di terreno;
- il campione composto di suolo - ottenuto dai prelievi nei punti previsti - deve essere accuratamente miscelato;
- il campione deve essere riposto in un sacchetto resistente e trasparente in polietilene accuratamente chiuso e debitamente etichettato.

Etichetta del campione - Configurazione "a L"

unità di rete	area di campionamento
data di campionamento	

Ad esempio, per l'area di monitoraggio 5_3 (UM=5_3_21) si avranno le seguenti etichette:

5_3 RTK	5_3 X80	5_3 X40
13.12.07	13.12.07	13.12.07

Nel caso in cui venga effettuato in parallelo un secondo campionamento per la riproducibilità i campioni di suolo ottenuti vengono etichettati nel modo seguente:

unità di rete	area di campionamento	sigla "S"
data di campionamento		

Esempio:

4_5 RTK S	4_5 X80 S	4_5 X80 S
18.03.08	18.03.08	18.03.08

Etichetta del campione - Configurazione "a singolo plot"

unità di rete	sigla "FRA"
profondità di prelievo	data di campionamento

Ad esempio:

6_6 FRA
10-20 28.03.08

Etichetta dei campioni organici

I campioni finali di suolo vanno posti in distinti sacchetti resistenti e trasparenti in polietilene. Ogni sacchetto va etichettato nel modo seguente:

unità di rete	area di campionamento	sigla "ORG"
data di campionamento		

Esempio:

6_1 FRA ORG
10.10.08

Etichetta del campione per la determinazione della densità apparente

unità di rete	area di campionamento	sigla "DA"	sigla "S"
data di campionamento	diametro del cilindro	profondità (in cm.)	

Esempio:

4_5 RTK DA S	4_5 RTK DA S	4_5 RTK DA S
18.03.08 Ø=864 10-20	18.03.08 Ø=864 10-20	18.03.08 Ø=864 10-20

Conservazione dei campioni

Se il campione non dovesse pervenire in breve tempo (1-2 giorni) al laboratorio, si dovrà provvedere a conservarlo in un luogo fresco in grado di assicurare un buon grado di umidità.

Consegna dei campioni in laboratorio

I campioni di suolo vengono consegnati al laboratorio di analisi unitamente ad una apposita scheda (raffigurata nella pagina seguente), nella quale vanno inseriti:

- codice identificativo di consegna del campione così formato:
 - sigla SQM seguita da un numero progressivo formato 000 (intero preceduto da zeri);
- sigla posta sull'etichetta [es. 5_3-RTK-DA];
- analisi da effettuare.

6-4 AVVERTENZE GENERALI SUL CAMPIONAMENTO

- Non effettuare il campionamento in una determinata unità di monitoraggio, rimandandola ad un'altra data, se:
 - il terreno è stato arato da poco e comunque fino a quando non sia ritornato al suo livello ordinario e/o se è stato concimato, liquamato o trattato con correttivi da poco: anche in casi dubbi è meglio rimandare il campionamento che dovrebbe essere effettuato a fine ciclo colturale, prima delle lavorazioni e delle concimazioni relative alla coltura successiva;
 - in caso di previsioni di pioggia, con possibilità di temporali o in condizioni atmosferiche rendano sconsigliabile l'utilizzo della palina nel rilievo GPS e di conseguenza il posizionamento dei siti di monitoraggio.
- Nella scelta della data di campionamento, va tenuta presente la localizzazione del sito di monitoraggio relativamente alle porzioni di territorio regionale dichiarate come zone vulnerabili all'inquinamento da nitrati di origine agricola e ai relativi periodi temporali di divieto allo spandimento di letami, liquami, fanghi e fertilizzanti azotati diversi dagli effluenti di allevamento.
- Se in un sito i punti di prelievo presentano alla vista dell'operatore evidenti anomalie rispetto al resto dell'area di campionamento spostarsi nell'intorno fino a 2 m dalla localizzazione ideale, se anche a tale distanza l'anomalia persiste saltare il punto.
- Se per caso l'anomalia riguarda il punto centrale dell'area RTK spostarsi di 20 metri lungo la direzione UM-RTK oppure, in alternativa perpendicolarmente a tale direzione; di conseguenza i centri delle altre due aree (X40 e X80) dovranno traslare di 20 metri lungo i propri assi di ubicazione; se l'anomalia riguarda il punto centrale delle aree X40 e/o X80 traslare solo il centro dell'area interessata di 20 metri lungo l'asse di appartenenza.
Attenzione: per anomalia deve intendersi una situazione palesemente diversa dalla media all'interno del sito di monitoraggio, quindi non una condizione di variabilità che rappresenta una caratteristica del sito medesimo. Se aggiustamenti di questo tipo vengono adottati durante il campionamento, vanno segnalati e registrati nella apposita scheda di monitoraggio.
- Nei seminativi avere cura di evitare residui colturali od altri materiali estranei presenti in superficie: lettiera, radici, sassi ed altro materiale grossolano vanno pertanto rimossi prima di iniziare campionamento.
- Nei boschi ci si deve prima assicurare che il campionamento venga fatto ad almeno 1 m di distanza dai tronchi, avendo cura di evitare tane di animali e altre zone perturbate.
- In una unità di monitoraggio l'attività di campionamento va iniziata e conclusa nella stessa giornata.

6-5 STANDARD DI CAMPIONAMENTO

Gli standard di campionamento previsti dalla rete di monitoraggio SOILQUALIMON sono coerenti con le modalità di prelevamento di campioni di suolo da sottoporre ad analisi previste dai metodi ufficiali di analisi chimica del suolo e con le seguenti norme ISO:

- ISO/DIS 10381-1: Soil Quality – Sampling Part 1: Guidance on the design of sampling programmes, 1995;
- ISO/DIS 10381-4: Soil Quality – Sampling Part 4: Guidance on the procedure for the investigation of natural, near natural and cultivated sites, 1995.

7 GEOREFERENZIAZIONE

Questo capitolo è tratto dalla relazione "Supporto alla definizione di standard metodologici per il rilievo di punti" svolta dal Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento (DIAR) nell'ambito del progetto SOILQUALIMON.

7-1 OBIETTIVI

Il sistema SOILQUALIMON prevede l'individuazione di siti di monitoraggio nei pressi dei nodi di una rete a maglia 18x18 km estesa all'intera regione con una precisione metrica (o possibilmente submetrica). I siti dovranno essere monitorati periodicamente a distanza di pochi anni. Per individuare queste aree si è pensato di ricorrere all'uso di strumentazione topografica classica a basso costo e ad un apparato di rilevamento GPS.

La necessità di un posizionamento di elevata precisione unita alla ripetibilità nell'identificazione dell'area di monitoraggio in tempi successivi richiedono l'utilizzo di strumentazione GPS con adeguate caratteristiche. Inoltre l'utilizzo della strumentazione GPS presenta alcune problematiche, in particolare in condizioni di scarsa visibilità satellitare, fenomeno frequente in aree montuose o in zone forestali. È quindi necessario definire adeguatamente uno standard di lavoro per l'identificazione delle aree di monitoraggio nei due casi: montuoso e in pianura, tenendo conto delle diverse caratteristiche e quindi problematiche che queste due situazioni presentano. Questo comporta la selezione ottimale della strumentazione indispensabile e la definizione di procedure semplici e rapide di utilizzo sul campo. 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. Questo implica la conoscenza di diversi programmi e la capacità di utilizzare diversi strumenti. Per permettere all'utenza non specializzata di lavorare in campo nella maniera più semplice possibile si nota che è utile spostare una parte consistente del lavoro in ufficio, da effettuare prima e dopo le misure.

Per approfondimenti sulla terminologia usata e sugli argomenti trattati si rimanda all'allegato A3 – Atlante delle definizioni.

7-2 STRUMENTAZIONE

Considerando le precisioni raggiungibili con le diverse metodologie e le necessità di progetto, si consiglia l'utilizzo di un ricevitore GPS singola frequenza che permetta la determinazione in tempo reale della posizione con precisione anche submetrica. La strumentazione deve inoltre essere in grado di ricevere le correzioni differenziali, in particolare di rete, in quanto risulta di estrema utilità l'utilizzo della rete di stazioni permanenti della regione Lombardia, denominata GPSLombardia. Si consiglia a tale proposito l'adozione di un apposito modem GPRS/GSM per la ricezione via internet tramite protocollo NTRIP delle correzioni di rete.

È necessario inoltre un software in grado di eseguire la post-elaborazione dei dati raccolti, in particolare nel caso in cui non si sono ricevute le correzioni differenziali in tempo reale. Può inoltre essere vantaggioso, ai fini dell'interfacciamento con il database geografico utilizzato (che viene gestito tramite il software ArcGIS ArcView ESRI), utilizzare un ricevitore appartenente alla categoria cosiddetta GPS/GIS, che abbia quindi la possibilità di salvare i risultati del rilievo direttamente in formato shape. Solitamente inoltre questi strumenti permettono una visualizzazione più user-friendly del rilievo. Strumentazione accessoria consigliabile è una palina su cui alloggiare l'antenna e un bipede topografico per sostenerla, in modo da permettere un posizionamento più ac-

curato ed eventualmente di sopravanzare alcuni ostacoli bassi che impedirebbero la piena visibilità dei satelliti. La diversità di siti, per caratteristiche di accessibilità e di visibilità del cielo, rende inoltre necessaria l'adozione di strumentazione topografica classica a basso costo, per supplire alle eventuali carenze di ricezione. Per raggiungere le precisioni desiderate, viste anche le limitate distanze in essere (inferiori al centinaio di metri) si ritiene sufficiente l'utilizzo di un distanziometro laser, di una rotella metrica, possibilmente realizzata in materiale indeformabile, e di una bussola di precisione.

Sulla base di questi suggerimenti, ERSAF ha provveduto all'acquisto della seguente strumentazione:

- ricevitore Trimble GPS Pathfinder ProXH;
- palmare con cellulare integrato per la connessione internet, dotato di connessione (bluetooth e seriale) per interfacciarsi con il ricevitore,
- software ArcPad ESRI con la relativa estensione Trimble GPSCorrect (installato sul palmare) per la correzione differenziale in tempo reale e la generazione degli shapefile delle posizioni stimate;
- software GPS Trimble Pathfinder Office per la post-elaborazione dei dati;
- palina;
- tripede.

ERSAF è inoltre in possesso di un distanziometro Disto Leica, bindella metrica e bussola. Quanto esposto di seguito presuppone l'utilizzo di questa strumentazione.



Figura 25

7-3 METODOLOGIA DI LAVORO

Per ogni sito di monitoraggio vanno determinate le posizioni dei seguenti punti:

- il punto UM, identificativo dell'unità di monitoraggio, in corrispondenza al quale viene effettuato il profilo pedologico;
- il centro delle aree di campionamento previste all'interno del sito, variabili da 1 a 3 a seconda della configurazione di campionamento adottata (figura 26).

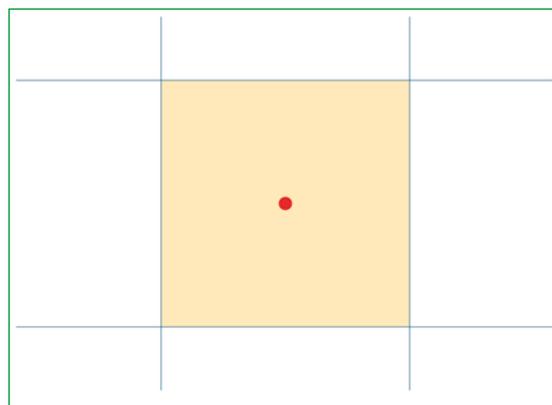


Figura 26

Ogni area di campionamento è individuata in campo tramite il punto corrispondente al suo centro (centroide della cella di 20 m di lato).

La georeferenziazione riguarderà l'individuazione in campo di punti aventi coordinate note secondo la seguente regola:

- nel corso della prima campagna di monitoraggio occorrerà individuare in campo le posizioni dei punti pianificati a priori a partire dai dati di cartografia e dalle informazioni raccolte durante i sopralluoghi in campo;
- nel corso delle successive campagne di monitoraggio occorrerà individuare in campo le posizioni acquisite durante la prima campagna di rilevamento.

La metodologia di lavoro prevede le seguenti fasi operative:

- pianificazione cartografica delle aree di rilevamento, consistente in:
 - selezione del sito di monitoraggio per ogni unità della rete SOILQUALIMON, come descritto nei capitoli 4 e 5;
 - identificazione delle aree di campionamento all'interno del sito di monitoraggio, come trattato nel capitolo 6.
- trasformazione dei sistemi di riferimento;
- preparazione dei progetti ArcPad;
- planning delle misure GPS;
- posizionamento in campo.

7-4 TRASFORMAZIONE DEI SISTEMI DI RIFERIMENTO

L'utilizzo all'interno di uno stesso progetto di dati di provenienza diversa (GPS, cartografia), come accade in questo caso, richiede la conoscenza di diversi sistemi di riferimento e di coordinate e la conversione da un sistema all'altro per poter confrontare e interfacciare le varie informazioni geografiche.

I dati di partenza, ricavati da cartografia, 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 (sistema adottato da GPS Lombardia per esprimere le coordinate delle proprie stazioni permanenti). Il sistema di riferimento di queste soluzioni è stabilito da GPS Lombardia, che periodicamente aggiorna i parametri di trasformazione e ne informa gli utenti (con cadenza circa annuale). In primo luogo è quindi necessario riferire tutte le informazioni geografiche allo stesso 'datum', vale a dire che bisogna riportare tutti i dati e gli strati informativi allo stesso sistema di riferimento, allo stesso sistema di coordinate e alla stessa proiezione cartografica. In particolare è necessario riconvertire le carte contenenti i vertici da individuare sul campo in coordinate UTM IGS05 in modo da poter caricare queste informazioni sul palmare in ambiente ArcPad, riportando così tutti gli shapefile nello stesso sistema di riferimento dei dati che verranno stimati in tempo reale dal GPS.

La trasformazione di coordinate e la proiezione cartografica, pur complesse, vengono effettuate in maniera automatica dai software della famiglia ArcGIS, in modo del tutto trasparente all'utente, che quindi deve semplicemente impostare i valori desiderati per il particolare progetto di lavoro. I dati o gli strati informativi che vengono aggiunti in seguito allo stesso progetto, purché riferiti allo stesso sistema di riferimento di quelli già presenti, se espressi in un diverso tipo di coordinate o a una diversa proiezione, sono automaticamente trasformati dal software stesso in tempo reale così da essere correttamente interfacciati con i dati già disponibili. Per questo motivo, essendo questo software già a disposizione di ERSAF, non si ritiene di dover approfondire tali trasformazioni in questa sede.

La conversione tra il sistema di riferimento IGS05 e il Roma40 (e viceversa) deve essere eseguita in due passi: prima si convertono le posizioni dal sistema IGS05 a ETRF89 (sistema di riferimento nel quale sono espressi i vertici della rete nazionale di punti GPS realizzata dall'Istituto Geografico Militare Italiano) e poi da ETRF89 è possibile riportarsi al sistema Roma40. Entrambe le trasformazioni possono essere viste come rototraslazioni con variazione di scala.

Il software ArcGIS permette di effettuare diverse trasformazioni tra sistemi di riferimento, ma non sempre la

precisione ottenibile tramite le procedure utilizzate dal programma sono accettabili. Ad esempio questo accade quando si vuole effettuare una trasformazione tra sistema Roma40 e sistema ETRF89/IGM95, a causa dell'elevata variabilità locale dei parametri di trasformazione. In questo caso è necessario disporre di appositi valori di trasformazione ottimizzati per l'area in esame. Questa operazione è possibile per mezzo di appositi software in grado di gestire i cosiddetti grigliati Verto (come i programmi VertoGIS o Cartlab). È anche possibile eseguire le conversioni da Roma40 Gauss Boaga a ETRF89/IGM95 direttamente in formato shapefile. È quindi necessario acquisire anche i grigliati relativi a tutte le aree di monitoraggio.

La trasformazione da ETRF89/IGM95 a IGS05 invece può essere effettuata per mezzo dell'applicazione ArcToolbox ESRI. Per questo è necessario in via preliminare impostare la particolare trasformazione in ambiente ESRI ArcGIS. I parametri della trasformazione IGS05 a ETRF89/IGM95 sono forniti da GPSLombardia e sono liberamente scaricabili da Internet. Vanno monitorati periodicamente: in caso di una loro modifica è opportuno impostare una nuova trasformazione di sistema di riferimento e le carte vanno nuovamente riconvertite qualora si voglia interfacciarle con un nuovo rilievo GPS in tempo reale (si noti comunque che la variazione delle coordinate per effetto del cambio periodico dei parametri di trasformazione è in ogni caso inferiore alla precisione cartografica). Ad esempio a partire dal 16.03.2009 il sistema di riferimento ufficialmente adottato da GPSLombardia è il IGS05-2009; allo stesso modo l'Istituto Geografico Militare Italiano ha rilasciato un aggiornamento del sistema di riferimento ufficiale italiano, denominato ETRF2000-RDN.

È possibile verificare che la trasformazione inversa, da ETRF89/IGM95 a IGS05 si ottiene utilizzando i parametri della trasformazione da IGS05 a ETRF89/IGM95 cambiati di segno, tenuto conto dell'ordine di grandezza dei parametri coinvolti. Comunque in ambiente ArcGIS è sufficiente definire una trasformazione, la sua inversa viene stimata in modo automatico dal software.

7-5 PREPARAZIONE DEI PROGETTI ARCPAD

Convertiti i dati, si hanno a disposizione tutti i layer nel sistema di riferimento IGS05: sono questi gli strati informativi che devono essere caricati sul palmare per il rilievo in campagna [non è conveniente eseguire le operazioni di conversioni di sistema di riferimento anche sulle ortofoto, poiché, con i software attualmente disponibili, sarebbe necessaria una procedura piuttosto complessa. Pertanto, se si importano nei progetti le ortofoto, risulteranno sempre spostate rispetto alla posizione reale].

I progetti da realizzare devono quindi soddisfare le seguenti caratteristiche:

- devono separare le nuove informazioni relative alla posizione del rilievo reale da quelle riguardanti la posizione teorica cercata (in modo da non perdere memoria di quanto già esistente);
- devono permettere una semplice associazione tra i dati GPS grezzi (file .ssf) e il relativo shapefile, così da semplificarne il trasferimento e la successiva fase di post-elaborazione;
- devono evitare per quanto possibile inutili duplicazioni di dati;
- devono coprire un intervallo di tempo inferiore al giorno, per ottimizzare la post-elaborazione, e possibilmente una finestra temporale quanto più ridotta possibile, così da richiedere solo i dati della stazione permanente strettamente necessari.

Per soddisfare tali requisiti è quindi necessario creare un apposito shapefile di punti vuoto, con un nome facilmente riconoscibile, in cui verranno memorizzate le posizioni dei punti rilevati in campo. Tale operazione può essere effettuata direttamente sul palmare, ma è preferibile sia effettuata in ufficio.

Questo shapefile deve essere già strutturato per quanto riguarda la tabella degli attributi, con tutte le informazioni che si ritengono necessarie o utili. Come minimo devono essere presenti almeno i seguenti campi: il nome del vertice, la data del rilievo e un campo testo sufficientemente lungo per poter inserire delle note.

Inoltre, in via opzionale, potrebbe essere utile avere a disposizione in campo dei layer vuoti di ogni tipologia: un layer di punti, uno di linee e uno di aree, in modo da poterli utilizzare in caso di necessità. Infine, pur non

essendo necessario, potrebbe risultare utile creare uno shapefile tridimensionale (ZM), così da conservare memoria anche dell'informazione relativa alla quota. L'organizzazione degli shapefile in un progetto ArcPad può essere effettuata creando un progetto diverso per ogni nodo della rete. Questa soluzione richiede di scaricare la minor finestra temporale di dati dalla stazione permanente, poiché si crea un unico file .ssf per ogni nodo della rete, e fornisce in assoluto la più semplice visualizzazione dei punti da campionare. Si suggerisce di creare in partenza un progetto per ogni nodo UR della rete, salvando i corrispondenti file in un diverse directory, con nomi facilmente riconoscibili. Una volta creati questi progetti in ambiente ArcGIS – ArcMap, in formato .mxd, è sufficiente esportarli nel formato ArcGIS – ArcPad, .apm, e caricarli sul palmare, preferibilmente su scheda di memoria esterna, per evitare perdite involontarie di dati.

7-6 PLANNING DELLE MISURE GPS

È possibile avere una previsione sui valori di DOP e dello stato della costellazione dei satelliti prevista durante la fase di misura ricorrendo al cosiddetto planning. Questa operazione è sempre consigliabile, ma in modo particolare lo è quando si vuole effettuare un rilievo in zone con scarsa visibilità di satelliti.

Questa operazione può essere fatta utilizzando software specifici, ad es. Trimble Planning, scaricabile gratuitamente dal sito internet della Trimble. In questo caso, ogni volta che si vuole pianificare si devono scaricare i più recenti almanacchi dei satelliti, sempre dal sito Trimble.

L'utilità di planning (indicata con Plan) è presente anche in GPSCorrect, quindi è disponibile su palmare. La previsione della costellazione in questo caso è tanto migliore quanto più recente è stato l'ultimo rilievo GPS eseguito, perché vengono utilizzati direttamente gli almanacchi trasmessi dai satelliti.

Alternativamente è possibile collegarsi al sito GPSLombardia, in cui si trova una pagina con il planning per le diverse zone della regione.

7-7 POSIZIONAMENTO IN CAMPO

A partire dai progetti ArcPad è possibile effettuare in campo due operazioni distinte:

- navigazione verso uno o più punti di coordinate note;
- memorizzazione delle posizioni stimate tramite GPS e dei dati grezzi satellitari, entrambi relativi al centro delle aree dove realmente è stato effettuato il campionamento.

Vanno considerate tre possibili situazioni:

- piena visibilità dei satelliti gps e ricezione gsm;
- piena visibilità dei satelliti gps senza ricezione gsm;
- assenza di visibilità dei satelliti gps.

Individuazione delle aree di campionamento

- configurazione "a L": per primo deve essere individuato il centro dell'area RTK. A partire da esso vengono determinati i punti relativi ai centri delle altre due aree, lungo le direzioni nordsud est ovest, a una distanza pari a 40 metri per il centro dell'area X40 ed a 80 metri per il centro dell'area X80.

- configurazione "a singolo plot": deve essere individuato il centro dell'area FRA

PIENA VISIBILITÀ DEI SATELLITI GPS E RICEZIONE GSM

Nel caso in cui si abbia piena visibilità del cielo su tutto l'area da rilevare e che si abbia buona ricezione del segnale GPRS/GSM, così da poter effettuare il collegamento alla rete GPSLombardia, è possibile individuare i punti tramite una semplice navigazione GPS verso gli stessi, e allo stesso tempo determinare le coordinate dei medesimi in tempo reale, sfruttando le correzioni differenziali inviate dal GPSLombardia. Questa modalità fornisce le precisioni maggiori, potendo arrivare anche a mezzo metro di errore di stima, e richiede la presenza di un solo operatore.

Una volta individuato il punto mediante il posizionamento differenziale in tempo reale si memorizza la posizione raccogliendo i dati grezzi nel file .ssf per un periodo di 30 secondi ed un intervallo di campionamento pari ad un secondo, in modo da avere una verifica a posteriori del risultato. Gli shapefile ottenuti possono essere considerati definitivi.

PIENA VISIBILITÀ DEI SATELLITI GPS SENZA RICEZIONE GSM

Se non è invece possibile l'individuazione sul terreno di nessun punto in modalità differenziale, risulta invece consigliabile navigare verso i vertici in modalità GPS stand alone, cercando di avvicinarsi il più possibile.

In seguito, posta in stazione la palina, è indispensabile raccogliere i dati grezzi per la determinazione a posteriori, con precisione submetrica, delle posizioni in cui si è realmente effettuato il campionamento. Si consiglia un intervallo di campionamento pari a 1 sec. Per poter determinare con accuratezza la posizione dei punti è sufficiente raccogliere - per un periodo di tempo variabile da 10 a 15 minuti ed un intervallo di campionamento pari ad 1 secondo - le osservazioni grezze GPS, che verranno in seguito post-elaborate. Tale modalità richiede la presenza di un solo operatore. Durante il periodo di misurazione GPS è possibile eseguire altre operazioni di campionamento del suolo.

Metodo alternativo per la configurazione "a L"

Per individuare le tre aree di campionamento di un sito di monitoraggio dove è prevista la configurazione "a L", è possibile operare in alternativa nel modo seguente.

Si determina la posizione del centro di un'area tramite navigazione GPS, quindi in caso di terreno pianeggiante, è possibile ricavare le posizioni dei centri delle altre due aree, poste a distanze note, ricorrendo all'uso di rotella metrica e bussola. A titolo di esempio si immagina che sia stato determinato il centro dell'area RTK; orientandosi lungo le direzioni nord sud est ovest, è possibile individuare i centri delle altre aree spostandosi per una distanza pari a 40 m per l'area X40 e a 80 m per l'area X80. Per effettuare tale operazione è sufficiente fare ricorso ad una bussola di precisione per determinare l'orientamento e a una rotella metrica per misurare la distanza tra i punti. Questa operazione è piuttosto delicata, va eseguita con attenzione e richiede la presenza di due operatori. È importante in questa fase che la direzione di stesura della bidella sia quanto più possibile allineata con la direzione indicata dalla bussola e che la stessa bidella sia ben tesa.

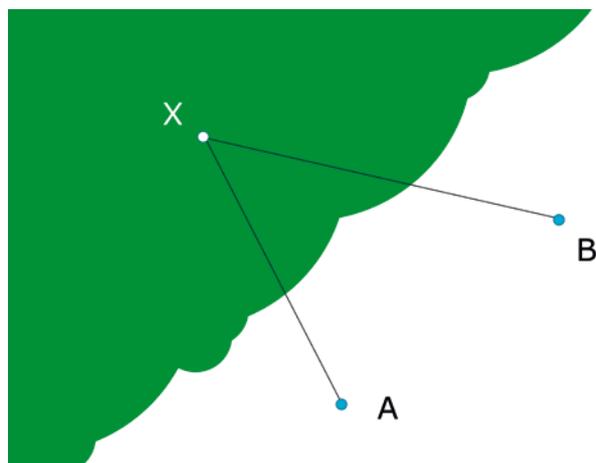
La determinazione accurata delle coordinate dei punti campionati in questo caso può essere effettuata esclusivamente raccogliendo i dati grezzi per la successiva fase di post elaborazione dei dati. È quindi necessario raccogliere i dati grezzi GPS per un periodo di tempo variabile da 10 a 15 minuti, con tempo di campionamento pari ad un secondo. Le posizioni post-elaborate, in cui si è realmente effettuato il campionamento, saranno note con errore submetrico.

ASSENZA DI VISIBILITÀ DEI SATELLITI GPS

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 punti 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. Per questo motivo è necessario allontanarsi dall'area coperta finché siano nuovamente agganciati i satelliti GPS in numero sufficiente e determinare la posizione di un punto (se la zona operativa dista non più di 50 m) o due punti (se la distanza della zona operativa è maggiore di 50 m) con le metodologie utilizzate negli altri due casi precedentemente esposti. Dopodiché si trasportano le coordinate nella zona di interesse. Se non ci sono ostruzioni tali da compromettere l'operatività e il terreno è pianeggiante, si può ricorrere ancora all'utilizzo di bussola e bindella metrica, partendo dalle coordinate di un solo punto. Se il terreno è in pendenza, al posto della rotella metrica è possibile utilizzare un distanziometro laser la cui distanza inclinata andrà riportata all'orizzontale. Il riporto all'orizzontale della distanza inclinata prevede il calcolo della pendenza. Essa può essere determinata con un inclinometro del quale molte bussole sono dotate, ovvero misurando i due cateti di un triangolo rettangolo la cui ipotenusa è adagiata lungo la linea del versante. Alcuni distanziometri laser hanno opzioni simili a quella qui riportata programmate al loro interno. Se ciò non è possibile ma la distanza è pur sempre limitata (inferiore a 100 m), si può identificare il punto per mezzo di un'intersezione distanziometrica in avanti tramite l'utilizzo del distanziometro laser (eventualmente posizionato su un supporto stabile). In questo caso è necessario determinare in via preliminare la posizione di due punti. Si materializza un punto qualsiasi nell'area coperta (possibilmente in prossimità della posizione cercata), ad esempio piantando un picchetto, e si determina la sua posizione planimetrica misurando la distanza piana rispetto ai due punti di coordinate note.

Figura 27 - Intersezione in avanti

- elementi noti tramite rilievi GPS: A, B
- elemento da determinare: X
- elementi da misurare:
azimuth + distanza del punto X rispetto A e B.



Stimata la posizione del punto con opportuno foglio di calcolo si sposta il picchetto nella posizione del punto cercato tramite rotella metrica (o distanziometro laser) e bussola dopo aver calcolato distanza e azimuth sempre con il foglio di calcolo. La precisione ottenibile è di pochi metri. Se si hanno le coordinate di due punti e si vuole identificare un punto intermedio è invece sufficiente eseguire un allineamento. Si congiungono i due estremi con una rotella metrica nel caso piano, e si identifica il punto intermedio, mentre nel caso montuoso si ricorre all'utilizzo del distanziometro laser.

Infine si sottolinea l'utilità, soprattutto in luoghi di difficile accessibilità, di realizzare una breve monografia dei punti individuati, in cui viene descritto il percorso più agevole per raggiungere il sito. Ciò permette anche a operatori diversi di ritornare sullo stesso punto più facilmente.

8 PARAMETRI MONITORATI

8-1 INDICATORI E PARAMETRI

La rete SOILQUALIMON è progettata per il monitoraggio delle proprietà intrinseche dei suoli, dipendenti cioè dalle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche degli strati (orizzonti) che compongono il suolo stesso.

Nella campagna 2008-2009 il monitoraggio è stato finalizzato alla determinazione dei seguenti indicatori:

Indicatore	unità	descrizione
stock di carbonio organico	t/ha	verifica le variazioni del contenuto di carbonio organico nei suoli di una determinata area ristretta
contenuto in metalli pesanti	mg/kg	valuta il grado di tossicità della concentrazione di metalli pesanti nel suolo, per superamento di valori di soglia
fertilità biologica del terreno	classe	indice di fertilità del suolo basato su parametri biochimici utilizzati per l'analisi e lo studio della qualità del suolo
fosforo assimilabile	g/kg	descrive l'accumulo o l'impoverimento del suolo nel macronutriente P abitualmente utilizzato nella concimazione delle colture
rapporto C/N	-	fornisce una utile indicazione della tendenza alla mineralizzazione dei residui organici operata dalle comunità edafiche
conducibilità elettrica	mS/cm	descrive il grado di salinità attraverso la misura della conducibilità elettrica del suolo
pH	-	esprime il grado di acidità o di alcalinità del suolo, influenza la possibilità di sviluppo delle piante e condiziona la mobilità di cationi e metalli.

Tabella 6 - Indicatori SOILQUALIMON 1ª campagna di monitoraggio.

Ciò ha comportato la determinazione dei seguenti parametri:

- pH
- carbonio organico totale
- sostanza organica
- calcare totale e attivo
- azoto totale
- fosforo assimilabile
- metalli pesanti totali e biodisponibili (Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn)
- carbonio biomassa microbica
- respirazione basale e cumulativa
- quoziente metabolico
- quoziente mineralizzazione
- conducibilità elettrica
- densità apparente

8-2 ANALISI DI LABORATORIO

Pre-trattamento del campione consegnato in laboratorio

L'intero campione di suolo consegnato in laboratorio deve essere sottoposto ai seguenti trattamenti:

- essiccazione all'aria o in stufa termoventilata a temperatura massima di 40°C
- frantumazione: i campioni essiccati vanno disgregati fino ad una dimensione di 2 mm;
- setacciatura: i campioni frantumati vengono fatti passare attraverso un setaccio del diametro di 2 mm in modo da separare la terra fine da scheletro, frammenti rocciosi o altro materiale incongruente;
- omogeneizzazione: il campione di suolo derivato dalle precedenti operazioni viene rimescolato accuratamente;
- conservazione: il campione viene conservato in barattoli puliti, chiusi ermeticamente e codificati.

Al termine di queste operazioni è possibile prelevare dai barattoli, previo rimescolamento, le quantità di suolo da sottoporre ad analisi; tale quantità potrà essere considerata rappresentativa del campione da esaminare.

Analisi eseguite nella campagna di monitoraggio 2008-2009

Campioni del profilo pedologico

su tutti gli orizzonti:

suolo = tessitura (6 frazioni), pH (H₂O), pH (KCL), carbonio organico e sostanza organica, complesso di scambio per terreni con pH (KCL) > 6.5, complesso di scambio per terreni con pH (KCL) < 6.5, calcare totale, calcare attivo

sugli orizzonti A-Ap:

Azoto totale

Fosforo assimilabile

Metodica di analisi:

- metodo OLSEN su tutti i campioni
- metodo BRAY-KURTZ sui campioni con pH < 6,5 privi di calcare

Carbonio Organico nell'estratto e nelle sue frazioni [metodo Springer-Klee]

TEC (carbonio estraibile) + CH (carbonio umificato composto da acidi fulvici e umici)
+ relativi quozienti di calcolo

Carbonio Organico Totale (TOC) [metodo Springer-Klee]

Campioni del monitoraggio del suolo

Carbonio Organico [3 metodi: Analizzatore elementare - Walkley-Black - Springer-Klee]

Azoto totale

Fosforo assimilabile

- metodo OLSEN su tutti i campioni

Carbonio Organico nell'estratto e nelle sue frazioni [metodo Springer-Klee]

TEC (carbonio estraibile) + CH (carbonio umificato composto da acidi fulvici e umici)
+ relativi quozienti di calcolo

Fertilità Biologica (carbonio della biomassa microbica, respirazione basale e cumulativa, quoziente metabolico, quoziente di mineralizzazione)

pH (H₂O) e conducibilità

Metalli - tenore totale e quota biodisponibile relativi a:
cadmio - rame - nichel - piombo - zinco - manganese

Campioni per la stima della densità apparente

massa campione secco

massa campione umido

Tabella 7 - Determinazioni analitiche per i campioni consegnati in laboratorio.

I risultati delle determinazioni analitiche sono espressi e registrati nella banca dati SOILQUALIMON riportando insieme al valore numerico l'unità di misura adottata e il riferimento al metodo di analisi adoperato. Viene inoltre indicato, quando disponibile, il grado di incertezza delle singole misure.

8-3 STANDARD DI LABORATORIO

Gli standard di riferimento per le analisi di laboratorio sono quelli previsti dalle seguenti normative:

- DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n° 248 21/10/1999;
- DM 25/03/2002 GU n. 84 10/04/2002;
- DM 23/02/04 SO GU 61 13/03/04;
- DM 1/08/97 SO n. 173 GU 204 2/09/1997.

In allegato 2 viene fornita una sintetica descrizione delle metodologie utilizzate per la determinazione analitica dei parametri oggetto del monitoraggio SOILQUALIMON.

9 ARCHIVIAZIONE DEI DATI E REPORTING

9-1 La banca dati SOILQUALIMON

I dati derivanti dall'attività di monitoraggio, unitamente alle informazioni derivanti dalla caratterizzazione dei suoli, vengono raccolti in una banca dati, che risponde ai seguenti requisiti:

- organizzare l'insieme eterogeneo dei dati secondo una struttura standard di tipo relazionale;
- fornire facilità di consultazione e velocità di aggiornamento;
- permettere di effettuare ricerche ed elaborazioni funzionali dei dati;
- rapportarsi con le banche dati e i sistemi informativi territoriali esistenti o in fase di sviluppo a livello regionale.

È previsto l'inserimento di metadati, intesi come informazioni che descrivono la natura dei dati, in particolare sotto l'aspetto della loro qualità (precisione, affidabilità, provenienza, rappresentatività, disponibilità, ...).

Il database permette di archiviare e gestire i dati relativi alla georeferenziazione dei siti campionati e le informazioni soggette ad aggiornamento periodico (dati delle campagne di monitoraggio), per giungere a una efficace valutazione dei cambiamenti avvenuti nel tempo nelle proprietà dei suoli indagate.

9-2 STRUTTURA

La banca dati SOILQUALIMON è implementata all'interno del Sistema Informativo Suolo amministrato da ERSAF tramite il sistema di gestione di database relazionale MySQL.

La banca dati è organizzata secondo i seguenti archivi:

- unità di monitoraggio della rete SOILQUALIMON;
- risultati delle analisi di laboratorio sui campioni prelevati;
- dati relativi agli indicatori monitorati;
- schede monografiche delle unità di monitoraggio;
- georeferenziazione del sito di monitoraggio;
- archivio immagini e cartografia;
- archivio amministrativo (modelli lettere di autorizzazione, dati referenti siti di monitoraggio,...).

Particolare attenzione è rivolta all'affidabilità e qualità del dato, attraverso procedure automatiche di validazione e la creazione di archivi di meta-dati, contenenti, per ogni elemento informativo, la provenienza, la data di creazione, il soggetto responsabile della gestione ed infine i differenti passaggi che hanno permesso il suo inserimento in banca dati.

9-3 REPORTING E DIVULGAZIONE

Un navigatore cartografico implementato in ambiente web permette di rappresentare e rendere disponibile, in forma sintetica e di chiara interpretazione, l'informazione ottenuta dal sistema SOILQUALIMON di monitoraggio della qualità dei suoli (figura 28). In particolare è possibile consultare, in corrispondenza ad ogni unità di monitoraggio, una scheda monografica contenente le seguenti informazioni:

- inquadramento geografico dell'unità di monitoraggio;

- contesto pedo-paesaggistico;
- caratterizzazione pedologica (descrizione del profilo e tipologia di suolo);
- rappresentatività pedologica;
- dati delle analisi di laboratorio e risultati degli indicatori;
- dati dei rilievi ecologici-vegetazionali e stagionali.

I risultati del monitoraggio sono consultabili insieme ad altri tematismi territoriali ed ambientali attraverso una infrastruttura spaziale dei dati realizzata secondo i criteri adottati dalla direttiva UE INSPIRE (Infrastructure for SPatial Information in Europe).

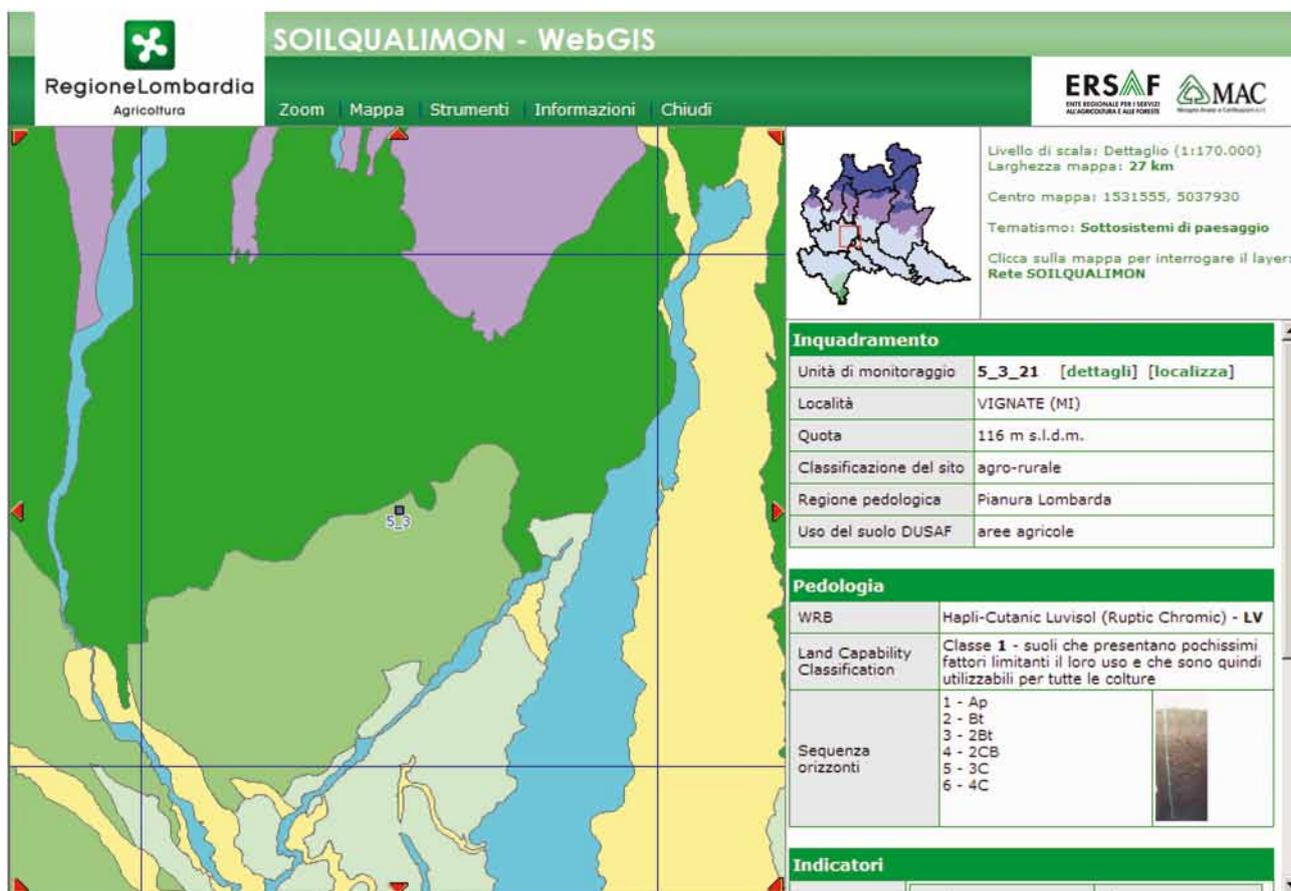


Figura 28 - Infrastruttura spaziale dei dati Navigatore cartografico.

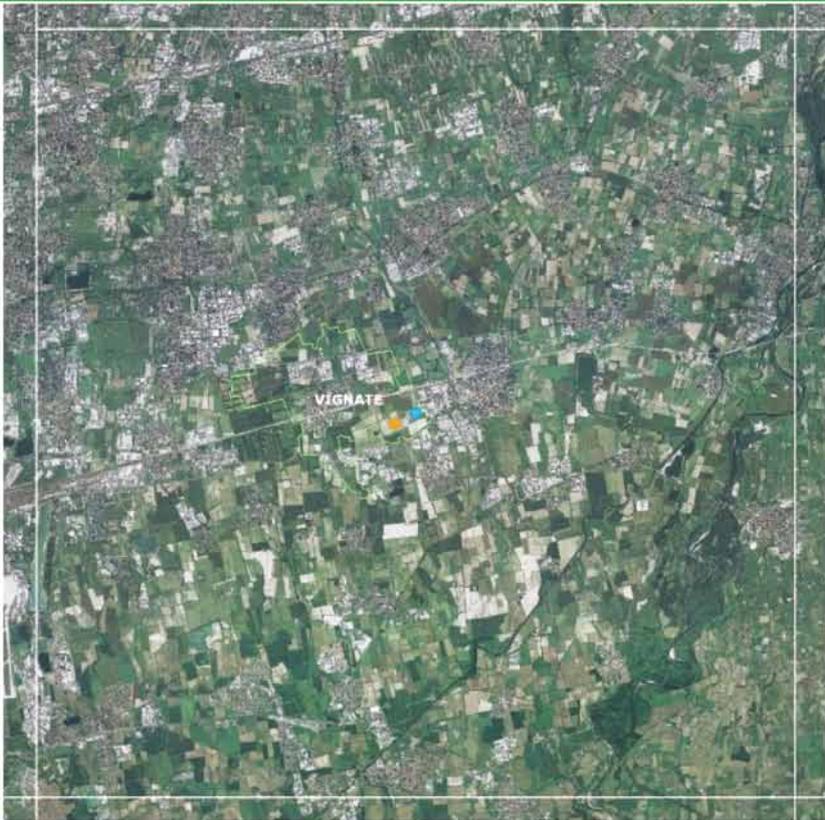
ESEMPIO DI SCHEDA MONOGRAFICA DELL'UNITÀ DI MONITORAGGIO

Nelle pagine seguenti viene illustrata a titolo di esempio una scheda monografica relativa alla prima campagna di monitoraggio SOILQUALIMON (unità di rete 5_3).

Scheda di dettaglio - unità di Rete 5_3

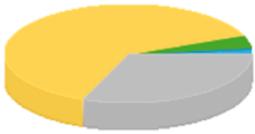
Inquadramento geografico

Georeferenziazione		
Unità di rete	5_3	
Unità di monitoraggio	5_3_21	
Località	VIGNATE (MI)	
Altitudine	116 m s.l.d.m.	
Coordinate Monte Mario Italy 1	X: 1.531.### - Y: 5.037.###	

Localizzazione su ortofoto	
	
Legenda	<ul style="list-style-type: none">● UR - unità di rete● UM - unità di monitoraggio— comune di ubicazione unità di monitoraggio— griglia di riferimento della rete SOILQUALIMON (18x18 km) 

Inquadramento pedo-paesaggistico

Copertura territorio regionale							
Unità di rete	Area regionale		Pianura		Quota (cella)		Classificazione sito
	ha	% cella	ha	% regione	min	max	
5_3	32399	100.00	32399	100.00	80	166	agro-rurale

Distribuzione uso del suolo					
Uso del suolo	%	UR	UM	Grafico distribuzione	
aree urbane	31.09				
aree agricole	62.88	x	x		
territori boscati e ambienti seminaturali	4.30				
aree umide	0.03				
corpi idrici	1.70				

Distribuzione aree agricole					
Uso del suolo	%	UR	UM	Grafico distribuzione	
seminativi semplici	89.52	x	x		
prati permanenti	8.43				
arboricoltura da legno	1.24				
risaie	0.77				

Distribuzione pedo-paesaggistica, scala 1:250.000					
Pedopaesaggio - % sul territorio regionale	Codice	Distretto pedologico	%	UR	UM
	03.02.02	Terrazzi e anfiteatri morenici antichi centrali	2.77		
	03.03.02	Alta pianura centrale	48.35		
	03.04.01	Media pianura milanese - pavese	31.23	x	x
	03.05.02	Bassa pianura pavese e lodigiana	7.01		
	03.06.03	Valle dell'Adda	10.64		
Suolo - Gruppi WRB - % sul territorio regionale	Codice	Gruppi WRB	%	UR	UM
	CL	CALCISOLS	2.73		
	CM	CAMBISOLS (spodic features)	7.53		
	FL	FLUVISOLS	4.00		
	GL	GLEYSOLS	7.77		
	LV	LUVISOLS	71.79	x	x
	RG	REGOSOLS	5.97		
	UM	UMBRISOLS	0.21		

Distribuzione pedo-paesaggistica, scala 1:50.000					
Sottosistema di paesaggio - % sul territorio regionale	Codice	Sottosistema	%	UR	UM
	LC	alta pianura ghiaiosa	49.25		
	LS	bassa pianura sabbiosa	7.64		
	LW	media pianura idromorfa	26.47	x	x
	TA	superfici terrazzate della pianura	2.87		
	VI	plane fluviali	10.74		
	VN	superfici terrazzate su plane fluviali	3.03		

Legenda	
UR	ubicazione dell'Unità di Rete
UM	ubicazione dell'Unità di Monitoraggio
ha	estensione della superficie in ettari entro la cella 18x18 km della griglia di riferimento SOILQUALIMON
% cella	% superficie regionale entro la cella 18x18 km della griglia di riferimento SOILQUALIMON
% reg	superficie di pianura (%) rispetto alla superficie regionale

Scheda di descrizione del profilo pedologico

Dati della stazione	
Codice rete	UR 5_3 - UM 5_3_21
Codice profilo	P006/SQM
Comune / Località	Vignate c.na Gudo (MI)
Data	22/02/2007
Rilevatore	Marco Sciacaluga
Quota / Pendenza / Esposizione	116 / 0.39 / -
Distretto	Media pianura milanese - pavese (70.1.5.1 - 03.04.01)
Morfologia	
Uso del suolo	Fumento su mais
Erosione	
Pietrosità	
Roccosità	
Substrato	Depositi scheletrico franchi su alternate stratificazioni di sabbie e sabbie scheletriche
Class. USDA 2006	fine loamy, mixed, mesic, Typic Hapludalf
Class. WRB 2006	Hapli-Cutanic Luvisol (Ruptic Chromic)

Descrizione degli orizzonti		Foto del profilo
Orizzonti organici		
Nessuno		
Orizzonti Minerali		
Ap	0-40 cm; umido; bruno giallastro scuro 10YR4/4; franco grossolano, tessitura franca limosa; scheletro scarso molto piccolo; struttura poliedrica subangolare media moderata; macropori fini e molto fini comuni; radici molto fini e fini comuni; limite inferiore abrupto, lineare.	
Bt	40-65 cm; umido; bruno forte 7,5YR4/6; franco fine, tessitura franca; scheletro scarso molto piccolo e piccolo; struttura poliedrica subangolare grande debole; poche pellicole di argilla; pochi macropori fini; radici molto fini poche; limite inferiore abrupto ondulato.	
2Bt	65-120 cm; umido; bruno giallastro 7,5YR5/6, faccia degli aggregati rosso giallastro 5YR4/6; scheletrico franco, tessitura franca sabbiosa; scheletro abbondante piccolo e molto piccolo; struttura poliedrica subangolare media moderata; presenza comune di pellicole d'argilla sulle facce degli aggregati e lungo i pori; pochi macropori fini; radici molto fini poche; limite inferiore chiaro, lineare.	
2CB	120-170 cm; molto umido; bruno giallastro 10YR5/6; scheletrico franco, tessitura franca sabbiosa; scheletro abbondante piccolo e molto piccolo; massivo; molti macropori medi; limite inferiore abrupto, lineare.	
3C	170-195 cm; molto umido; bruno giallastro 10YR5/6; sabbioso, tessitura sabbiosa; incoerente; limite inferiore abrupto lineare.	
4C	195-220 cm; molto umido; bruno giallastro chiaro 10YR6/4; scheletrico sabbioso, tessitura sabbiosa franca; scheletro molto abbondante piccolo e medio; incoerente; macropori fini molti; debole efferv.; limite inferiore sconosciuto.	

Determinazioni chimico-fisiche

	Tessitura									pH		CaCO3 tot. %
	Sg	Sf	Smf	St	Lg	Lf	Lt	A	Txt	H2O	KCl	
1 - Ap	12.90	12.60	12.80	38.30	23.00	23.00	51.60	10.10	FL	7.29	6.36	0.00
2 - Bt	19.30	11.10	12.90	43.30	12.90	12.90	37.10	19.60	F	6.60	5.42	0.00
3 - 2Bt	40.80	11.70	7.90	60.40	4.70	4.70	20.60	19.00	FS	6.61	5.53	0.00
4 - 2CB	50.90	10.20	4.60	65.70	5.50	5.50	14.30	20.00	FS	6.64	5.81	0.00
5 - 3C	59.50	29.70	1.20	90.40	1.30	1.30	4.10	5.50	S	7.48	6.73	0.20
6 - 4C	78.10	6.00	3.00	87.10	3.00	3.00	7.10	5.80	SF	8.36	8.18	28.00
	Sost. org.		Complesso di scambio, meq/100g									
	C	SO	Ca	Mg	K	Na	Ac scamb	Ac compl	CSC	TSB %		
1 - Ap	0.00	0.00	10.93	0.21	0.16	0.01	6.19	6.19	17.50	64.63		
2 - Bt	4.00	6.88	5.69	0.35	0.14	0.03	5.81	5.81	12.02	51.66		
3 - 2Bt	2.00	3.44	5.34	0.41	0.16	0.08	4.50	4.50	10.49	57.10		
4 - 2CB	1.40	2.41	6.14	0.55	0.19	0.04	4.38	4.38	11.30	61.24		
5 - 3C	0.90	1.55	3.21	0.62	0.07	0.03	0.00	0.00	3.27	100.00		
6 - 4C	0.80	1.38	3.24	0.41	0.05	0.02	0.00	0.00	1.22	100.00		

Sg	sabbia grossa 2.0-25 mm	C	carbonio organico
Sf	sabbia fine 0.25-0.1 mm	SO	sostanza organica
Smf	sabbia molto fine 0.1-0.05 mm	Ca	calcio scambiabile
St	sabbia totale	Mg	magnesio scambiabile
Lg	limo grosso 0.05-0.02 mm	K	potassio scambiabile
Lf	limo fine 0.02-0.002 mm	Na	sodio scambiabile
Lt	limo totale	Ac scamb	acidità scambiabile
A	argilla	Ac compl	acidità complessiva
Txt	Classe tessiturale	CSC	capacità di scambio cationico
CaCO3	calcare	TSB	tasso di saturazione basica

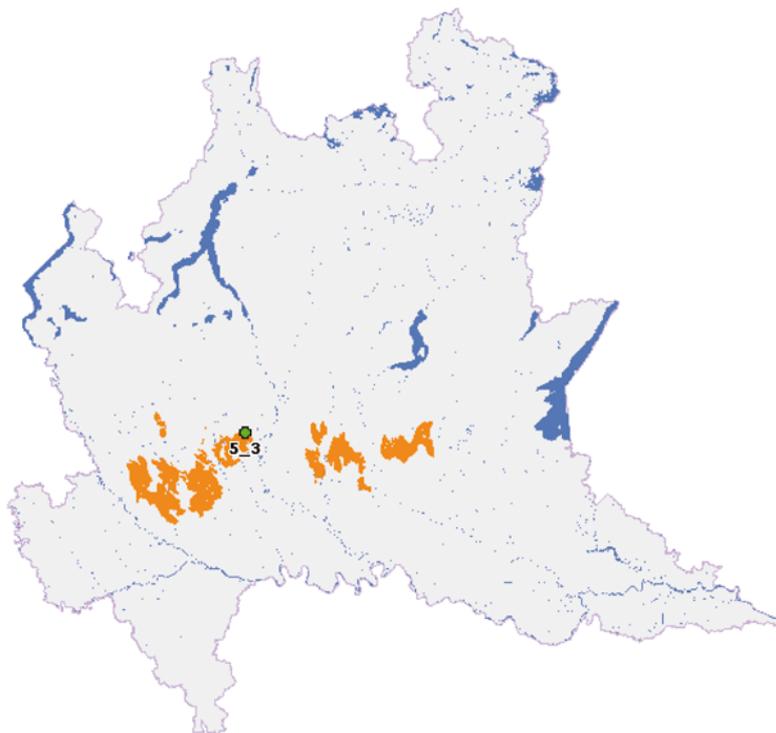
Caratteri del suolo

Profondità	120cm
Profondità utile	
Disponibilità di ossigeno	Buona
Drenaggio	Buono
Permeabilità	Moderata
Falda	

Descrizione del suolo

Topsoil 40cm di profondità; franco grossolano a tessitura F-FS, scheletro scarso molto piccolo e piccolo; saturazione media (70%). Subsoil franco fine a tessitura F-FS scheletro molto piccolo e piccolo comune, saturazione alta (>75%), in cui si differenziano orizzonti argillici. Substrato scheletrico sabbioso (S-SF), che può essere condizionato da idromorfia persistente (falda) in profondità .

Rappresentatività pedologica



Legenda		distribuzione geografica della tipologia di suolo descritta dal profilo pedologico
		unità di monitoraggio
		principali corsi d'acqua

Monitoraggio del suolo

Inquadramento del sito di monitoraggio			
Aree di campionamento	RTK - X40 - X80	Data di prelievo campioni	18/12/2007
Classificazione del sito	agro-rurale		
Configurazione di campionamento	a L	N. aree di campionamento	3
Strati di prelievo	[0-30] cm topsoil		
			
5_3_nord		5_3_est	
			
5_3_sud		5_3_ovest	
Scheda vegetazionale			
<p>Il paesaggio si presenta estremamente monotono, in quanto i coltivi di mais rappresentano la totalità del tipo di uso del suolo. Le rogge si presentano come canali molto artificializzati, in quanto caratterizzati da sponde in cemento, pur tuttavia permane in alcuni punti vegetazione acquatica, come la piccola lenticchia d'acqua (<i>Lemna minor</i>), specie natante non radicante al fondo, tipica di acque lente o ferme.</p>			

Analisi di laboratorio

Densità apparente			
Strato di prelievo		Minerale	
n° di campioni		3	
	unità	campo	PTF*
densità apparente	g/cm ³	1.354	1.403

*PTF = pedofunzione di Hollis, 1996 (dati del carbonio organico analizzati con metodo Walkley e Black)

Parametri fisici			
Strato di prelievo		Minerale	
n° di campioni		3	
	unità	media	err. stand.
conduttività elettrica 5:1	mS/cm	0.163	0.050
ritenzione idrica a 33 KPa (CIC)	%	19.570	0.163

Parametri chimici			
Strato di prelievo		Minerale	
n° di campioni		3	
	unità	media	err. stand.
ph H ₂ O	-	6.780	0.125
N totale	g/kg	1.667	0.033
CO (metodo Walkley & Black)	g/kg	14.733	0.872
CO (metodo analizzatore elementare)	g/kg	14.200	0.721
TOC (Metodo Springler-Klee)	g/kg	16.240	0.315
Sostanza organica*	%	13.777	0.839
HA + FA	g/kg	10.463	0.756
HI Indice di umificazione	-	0.322	0.067
DH grado di umificazione	%	76.013	3.791
HR Tasso di umificazione	%	64.511	5.130
Fosforo	mg/kg	28.160	3.960
Calcare totale	g/kg	0.000	0.000

* = sostanza organica calcolata mediante il fattore di conversione di Van Bemmelen applicato ai valori di CO (WB)

Parametri biologici			
Strato di prelievo		Minerale	
n° di campioni		3	
	unità	media	err. stand.
CBM	µgC/g s.s.	158.900	7.346
C biomic./TOC	-	0.979	0.052
Respirazione basale	mg C-CO ₂ /kg	8.943	0.590
Respirazione cumulata	mg C-CO ₂ /kg	289.637	5.603
Quoziente metabolico	%/h	0.237	0.026
Quoziente di mineralizzazione	%	1.784	0.015

Indicatori agro-ambientali

Tessitura e LCC	
Classe tessiturale	franco-limoso
LCC - Capacità d'uso del suolo	Classe 1 suoli che presentano pochissimi fattori limitanti il loro uso e che sono quindi utilizzabili per tutte le colture

Parametri chimici			
Sostanza organica	%	2.54	contenuto elevato
Azoto	g/kg	1.67	ben dotato
Fosforo	mg/kg	28.16	ben dotato
Rapporto C/N	-	8.84	basso
<ul style="list-style-type: none"> • Valori medi nello strato minerale superficiale • Sostanza organica calcolata mediante il fattore di conversione di Van Bemmelen applicato ai valori di C organico • Valori di C organico misurati con metodo Walkley-Black 			

Indice di fertilità biologica*	
Punteggio	16.33
Classe di fertilità	3 - media
*(Benedetti et al. 2006)	

Stock di Carbonio Organico	
Orizzonti organici	-
Strato minerale superficiale	5.98
Valori medi di C organico misurato con metodo Walkley-Black, Kg/m ³	

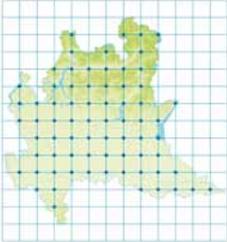
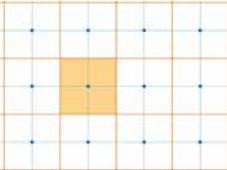
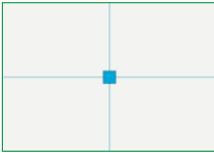
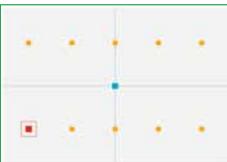
Confronto con valori di stock di Carbonio Organico derivanti dalla carta dei suoli		
UTS rappresentative	media (kg/m ²)	4.81
UTS entro cella 18x18 km centrata su UR_5_3	range (kg/m ²)	3.97 - 8.94
	media (kg/m ²)	5.36
Valori di stock di Carbonio Organico (Walkley-Black) derivanti dalla carta dei suoli (scala 1:250.000) per lo strato minerale superficiale		

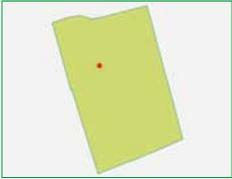
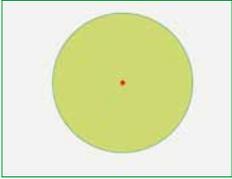
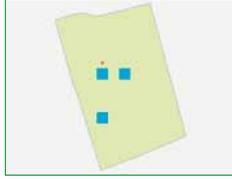
Metalli						
	Cu	Mn	Zn	Ni	Pb	Cd
Media tenore totale	22.64	429.10	162.53	36.65	43.57	0.85
Errore standard	1.75	11.51	9.52	1.17	2.16	0.11
Media quota biodisponibile	1.79	7.15	3.33	0.40	2.98	0.12
Errore standard	0.05	0.18	0.50	0.04	0.12	0.02
Valori in mg/Kg						

10 SCHEMI DI SINTESI

10-1 TERMINOLOGIA UTILIZZATA

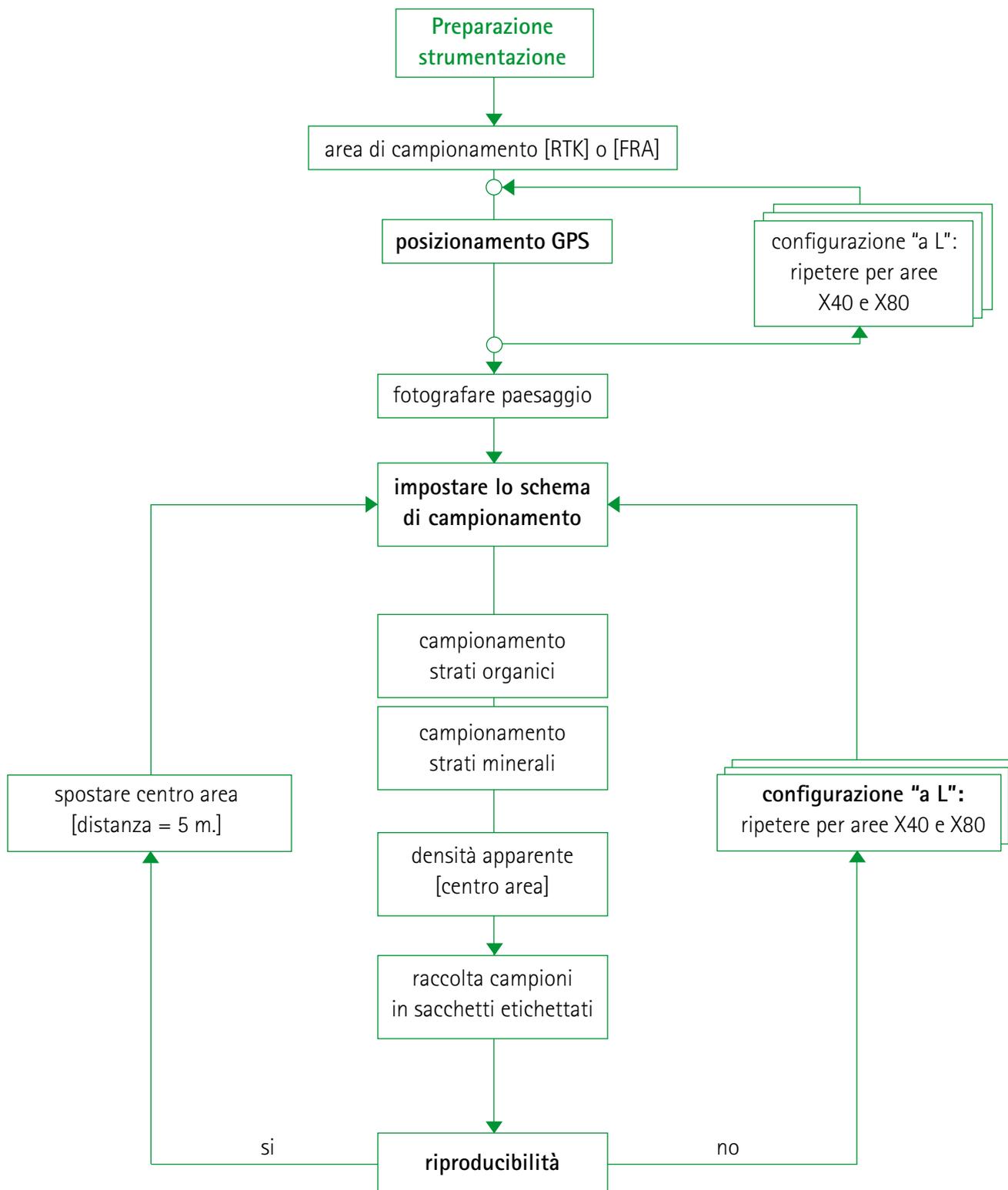
Si riassume nella tabella seguente la nomenclatura adottata per descrivere la rete di monitoraggio SOILQUALIMON.

<p>rete SOILQUALIMON</p> <p>[capitolo 3]</p>	<p>geometria: griglia vettoriale di punti</p> <ul style="list-style-type: none"> - strutturata sulla rete LUCAS 2001 a maglia regolare 18 x18 km - siti di monitoraggio aggiuntivi possono essere selezionati a partire da multipli o sottomultipli di tale rete 	
<p>griglia di riferimento</p>	<p>geometria: griglia vettoriale poligonale</p> <ul style="list-style-type: none"> - griglia a maglia regolare 18x18 km estesa a tutto il territorio regionale, avente cella centrata su ogni nodo della rete SOILQUALIMON 	
<p>UR unità di rete principale</p> <p>[capitolo 3]</p>	<p>geometria: punto</p> <ul style="list-style-type: none"> - nodo della rete SOILQUALIMON - coincide con il punto PSU (Primary Sampling Unit) nella terminologia della rete LUCAS 2001 - numerazione: codice che identifica la riga e la colonna di griglia. Esempio: UR 5_3 	
<p>SR sub-unità di rete</p> <p>(associate in numero di 10 punti ad ogni unità di rete)</p> <p>[capitolo 3]</p>	<p>geometria: punto</p> <ul style="list-style-type: none"> - ognuno dei 10 punti disposti simmetricamente su due linee intorno a ciascun nodo di rete - coincide con il punto SSU (Secondary Sampling Unit) nella terminologia della rete LUCAS 2001 - numerazione: codice della relativa unità di rete + numerazione LUCAS SSU: 11, 12, 13, 14, 15 sulla linea superiore; 21, 22, 23, 24, 25 su quella inferiore. esempio: SR 5_3_21 	
<p>UM unità di monitoraggio</p> <p>[capitolo 4]</p>	<p>geometria: punto</p> <ul style="list-style-type: none"> - una della 10 sub-unità di rete - selezionata per il monitoraggio mediante opportuni criteri sulla base di tipologia pedologica, uso e copertura del suolo, accessibilità del luogo - individua il punto di esecuzione del profilo pedologico e l'area dove ubicare le attività di campionamento del suolo 	

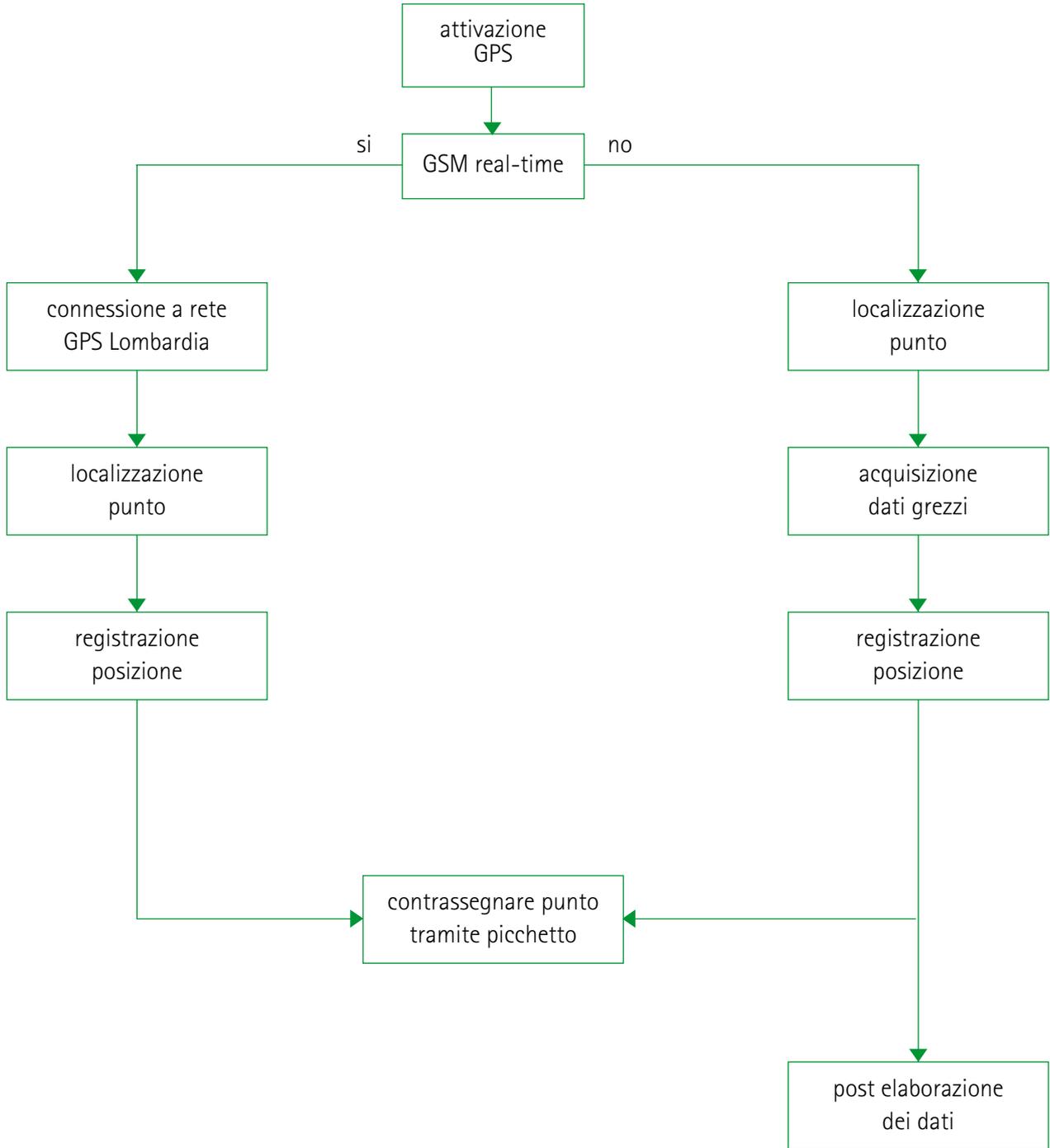
<p>sito di monitoraggio</p> <ul style="list-style-type: none"> . agro-rurale . forestale . alpino <p>[capitolo 5]</p>	<p>geometria: poligono</p> <ul style="list-style-type: none"> - superficie omogenea per suolo, copertura e gestione del suolo individuata dalla unità di monitoraggio - coincide con una particella catastale o parte di essa oppure più particelle catastali <p>- in alternativa coincide con una superficie di 5 ha centrata sull'unità di monitoraggio UM</p>	 												
<p>area di campionamento</p>	<p>geometria: poligono</p> <ul style="list-style-type: none"> - cella di 20x20 metri interna al sito di monitoraggio interessata dal prelievo di campioni di terreno - in numero di 3 o 1 a seconda della configurazione di campionamento - il posizionamento GPS viene effettuato nel centro dell'area di campionamento 													
<p>[capitolo 6]</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9ead3; text-align: left;">configurazione "a L"</th> </tr> <tr> <td style="width: 10%;">RTK</td> <td>centro dell'area adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio UM</td> </tr> <tr> <td>X80</td> <td>centro a 80 metri dal centro dell'area RTK</td> </tr> <tr> <td>X40</td> <td>centro a 40 metri dal centro dell'area RTK in direzione perpendicolare all'asse RTK-X80</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9ead3; text-align: left;">configurazione "a singolo plot"</th> </tr> <tr> <td>FRA</td> <td>centro dell'area adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio UM</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">- nomenclatura delle are di campionamento</p>		configurazione "a L"		RTK	centro dell'area adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio UM	X80	centro a 80 metri dal centro dell'area RTK	X40	centro a 40 metri dal centro dell'area RTK in direzione perpendicolare all'asse RTK-X80	configurazione "a singolo plot"		FRA	centro dell'area adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio UM
configurazione "a L"														
RTK	centro dell'area adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio UM													
X80	centro a 80 metri dal centro dell'area RTK													
X40	centro a 40 metri dal centro dell'area RTK in direzione perpendicolare all'asse RTK-X80													
configurazione "a singolo plot"														
FRA	centro dell'area adiacente alla cella centrata sull'unità di monitoraggio UM													

10-2 OPERAZIONI DI CAMPO

Nello schema di flusso seguente si riassume la sequenze delle operazioni di campo relative all'attività di monitoraggio del suolo.



Posizionamento GPS
piena visibilità di satelliti GPS



10-3 MATERIALE DA CAMPO

strumentazione	attività	
bussola	identificazione siti in campo	
ricevitore GPS Trimble Pathfinder ProXH		
accessori GPS - batteria - batteria di ricambio - palina 2 metri - supporto bipiede per palina - staffa per palina - adattatore filettato per montaggio su palina - zaino attrezzato con palina - paletti di segnalazione		
palmare per registrazione dati ricevitore GPS		
sim-card per posizionamento GPS in tempo reale		
n. 6 paletti o picchetti segnaposto		
distanziometro laser		misura distanze
piastra di puntamento segnale		
bindelle (lunghezza 20-50 metri)		
macchina fotografica digitale		fotografie paesaggio e profilo pedologico
n. 2 bindelle (lunghezza minima 20 metri)	campionamento suolo	
n. 1 trivella per campioni indisturbati		
cilindri campionatori trasparenti in PVC		
n. 1 martello 3,2 kg		
n. 1 trivella manuale		
n. 2 secchi di raccolta campioni di terreno		
n. 1 [piccone - badile - pala - paletta - coltello]	profilo	
n. 1 [HCl 10% - metro pedologico]		
tavole di Munsell		
n. 2 cilindri campionatori in metallo (= 6.5 cm, h = 7 cm)	campionamento densità apparente	
pala		
doppio metro in legno		
base di legno		
mazzuola in acciaio rivestito in nylon da 2 kg		
paletta	raccolta campioni	
sacchetti trasparenti in polietilene		
pennarello indelebile per scrittura su tutte le superfici		

Materiale cartaceo

- cartografia unità di monitoraggio [base CTR + foto aree];
- scheda di monitoraggio (dati unità, coordinate centri siti campionamento, ...)
- lettere consegnate ai proprietari e/o affittuari;
 - presentazione del progetto + consegna risultatianalitici su orizzonti Ap dei profili nei punti UM selezionati
- tabella delle unità di monitoraggio, comprensiva di:
 - uso suolo rilevato durante l'esecuzione del profilo pedologico;
 - presenza di scheletro in orizzonti Ap;
 - indirizzi e recapiti proprietari e/o affittuari.

BIBLIOGRAFIA

Alloway B.J., 1995. Heavy metals in soils. II Edition. Blackie Academic & Professional, London

ANPA, CTN_SSC, 2000. Sviluppo di indicatori per il suolo e i siti contaminati. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. RTI CTN_SSC 1/2000

ANPA, CTN_SSC, 2000. Censimento delle reti di monitoraggio sul suolo in Europa. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. RTI CTN_SSC 2/2000

ANPA, CTN_SSC, 2001. Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. RTI CTN_SSC 2/2001

ANPA, CTN_SSC, 2001. Atlante degli indicatori del suolo. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. RTI CTN_SSC 3/2001

APAT, CTN_TES, 2003. Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali. Linee guida per un manuale di organizzazione e gestione della rete. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. RTI CTN_SSC 1/2002

APAT, CTN_TES, 2004. 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. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. CTN_TES 2003 – TES-T-MAN-03-02

APAT, CTN_TES, 2004. Proposta di guida tecnica sui metodi di campionamento dei suoli contaminati. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. RTI TES 2/2004

APAT, CTN_TES, 2004. Programma per il prelievo e l'analisi del suolo per il monitoraggio del contenuto di metalli pesanti Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. CTN_TES Task 06.05.03b

Avikainen J., Delincé J., Croi W., Kayadjanian M., Bettio M., Mariano A., 2003. LUCAS – Technical Document n°. 1: Sampling plan. Eurostat

Assogeo-Trimble, 2005. GPS. Guida all'uso del GPS per il rilevamento del territorio e l'aggiornamento cartografico. Maggioli Editore

AA.W., 2006. Lezioni del corso: "Servizi GPS di posizionamento per il territorio ed il catasto". IREALP -Politecnico di Milano, 16-25 febbraio 2006

Ballenger A., 2005. GPS Status Update ION Plenary. Proceedings of the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2005), Long Beach, CA, September 2005

Batjes N.H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. European Journal of Soil Science n°. 47, pp. 151-163

Bellamy P.H., Loveland P. J., Bradley R.I., Lark R.M., Kirk G.J.D., 2005. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. Nature, vol. 437|8 September 2005, pp. 245-248, doi:10.1038/nature04038

- Brenna S., Brigatti M., Sciacaluga M., 1995. Interpretazioni pedologiche per la gestione del territorio agricolo. Collana di Agrometeorologia e Pedologia Applicata n°. 9, ERSAL edizioni, Milano
- Cazzaniga N.E., Pinto L., Rocca A., Brenna S., Sciacaluga M., 2008. Identificazione di siti per il monitoraggio dei suoli di Lombardia: metodologia e primi risultati. Atti 12a Conferenza Nazionale ASITA - L'Aquila, 21-24 Ottobre 2008, pp. 705-710
- Cenci R. M., Lodigiani G. (Eds), 2006. Il suolo della Provincia di Pavia. Edizioni Torchio de Ricci, Certosa di Pavia
- Cina A., 2000. GPS: principi, modalità e tecniche di rilevamento, ed. Celid, Torino
- Cina A., 2002. Trattamento delle misure topografiche – teoria ed esercizi, ed. Celid, Torino
- Commissione Europea, 2002. Verso una strategia tematica per la protezione del suolo. COM(2002) 179 definitivo
- Commissione Europea, 2006. Strategia tematica per la protezione del suolo. COM(2006) 231 definitivo
- Commissione Europea, 2006. 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. COM(2006) 232 definitivo
- Commissione Europea, 2007. Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 che istituisce un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (Inspire). G.U. dell'Unione Europea 25.04.2007
- Corpo Forestale dello Stato, 2007. Progetto BioSoil - Biodiversity. Manuale Nazionale - Italia. Versione 2.0 - 01/05/2007
- Costantini E.A.C., 2007. Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici. Ministero per le Politiche Agricole Alimentari e Forestali - CRA-ABP, Firenze
- CRISEL, 2007. Il GPS per il mapping GIS. CRISEL srl, Roma
- ERSAF, 2003. Progetto DUSAF - Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali. Regione Lombardia, Milano
- ERSAF, 2004. Carta dei suoli della Lombardia - scala 1:250.000. Regione Lombardia, Milano
- ERSAF, 2004. Suoli e paesaggi della Pianura Lombarda. Regione Lombardia, Milano
- ERSAL, 1995. Manuale di compilazione delle schede di campionamento. Aggiornamenti di agrometeorologia e pedologia, n°. 11, ERSAL edizioni, Milano
- European Commission, 2003. The Lucas survey - European statisticians monitor territory. ISBN 92-894-4984-5, ISSN 1725-0714
- European Commission, 2006. Soil protection. The story behind the Strategy. ISBN 92-79-02066-8
- European Soil Bureau Network, European Commission, 2005. Soil Atlas of Europe. Office for Official Publications of the European Communities, L-2995 Luxembourg
- Finke, P., Hartwich, R., Dudal, R., Ibañez, J., Jamagne, M., King, D., Montanarella, L. and Yassoglou, N., 1998. Georeferenced

Soil Database for Europe. Manual of procedures, version 1.0. EUR 18092 EN. Office of the Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Hofmann Wellenhof B., Lichtenegger B., Collins J., 2001. GPS theory and practice, 5 ed., Springer

Huber S., Syed B., Freudenschuß A., Ernstsen V., Loveland P., 2001. Proposal for a European soil monitoring and assessment framework. EEA- European Environment Agency, Technical Report n°. 61

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2003. Penman J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner (Eds). Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

IPLA, 2006. Manuale di campagna per il rilevamento e la descrizione dei suoli. Istituto per le piante da legno e l'ambiente. Ver. 03, marzo 2006

IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome

Jolivet C., Boulonne L., Ratié C., 2006. Manuel du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols. Unité InfoSol, INRA, Orleans, France.

Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Harris, G.E. Schuman., 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 4-10

Kayadjanian M., Deumlich D., Eiden G., 2004. LUCAS as a potential soil monitoring system data provider. EUROSTAT

Ministero per le Politiche Agricole, 1997. Metodi di analisi fisica del suolo. Franco Angeli Editore, Milano

Ministero per le Politiche Agricole, 2000. Metodi di analisi chimica del suolo. Franco Angeli Editore, Milano

Leick A., 2004. GPS Satellite Surveying, 3 ed. Wiley

Monti C., Pinto L., 1997. Trattamento dei dati topografici e cartografici. Libreria Clup, Politecnico di Milano

Pini L., Bonavita A., Pellegrini P., 2007. Posizionamento GPS in presenza di copertura forestale: precisione e accuratezza in relazione ai tempi di acquisizione. AIIA 2007: Firenze, 25-26 ottobre 2007.

Pinto L., Cazzaniga N.E., 2007. Rilevamento con strumentazione satellitare GPS. Corso di formazione relativo alla convenzione per attività didattico-formativa tra Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento (DIIAR) ed ERSAF

Pinto L., Cazzaniga N.E., 2008. Supporto alla definizione di standard metodologici per il rilievo di punti. Relazione finale relativa alla convenzione per attività di collaborazione scientifica tra Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento (DIIAR), sezione Rilevamento ed ERSAF

Rapillo M., 2008. Gli scarti "tipi" facili. SINAL-Sistema Nazionale per l'Accreditamento di Laboratori, edizione luglio 2008

Rasio R., 2001. I suoli. Cappelli Editore

- Regione Lombardia (DG Agricoltura), 2007. Linee guida per la valutazione degli impatti delle grandi infrastrutture sul sistema rurale e per la realizzazione di proposte di interventi di compensazione. Milano, febbraio 2007
- Regione Lombardia, ERSAF, 2006. Valutazione della multifunzionalità per la valorizzazione del sistema agricolo lombardo. Quaderni della ricerca, n. 60 - novembre 2006
- Regione Lombardia, ERSAF, Università degli Studi di Pavia, 2007. Analisi del contenuto in rame e altri metalli nei suoli agricoli lombardi. Quaderni della ricerca, n. 61 - febbraio 2007
- Sequi. P., Benedetti A., Dell'Abate MT., 2003. ATLAS. Atlante di Indicatori della Qualità del Suolo. CRA - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante. Ristampa 2006
- Smeets E., Weterings R., 1999. Environmental indicators. Typology and overview. EEA-European Environment Agency, Technical Report n°. 25
- Soil Survey Division Staff, 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. United States Department of Agriculture, Handbook n°. 18
- Soil Survey Staff, 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd ed. USDA-NRCS Agriculture Handbook n°. 436
- Stolbovoy, V., Montanarella L., Filippi N., Selvaradjou S., Panagos P., Gallego J., 2005. Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of European Union. EC-JRC, EUR 21576 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Stolbovoy, V., Filippi N., Montanarella L., Piazzi M., Petrella F., Gallego J., Selvaradjou S-K., 2006. Validation of the EU soil sampling protocol to verify the changes of organic carbon stock in mineral soil (Piemonte region, Italy). EC-JRC, EUR 22339 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- USDA-NRCS, 1996. Indicators for Soil Quality Evaluation. United States Department of Agriculture, Soil Quality Information Sheet, April 1996
- USDA-NRCS, 2006. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Tenth Edition
- USDA-NRCS, 2008. Soil Quality Physical Indicators: Selecting Dynamic Soil Properties to Assess Soil Function. United States Department of Agriculture, Soil Quality Technical Note n°. 10, September 2008
- U.S. Forest Service, 2003. GPS Data Accuracy Standard (draft). U.S. Forest Service, March 14, 2003
- Van-Camp. L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S-K., 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. Volume 5 - Monitoring. EUR 21319 EN/5. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Wade T., Sommer S., 2006. A to Z GIS. ESRI Press, Redlands, California

BASI INFORMATIVE

Relativamente al territorio della Regione Lombardia:

- carta dei suoli (scala 1:250.000 - scala 1:50.000);
- carta d'uso del suolo DUSAF - Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali (scala 1: 10.000);
- cartografia SIARL-Sistema Informativo Agricolo della Regione Lombardia;
- carta tecnica regionale (scala 1:10.000);
- carta delle tipologie forestali (scala 1:25.000);
- modello digitale del terreno (passo 20 m);
- carta dello stock di Carbonio Organico [metodo di analisi Walkley-Black] nei primi 30 cm (scala 1:250.000);
- carta della capacità d'uso dei suoli LCC - Land Capability Classification (scala 1:50.000);
- carta del carico zootecnico;
- ortofoto Sistema Informativo Territoriale (fonte: AGEA 2005-2006, Blom CGR 2007);
- cartografia relativa ad aree sensibili dal punto di vista ambientale (parchi e riserve regionali, zone a protezione speciale, beni ambientali, ...).

Fonte dei dati geografici vettoriali:

<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale>

COLLABORAZIONI E RINGRAZIAMENTI

PROGETTO SOILQUALIMON

Responsabile

Stefano Brenna - ERSAF, Milano

Coordinamento attività

Alberto Rocca - ERSAF, Milano

Marco Sciaccaluga - ERSAF, Milano

Laboratorio di Analisi

- MAC -Minoprio Analisi e Certificazioni, Vertemate con Minoprio (CO)

Massimo Valagussa

Raffaella Scaccabarozzi

Claudia Bernasconi

- ERSAF - Centro Vitivinicolo Riccagioia, Torrazza Coste (PV)

Alessandra Leoni

Paola De Sinno

Sara Capitani

Collaborazioni Scientifiche

- Monitoraggio delle variazioni del contenuto di carbonio organico nei suoli

Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, Ispra (VA)

Luca Montanarella

Vladimir Stolbovoy

Nicola Filippi

- Attività di posizionamento GPS

Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento (DIAR)

Sezione Rilevamento, Milano

Livio Pinto

Noemi Emanuela Cazzaniga

Supporto all'attività di monitoraggio

- ANADIAG ITALIA srl, Tortona (AL)

Stefano Bergaglio

Ernesto Barbieri

Massimiliano Landini

- SAMMAMET Coop. Soc. a r.l., Cinisello Balsamo (MI)

Paolo Sciaccaluga

Rilievi vegetazionali ed ecologici

AGRICOLA 2000 Scpa, Tribiano (MI)

Tiziano Pozzi

Filippo Bernini

Patrizia Digiovinazzo
Monica Parma
Antonio Terranegra

Sistema Informativo Territoriale

Dante Fasolini, Vanna Maria Sale - ERSAF, Milano

Sviluppo e programmazione

Luca Percich

Progetto grafico

Sole di Vetro srl, Monza

Luca Beretta

Clio Grossi

Yuri Vazzola

Servizio di traduzione

ILS - International Language School srl, Milano

RINGRAZIAMENTI

Gli autori esprimono la propria gratitudine e riconoscenza alle numerose persone che hanno fornito preziosi contributi alla realizzazione del lavoro e dei prodotti finali.

Tra tutti si ringrazia in particolar modo la dott.ssa Silvia Solaro, per avere seguito le prime fasi dell'attività progettuale ed aver avviato i lavori di allestimento della rete di monitoraggio SOILQUALIMON.

Grazie a Francesca Ossola, dirigente responsabile del Dipartimento Servizi all'Agricoltura, ERSAF.

Grazie ai tecnici ERSAF che hanno contribuito in tempi e modi diversi alle diverse fasi operative:

Lorenzo Bassi, Elena Chiurlo, Lorenzo Craveri, Claudio DiPietro, Sara Evalli, Maria Luisa Gargano, Daniele Levratti, Stefano Manetta, Carlo Riparbelli, Marco Rosa.

Si ringraziano i referenti delle aziende agricole sperimentali ERSAF Riccagioia (PV) e Carpaneta (MN), in particolare Antonella Albertotti, Fabio Araldi, Gianfranco Canobbio, Mario Marchesi.

Grazie a Marco Pastori per il supporto alle elaborazioni di tipo statistico-cartografico.

Grazie a Paolo Armano, Giulio Achilli e Andrea Quaglini per il contributo all'attività del laboratorio ERSAF - Centro Vitivinicolo Riccagioia.

Si ringraziano la prof.ssa Elisa Sacchi (Università degli Studi di Pavia), il prof. Roberto Comolli (Università degli Studi di Milano-Bicocca), il dott. Gianpaolo Bertoncini ed il dott. Marco Castelnuovo (Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura), il dott. Francesco Malucelli (Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli), il dott. Fabio Petrella (IPLA - Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente, Torino) per le utili informazioni fornite.

Per aver accordato i permessi necessari alla realizzazione dei lavori si ringraziano:

- i proprietari di terreni e le aziende agricole di ubicazione dei siti di monitoraggio;
- il Consorzio di gestione del Parco delle Orobie Valtellinesi;
- il Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, Settore Agricoltura e Sviluppo Rurale;
- la Comunità Montana di Valle Trompia;
- le amministrazioni comunali di:
 - Albosaggia (SO);
 - Albese con Cassano (CO);
 - Mozzate (CO);
 - Pavia;
 - Somma Lombardo (VA).

Si ringraziano infine tutti coloro che in varie vesti hanno contribuito al conseguimento degli obiettivi prefissati, in particolare quanti ci hanno sostenuto ed incoraggiato nella realizzazione del progetto SOILQUALIMON.



Regione Lombardia

Agricoltura

Il sito della ricerca in agricoltura

www.regione.lombardia.it