

NORME PER I COLLABORATORI

1. CARATTERE DEL BOLLETTINO

Il Bollettino della SISS pubblica:

- A. note scientifiche originali
- B. lavori originali su tematiche di ampio interesse redatti, di norma, in lingua italiana.

2. ACCETTAZIONE PER LA PUBBLICAZIONE

I lavori ricevuti vengono sottoposti al giudizio di due referees i quali, di concerto col Comitato di Redazione, decidono sulla accettabilità, eventualmente proponendo modifiche atte a migliorare il contenuto generale e specifico del lavoro.

3. INVIO DEI LAVORI

I lavori, collaudati secondo le norme appresso indicate, debbono essere inviati in triplice copia al Comitato di Redazione della rivista, indicando il nome dell'autore, e relativo indirizzo, a cui spedire le bozze, eventuale corrispondenza, ecc. L'autore deve conservare una copia del lavoro per la correzione delle bozze.

4. PREPARAZIONE DEI LAVORI

a. I lavori debbono essere dattiloscritti, in righe a spazio doppio e ampi margini, su una sola facciata del foglio. Le pagine vanno numerate progressivamente.

b. I lavori di tipo 1.A e 1.B, sopra indicati, non debbono superare rispettivamente 10 e 12 pagine a stampa.

c. Sotto il titolo, conciso ma informativo, vanno indicati nome e cognome dell'autore o degli autori.

Dopo il titolo va riportato il riassunto in italiano (di non più di 250 parole) e in inglese. A quest'ultimo (summary) deve essere premesso il titolo tradotto in questa lingua.

Sotto i riassunti, sia in italiano che in inglese, vanno indicate non più di 5 parole chiave utili per il sistema di codificazione dell'oggetto della ricerca.

d. In nota, nella prima pagina, verrà indicato: il titolo o qualifica degli autori; l'istituto presso il quale è stata eseguita la ricerca; l'eventuale ripartizione dei compiti della ricerca tra gli stessi autori.

e. Le citazioni bibliografiche nel testo vanno messe fra parentesi, indicando il cognome dell'autore e l'anno di pubblicazione. I lavori pubblicati da un autore in uno stesso anno saranno distinti aggiungendo all'anno lettere minuscole dell'alfabeto in ordine progressivo. Nel caso che gli autori siano più di due, al nome del primo sarà fatta seguire l'abbreviazione et al. Gli articoli anonimi verranno citati come "Anonimo" seguito dalla data di pubblicazione.

f. Le tabelle debbono essere ridotte al massimo e non superare nel complesso 1/10 delle pagine a stampa. In caso contrario i maggiori costi di composizione verranno addebitati agli autori con maggiorazione nel prezzo degli estratti.

Le tabelle debbono essere presentate su fogli distinti dal testo e debbono riportare dati arrotondati al massimo, in modo da limitare il numero delle cifre a quelle realmente significative. Non si pubblicano date di singole ripetizioni o dati rilevati su disegni sperimentali e non sottoposti ad analisi statistica, ma solo medie corredate degli usuali parametri statistici.

Non si accetta di pubblicare gli stessi dati sia in tabella che in forma grafica.

g. I grafici e le figure a tratto debbono essere presentati a parte (individualmente separati dal testo) ed essere eseguiti in maniera definitiva, pronti per la fotoincisione, su lucido con inchiostro di china nero, numerati e accompagnati da 2 copie eliografiche o fotostatiche.

Nella esecuzione dei grafici si tenga conto di quanto segue:

BOLLETTINO
DELLA
SOCIETÀ ITALIANA
DELLA SCIENZA DEL SUOLO

NUOVA SERIE

8



PALERMO
DICEMBRE 1996

Numero unico

Arti Grafiche Siciliane - Palermo

Cari Colleghi e Amici,

ringrazio di cuore tutti coloro che mi hanno voluto esprimere la loro stima eleggendomi Presidente della Società Italiana della Scienza del Suolo per il triennio 1996-1999. Cercherò di meritare questa fiducia, anche se il compito che mi attende non è facile.

Con quella massima franchezza che sempre cerco di usare, vi confesso che la prima impressione provocata in me lo scorso novembre dai risultati elettorali fu negativa: sembrava, e certo non mi poteva far piacere, che le elezioni avessero fornito dei risultati quasi casuali per almeno qualcuna delle cariche. Ad una lettura più attenta, e poi alla prova dei fatti, mi sembra invece che il consiglio direttivo che ne è risultato sia molto promettente, per il valore scientifico e per la carica propulsiva dei suoi componenti. Carica che deriva, lasciatemelo ricordare, da un ideale e da una passione comune, quella per la scienza del suolo.

Assumo la presidenza della SISS dopo che l'Assemblea dei soci ne ha modificato lo statuto. Ritengo che le modifiche più importanti siano quelle che hanno previsto la figura del Presidente onorario e la partecipazione ufficiale del "past President" alle riunioni. Vi assicuro che la presenza del Prof. Fiorenzo Mancini e del Prof. Giovanni Fierotti alle riunioni del Consiglio direttivo mi dà un senso di maggior tranquillità al di là dei sentimenti di rispetto, stima e amicizia che provo per loro, e sono sicuro che essi rappresentano per tutti Voi, oltre per la Società, una garanzia di continuità.

Quando mi è stato chiesto di scrivere per il Bollettino questa presentazione, ho subito pensato di farne una sorte di dichiarazione programmatica che delineasse chiaramente ai soci quali erano i miei propositi e quindi gli impegni che mi assumevo per il futuro.

Poi ho riletto con attenzione l'editoriale che con la sua consueta e lucida efficacia il prof. Fierotti aveva scritto nell'ultimo Bollettino della Società.

Il programma non poteva essere che quello! Bisogna da un lato che la Società si proietti verso le nuove realtà territoriali e ambientali, nelle quali difesa e conservazione del suolo svolgono una funzione assolutamente prioritaria, e dall'altro che ci prodighiamo tutti per una cultura del suolo in Italia, il che poi non è altro che il messaggio lanciato al Convegno SISS di Palermo del 1993.

Certo che forse la Società si deve ancor più appoggiare a quel contesto internazionale che le dà forza, e questo non solo perché la International Soil Science Society è accreditata in ambienti come l'ICSU - International Council of Scientific Unions (con tutto quello che ne consegue: UNESCO, FAO, UNEP, IAEA, e così via) ai quali è più difficile accedere altrimenti, ma anche perché il flusso di informazioni e di esperienze con tutti i paesi del mondo è l'arma più importante che possiamo usare per evitare rischi di provincializzazione a medio e lungo termine.

Potremo così più facilmente anche nel contesto nazionale, a tutti i livelli, rendere cosciente l'opinione pubblica del significato e delle funzioni che il suolo possiede e che devono essere oggetto di conoscenza, cura e protezione in una moderna comunità civile.

È con questo appello che chiedo ai soci quella solidarietà e quell'appoggio senza i quali ogni azione perderebbe di efficacia. Sono sicuro che riusciremo a lavorare tutti insieme.

Paolo Sequi

SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO

Composizione del Consiglio Direttivo

Presidente:

PAOLO SEQUI

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2-4
00184 Roma
tel. 06 7005413
fax 06 7005711
e-mail psequi@uni.net

Presidente onorario:

FIRENZO MANCINI

Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo
Piazza D'Azeglio, 30
50121 Firenze
tel. 055 2491228
fax 055 241485

Past President:

GIOVANNI FIEROTTI

Istituto di Agronomia - Cattedra di Pedologia
Università di Palermo
Viale delle Scienze
90128 Palermo
tel. 091 596102
fax 091 6518222
e-mail fierotti@mbox.unipa.it

Vice-Presidente

PIETRO VIOLANTE

Dipartimento di Scienze Chimico-Agrarie
Università di Napoli
Via dell'Università, 100
80085 Portici (NA)
tel. 081 7755116-769
fax 081 7755130
e-mail violante@unina.it

Segretario - Tesoriere

PIER GIACOMO ARCARA
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo
Piazza D'Azeglio, 30 - 50121 Firenze
tel. 055 2491228
fax 055 241485
e-mail ricissds@dada.it

Consiglieri

NICOLA SENESI
Istituto di Chimica Agraria
Università di Bari
Via Amendola, 165/a - 70126 Bari
tel. 080 5442853
fax 080 5442813
e-mail nsenesi@mail2.clio.it

GUIDO SANESI
Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta
Università degli Studi Firenze
P.le delle Cascine, 28
51144 Firenze
tel. 055 330491
fax 055 321148

ANGELO ARU
Dipartimento di Scienza della Terra
Università di Cagliari
Via Trentino, 51 - 09100 Cagliari
tel. 070 2006239
fax 070 282236

Rappresentante ISSS

PAOLO NANNIPIERI
Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta
Università di Firenze
P.le delle Cascine, 15 - 50144 Firenze
tel. 055 32881
fax 055 333273
e-mail nannip@cscs.fi.cnr.it

Presidente I Commissione - Fisica del Suolo:

MARCELLO PAGLIAI
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo
Piazza D'Azeglio, 30 - 50121 Firenze
tel. 055 2491228
fax 055 241485
e-mail dir issds@dada.it

Componenti:

ERMANNINO ZANINI
ERMANNINO BUSONI
GIROLAMO MECCELLA
PATRIZIA SCANDELLA (segretario)

Presidente II Commissione - Chimica del Suolo:

ANTONIO VIOLANTE
Dipartimento di Scienze Chimico-Agrarie
Università di Napoli
Via dell'Università, 100 - 80085 Portici (NA)
tel. 081 7755116-769
fax 081 7755130
e-mail violante@unina.it

Componenti:

CARLO GESSA
ELISABETTA BARBERIS
MARIO BUSINELLI
ALESSANDRO PICCOLO (segretario)

Presidente III Commissione - Biologia del Suolo:

LILIANA GIANFREDA
Dipartimento di Scienze Chimico-Agrarie
Università di Napoli
Via dell'Università, 100
80085 Portici (NA)
tel. 081 7755116-769
fax 081 7755130
e-mail gianfreda@unina.it

Componenti:

BRUNELLO CECCANTI
GRAZIA MASCIANDARO
FLAVIA PINZARI
STEFANO GREGO (segretario)

Presidente IV Commissione - Fertilità del Suolo:

ANNA BENEDETTI
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2-4
00184 Roma
tel. 06 7008721
fax 06 7005711
e-mail allisnp@uni.net

Componenti:

LUCIANO SCARPONI
LUIGI BADALUCCO
ADELE FIGLIOLIA
MARIA TERESA DELL'ABATE (segretario)

*Presidente V Commissione - Genesi, Classificazione
e Cartografia del Suolo:*

SERGIO VACCA
Ente Autonomo del Flumendosa
Settore Salvaguardia del Territorio e dei Corpi Idrici
Viale Elmas, 116
09122 Cagliari
tel. 070 244891
fax 070 274699

Componenti:

FRANCO PREVITALI
ERMANNINO BUSONI
ANDREA GIORDANO
PAOLO BALDACCINI (segretario)

Presidente VI Commissione - Tecnologia del Suolo:

DINO TORRI
Consiglio Nazionale delle Ricerche di Firenze
Istituto per la Genesi ed Ecologia del Suolo
P.le delle Cascine, 15 - 50129 Firenze
tel. 055 360517 - fax 055 321148
e-mail dbtorri@csgccs.fi.cnr.it

Componenti:

ELISABETTA BARBERIS
MARCELLO PALIAI
MARCELLO RAGLIONE
COSTANZA CALZOLARI (segretario)

Presidente VII Commissione - Mineralogia del Suolo:

VALTER BOERO
Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse
Agroforestali Chimica Agraria
Università di Torino
Via Leonardo da Vinci, 44 - 10095 Grugliasco (To)
tel. 011 6708510-8507
fax 011 4031819
e-mail boero@valnet.it

Componenti:

ALDO MIRABELLA
FRANCESCO BIONDI
CLAUDIO COLOMBO
PAOLA ADAMO (segretario)

Sindaci effettivi:

CARMELO DAZZI
Istituto di Agronomia
Università di Palermo
Viale delle Scienze - 90128 Palermo
tel. 091 423201 - fax 091 6518222
e-mail dazzi@mbox.unipa.it

ROSA FRANCAVIGLIA
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2-4
00184 Roma
tel. 06 7005299
fax 06 7005711
e-mail allisnp@uni.net

FRANCO PREVITALI
Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio
Università di Milano
Via L. Emanuelli, 15
20100 Milano
tel. 02 64474419
fax 02 64474400

Sindaci supplenti:

Stefano Canali
Silvia Dell'Orco

SISS

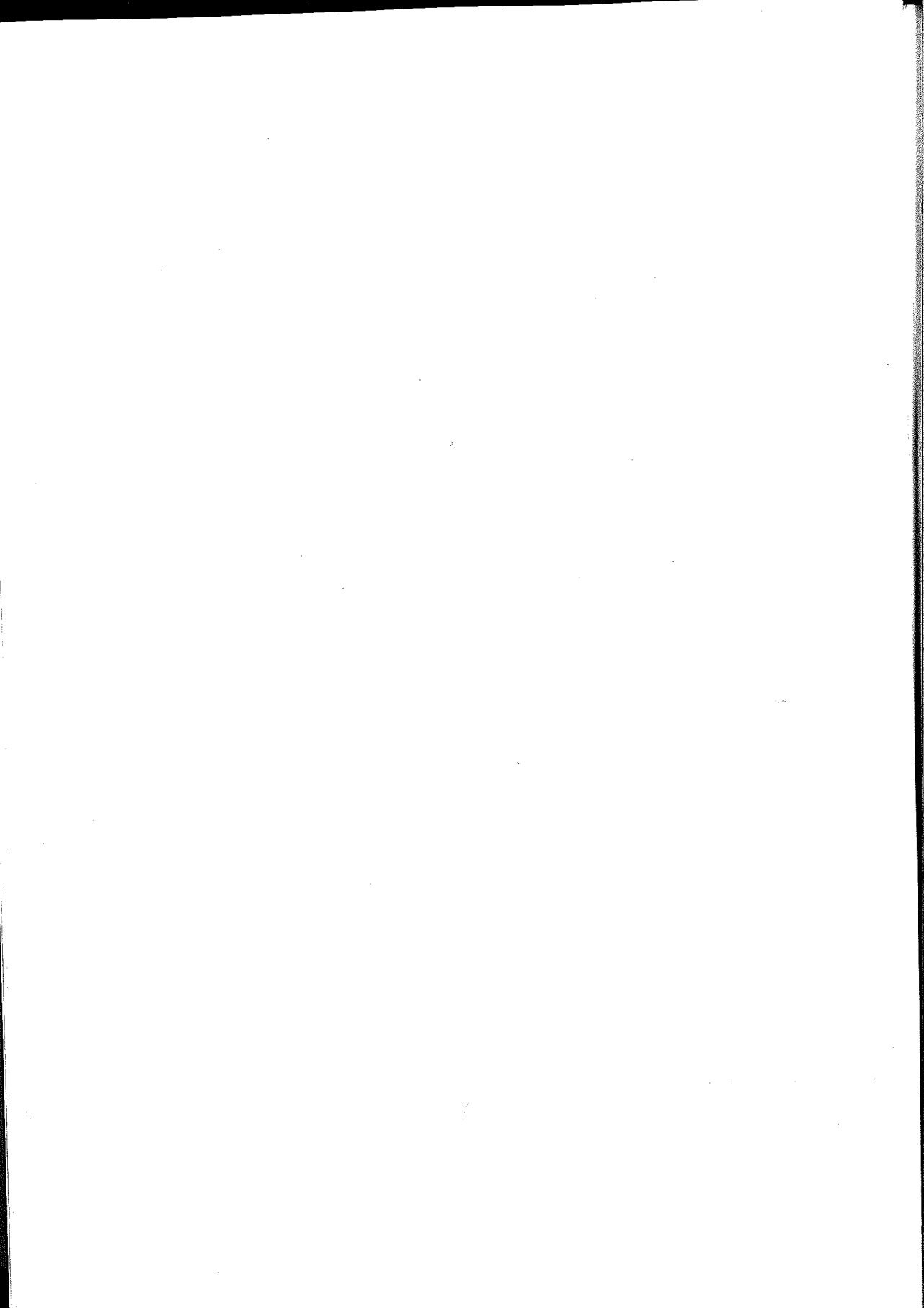
**Società Italiana
della Scienza del Suolo**

**CONTRIBUTI DELLA SCIENZA DEL SUOLO
ALLO STUDIO E ALLA DIFESA
DEI TERRITORI MONTANI E COLLINARI**

Atti del Convegno

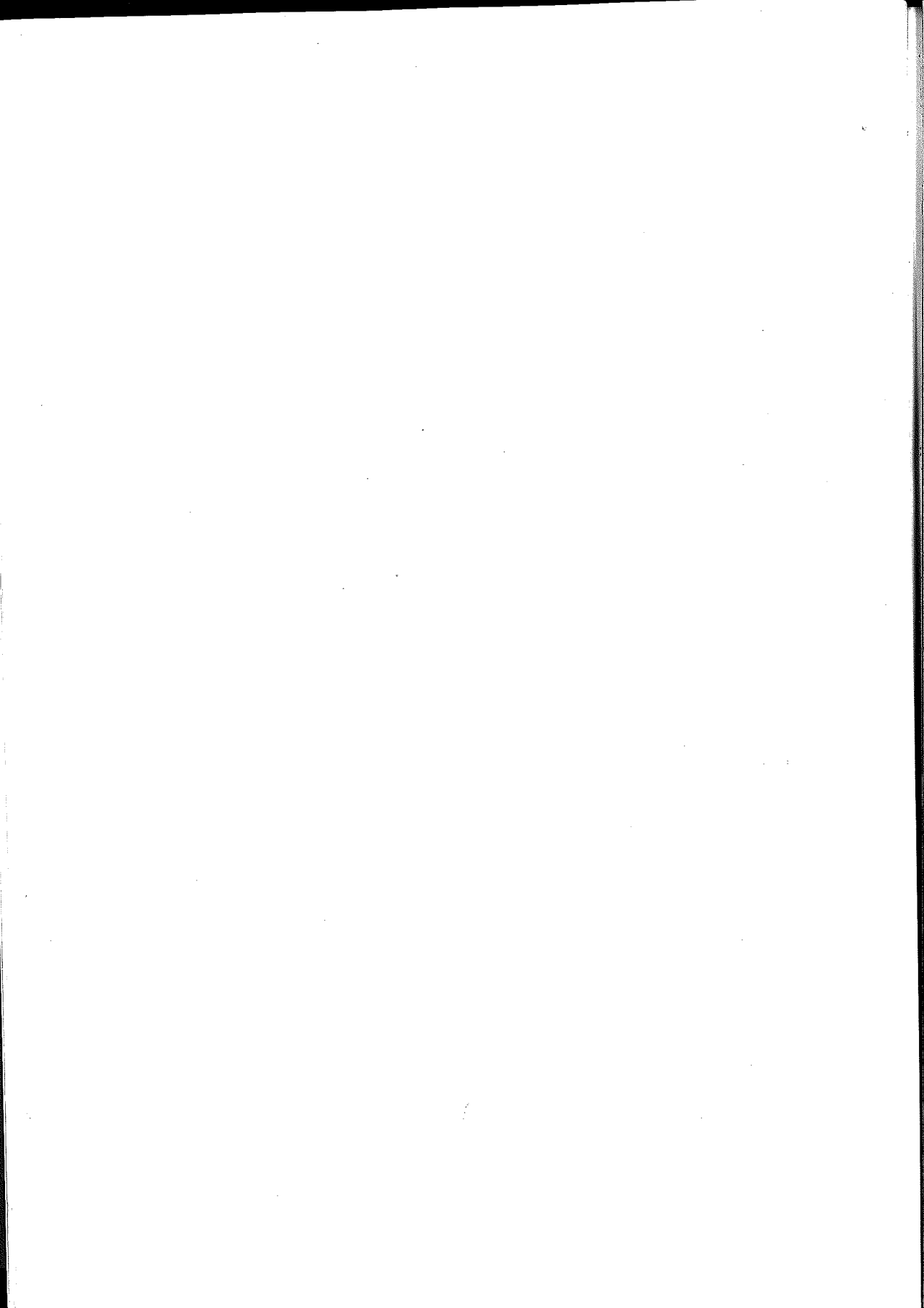


Milano, 17-19 giugno 1996



I SESSIONE

STUDIO DEL SUOLO E PRATICHE AGRONOMICHE



PROSPETTIVE NEL CONDIZIONAMENTO DI SUOLI ARGILLOSI MEDIANTE INOCULAZIONE CON CIANOBATTERI AZOTOFISSATORI SELEZIONATI

TOMASELLI LUISA, FALCHINI LUCA¹, SPARVOLI ENZO²

C.S. Microrganismi Autotrofi del CNR e Dip.to Scienze e Tecnologie Alimentari
e Microbiologiche, Università degli Studi di Firenze

¹ Dip.to Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta, Università degli Studi di Firenze

² C.S. Colloidi del Suolo del CNR, Firenze.

Riassunto

Sono stati condotti esperimenti per studiare l'influenza dell'inoculazione con cianobatteri azotofissatori del genere *Nostoc* (*N. carneum* e *N. muscorum*) e con un polisaccaride anionico, isolato da un cianobatterio filamentoso, su alcune caratteristiche fisiche e chimiche di suoli argillosi. È noto da tempo che questi cianobatteri, largamente diffusi in quasi tutti gli habitat terrestri e particolarmente abbondanti nei terreni calcarei ed alcalini, oltre a contribuire ad arricchire il suolo in N combinato, grazie alla capacità di fissare l'azoto atmosferico, producono grandi quantità di polisaccaridi esocellulari (EPS) che, analogamente a quelli batterici e fungini, presentano interessanti proprietà di aggregazione delle particelle colloidali. Le ricerche hanno riguardato campioni di due suoli collinari su argille plioceniche dell'Italia centrale caratterizzati dalla presenza di forme erosive note come biancane e calanchi. Per studiare gli effetti mediati dagli specifici e complessi polisaccaridi secreti dai ceppi inoculati o dal polisaccaride isolato, la sperimentazione è stata effettuata in modelli di laboratorio in condizioni sterili e controllate. I principali effetti osservati in seguito ad inoculazione sia di biomasse axeniche di *Nostoc* che di esopolisaccaride isolato consistono in: crescita dei cianobatteri che ricoprono la superficie dei suoli con filamenti; secrezione di polisaccaridi esocellulari che inducono legami fra le particelle argillose; riorganizzazione ed orientamento delle particelle argillose rispetto agli EPS; riduzione della contrattilità dei suoli; riduzione della dispersione delle particelle argillose nelle sospensioni acquose; aumento del contenuto in C ed N totali e del Fe disponibile. Questi effetti si traducono in: difesa della struttura del suolo dall'impatto delle gocce d'acqua per effetto dello sviluppo della biomassa cianobatterica e della secrezione di EPS; conservazione della macroporosità realizzatasi con la

preparazione del suolo ed in particolare dei pori di trasmissione; incremento della stabilità strutturale; generale aumento della fertilità del suolo per effetto dell'attività nitrogenasica e della maggiore disponibilità di ferro. Quest'ultimo effetto è particolarmente significativo in considerazione della natura alcalina dei suoli analizzati. Grazie alle rigorose condizioni sperimentali adottate, gli effetti osservati sono attribuibili esclusivamente all'attività dei cianobatteri o dell'EPS isolato. I risultati ottenuti contribuiscono ad ampliare le conoscenze sull'aggregazione biologica mediata dai polisaccaridi microbici e giustificano i noti effetti che i cianobatteri possono svolgere anche nei confronti della nutrizione della pianta. Certamente l'applicazione in campo implica la soluzione di numerosi problemi fra cui la selezione di ceppi idonei all'inoculazione di suoli di differente natura, lo sviluppo di un'idonea tecnologia di produzione di biomasse, il mantenimento e la verifica dell'attività in campo. Studi precedenti alla sperimentazione qui riportata hanno permesso di selezionare i ceppi con elevata capacità di colonizzazione di differenti suoli, resistenti a stress ambientali e competitivi nei confronti della microflora indigena, caratterizzati da alta attività nitrogenasica ed elevata produzione di esopolisaccaridi. Sono state inoltre messe a punto le condizioni per la produzione di biomasse ed è stato valutato il grado di sopravvivenza di inoculanti cianobatterici allo stato secco. La possibilità di impiegare per il condizionamento del suolo EPS isolati o biomasse di cianobatteri selezionati, anche indigeni, capaci di esplicare effetti duraturi una volta insediati e mantenuti in crescita nel suolo, rappresenta inoltre una biotecnologia rispettosa dell'ambiente essendo priva di inquinamento residuo.

PERDITE DI NUTRIENTI PER DEFLUSSO SUPERFICIALE IN AMBIENTI DELLA COLLINA ARGILLOSA DELL'ITALIA CENTRALE CON DIVERSO USO DEL SUOLO

R. PAPINI, P. BAZZOFFI, S. PELLEGRINI,
G. BRANDI, G. MONTAGNA

Istituto Sperimentale per Studio e la Difesa del Suolo
Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Firenze, Italia

Riassunto

Le perdite di nutrienti per deflusso superficiale risultano strettamente influenzate dal diverso uso del suolo, in particolar modo dal tipo e dalla frequenza delle lavorazioni, dal periodo e dalla entità delle concimazioni e dai mesi dell'anno in cui è presente la copertura vegetale. Allo scopo di valutare l'effetto di taluni di questi fattori nel presente lavoro si riportano le perdite di azoto e fosforo per ruscellamento superficiale rilevate in due ricerche riguardanti l'influenza dell'erosione idrometeorica sulla perdita di fertilità del suolo e sul movimento dei nutrienti, svolte dall'ISSDS presso i propri Centri Sperimentali. Tali sperimentazioni hanno riguardato la coltura del mais con o senza impiego di compost da RSU in prove parcellari condotte a Fagna (Scarperia, Firenze), su un suolo a tessitura argilloso-fine, calcareo, (Udorthent tipico); un confronto fra cereale, arbusti pascolabili (Atriplex halimus), erba medica e terreno nudo lavorato (fresato continuo), in prove parcellari condotte a Vicarello di Volterra (Pisa) su un suolo a tessitura argillosa-limosa (Vertic Xerorthent) e, sempre a Vicarello, la monitorizzazione di due bacini monoculturali uno a grano e l'altro ad erba medica.

In entrambe le sperimentazioni le parcelle disposte con il lato maggiore secondo la linea di massima pendenza, sono state isolate idraulicamente e munite di un dispositivo elettronico per la misura ed il campionamento dei deflussi e dell'erosione; anche nei due bacini monoculturali i deflussi sono stati monitorizzati con un sistema elettronico.

I campioni di torbida raccolti nelle sperimentazioni descritte sono stati in parte filtrati a $0,45 \mu\text{m}$ per la determinazione dei nitrati e del fosforo solubile. Sui sedimenti, ottenuti per essiccamento in stufa a 40°C del restante

campione, sono stati determinati l'azoto Kjeldhal ed il fosforo totale. Nei sedimenti raccolti nella sperimentazione di Vicarello è stato inoltre determinato il fosforo assimilabile (Olsen) ed il fosforo potenzialmente biodisponibile.

I risultati hanno messo in evidenza una grossa variabilità fra gli ambienti e il diverso uso del suolo, sia come entità delle perdite che come distribuzione delle stesse nel corso dell'anno. Le perdite di nitrati più elevate si sono riscontrate nell'erba medica nell'anno di impianto ($12,4 \text{ kg ha}^{-1}$), seguite dal bacino a grano, dalle parcelle a cereale e dal mais con concimazione minerale (10 kg ha^{-1} circa), dal mais con aggiunta di compost ($4,5 \text{ kg ha}^{-1}$), ed infine dal bacino a medica ($0,5 \text{ kg ha}^{-1}$) e dall'Atriplex ($0,1 \text{ kg ha}^{-1}$). Le perdite di fosforo solubile, pur risultando in generale basse, sono state minori nel suolo di Fagna rispetto a quello di Vicarello ed in questo suolo notevolmente influenzate dall'applicazione di fertilizzante.

Le asportazioni maggiori di nutrienti con i sedimenti si sono avute nell'erba medica nell'anno di impianto, seguita dal cereale, dal fresato, dal mais e, in quantità molto minore, nell'Atriplex.

POSSIBILE USO DI ZEOLITI NATURALI IN PEDOTECNOLOGIE PER IL CONTROLLO DELLA SOLUBILITÀ DEI FOSFATI

V. BOERO¹, M. FRANCHINI-ANGELA², E. ZANINI¹

Università di Torino

¹ Divapra-Chimica Agraria, via Giuria 15, Torino, I-10126

² Dip. di Scienze Mineralogiche e Petrologiche, via Valperga 35, Torino, I-10125

Riassunto

La rilevante disponibilità nel nostro territorio di tufi zeolitici, potenzialmente atti all'uso in agricoltura, ha sollecitato la messa a punto e l'esecuzione di una serie di test di laboratorio in condizioni che simulano l'ambiente naturale finalizzati al recupero dei fosfati insolubili presenti nel suolo e alla razionalizzazione della fertilizzazione fosfatica.

Dal punto di vista pedo-tecnologico, ai vantaggi ambientali ed economici connessi con tali obiettivi si aggiunge l'assoluta idoneità ecologica dei tufi zeolitici come il tufo giallo napoletano e quello rosso di Viterbo. Poiché la proprietà che influenza maggiormente il rilascio di P da parte dei fosfati è l'elevata capacità di scambio cationico ($200-300 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$) della chabasite e della phillipsite contenute nei tufi, sono state condotte in laboratorio prove finalizzate alla determinazione della quantità di fosfato rilasciato da sistemi binari zeolite/Ca-fosfato (apatiti sintetiche) in sospensione acquosa. Sono stati impiegati diversi rapporti ponderali (R) zeolite/Ca-fosfato ($39 > R > 0.3$), in condizioni di temperatura e tempi di contatto che simulano chimicamente e fisicamente diversi pedoambienti.

Al termine di 10 equilibrazioni e relative estrazioni il contenuto di P cumulado in soluzione è stato per entrambi i tufi mediamente di $2.5 \mu\text{M mL}^{-1}$. Tale valore, anche se riferito ad una singola estrazione media, è superiore alla concentrazione ritenuta ottimale per la crescita vegetale ($0.2 \mu\text{M mL}^{-1}$), ma è tuttavia inferiore a quello atteso dalla somma dei contributi dei due componenti.

In base ad ulteriori esperienze è risultato che la quantità di P in soluzione è soprattutto condizionata dalle reazioni di scambio cationico della zeolite; tuttavia un ruolo importante è svolto dalla solubilità del fosfato in diversi rapporti solido/liquido e, come è noto, dalle variazioni di pH, oltre che da

processi di adsorbimento ascrivibili a una frazione vetrosa presente nei tufi zeolitici.

Come già dimostrato anche da prove in campo con alcune specie vegetali, i tufi zeolitici italiani (laziali e campani) risultano essere efficaci ammendanti del suolo anche per il fosforo. Il loro utilizzo, previamente calibrato in funzione della loro composizione, delle caratteristiche del suolo e delle condizioni climatiche, risulta essere valido ecologicamente, e forse anche economicamente, consentendo in primis il recupero e il lento rilascio di P, altrimenti immobilizzato, e contribuendo poi a limitare e governare la fertilizzazione fosfatica.

II SESSIONE

STUDIO DEL SUOLO IN AMBIENTI FORESTALI



INFLUENZA DEL SOPRASSUOLO SULL'ATTIVITÀ MICROBICA DEL SUOLO DI AREE DEL PARCO NAZIONALE DEL CASENTINO, SOGGETTE A PRECIPITAZIONI ACIDE

CAMILLA GAMBA¹, PIER GIACOMO ARCARA², MARCELLO PAGLIAI³

¹ Borsista presso l'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze.

² Direttore di Sezione dell'Istituto Sperim. per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze.

³ Direttore dell'Istituto Sperim. per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze.

Riassunto

Lo studio, svolto nell'ambito di un programma pluriennale sul problema dei rapporti suolo - precipitazioni acide, ha verificato l'influenza della copertura vegetale di abete bianco, faggio e bosco misto sul potere mineralizzante della microflora nell'ambito dei cicli tellurici del carbonio e dell'azoto.

Il suolo sotto bosco misto è risultato il più attivo sia nella capacità di nitrificare l'azoto ammoniacale che nel processo di mineralizzazione della sostanza organica nel suo complesso; faggete e abetine hanno presentato invece analogo livello di queste attività. Il potere nitrificante del suolo delle tre aree di faggeta è risultato correlabile non con l'intensità del danno alla vegetazione, apportato dalle piogge acide, ma con il grado di porosità del suolo.

Nessuna differenza significativa è emersa nel suolo delle tre formazioni forestali riguardo alla denitrificazione potenziale e alla concentrazione dei nitrati: quest'ultima è risultata assai elevata in primavera.

Nel complesso non sono emerse modificazioni dell'attività microbiologica del suolo riferibili all'entità del danno della vegetazione soprastante.

Parole chiave: Formazioni forestali, piogge acide, nitrificazione, denitrificazione, mineralizzazione del C.

Summary

Microbial activity in the soil of fir plantation, beech-wood and mixed wood exposed to acid rains, in National Park of Casentino

The search, carried out in collaboration within a pluriannual program about the problem of the relationships between soil and acid rains, has been

planned to verify the possible influence of the soil covering of white fir, beech tree and mixed wood on soil mineralization power and the existence of relationships between soil biological activity and state of health of the vegetation determined by acid rains.

The comparison of the three different forest stands has pointed out higher nitrifying activity and higher C mineralization coefficient in the mixed wood whereas beech-wood and fir plantation have presented analogous level of this activity. The different nitrification potential found out in the three examined beech-wood areas have resulted referable to soil porosity rather than to damage focused on the vegetation.

No meaningful difference has emerged respect to denitrification potential and nitrate concentration in the soil of the three forest stands.

Key words: Forest stand, acid rain, nitrification, denitrification, C mineralization.

Introduzione

Da alcuni decenni l'ecosistema foresta non risulta essere influenzato solo da fattori naturali; al momento attuale infatti uno dei fattori antropici che può turbare il naturale andamento dei processi biologici nel suolo è costituito dalle piogge e deposizioni acide (Wolters e Schaefer 1994; Fritze 1991). Un'elevata acidità del suolo può inibire l'attività metabolica dei microrganismi, rallentare o bloccare il turn over della sostanza organica e provocare una diminuzione dei nutrienti necessari alla crescita delle piante. Gli studi sui processi di acidificazione dei suoli forestali hanno fornito risultati contrastanti dai quali si deduce che l'acidificazione può, a seconda dei casi, ridurre, stimolare o lasciare inalterati tutti i parametri biologici (Will et al., 1986). La prima fase della mineralizzazione dell'azoto sembra essere poco alterata dall'acidità indotta da precipitazioni mentre effetti depressivi più consistenti sono stati osservati a carico della nitrificazione (Bitton et al., 1985). Suoli sottoposti a deposizioni acide hanno mostrato generalmente una diminuzione dell'attività respiratoria (Francis, 1982; Baath et al., 1984; Moloney et al., 1983), ma in altri casi la respirazione è risultata inalterata, stimolata, o diminuita indipendentemente dal grado di acidità del suolo (Bitton e Boylan, 1985).

Scopo del presente lavoro è di portare un contributo alla conoscenza delle possibili modificazioni del biochimismo di suoli

pedogeneticamente simili ma con differente copertura forestale, soggetti ad acidificazione.

Materiali e metodi

Suolo e campionamento

Il lavoro ha interessato 11 aree con tre diverse coperture forestali: faggeta (loc. Porcareccio, Casette di Giogo, Poggio Scali), abetina (loc. Fonte Squarto, Fosso Casini, Abetio, Borniola) e bosco misto (latifoglie e faggio-abete) (loc. Cullacce, Seghettina, Saporita, Faggione) collocate in parte sul versante toscano ed in parte su quello romagnolo del Parco Nazionale del Casentino. Il tipo di suolo è fondamentalmente lo stesso in tutte le stazioni (Haplumbrept tipico) con possibilità di facies pedologiche diverse (Lulli, comunicazione personale). I campionamenti sono stati effettuati in primavera e in autunno per cogliere le variazioni stagionali dell'attività biochimica del suolo e riguardano il periodo 1992-93. Ogni area è stata suddivisa in quattro quadranti dove sono stati prelevati i campioni di suolo ad una profondità di 0-10 cm, il suolo è stato vagliato a 2 mm e conservato almeno 20 giorni a 5°C. Nella Tab. 1 sono riportate le principali caratteristiche medie del suolo sotto le diverse coperture forestali. La valutazione del danno della vegetazione nelle stazioni considerate, fornito dall'Amministrazione delle Riserve Naturali Casentinesi, è stata effettuata mediante il metodo INDEF0 (D'Amico, 1992).

Tab. 1 - Caratteristiche medie principali del suolo sotto le diverse coperture forestali esaminate.

Tab. 1 - Mean soil characteristics in the examined forest stands.

	Quota metri s.l.m.	pH in H ₂ O 1:2,5	S.O. %	N %	C/N
Abetina	1100	4,9	18,54	0,51	19,7
Faggeta	1450	4,8	24,43	0,59	22,9
Bosco misto	900	6,3	20,19	0,50	21,7

Metodologie analitiche

Per la valutazione della mineralizzazione del carbonio sono stati determinati i seguenti parametri: carbonio organico (Yeomans e Bremner, 1988); attività respiratoria (emissione di CO₂), determinata con il metodo della calce sodata proposto da Edwards (1982); coefficiente di mineralizzazione calcolato come rapporto fra C-CO₂ svolto in 7 giorni di incubazione del suolo e C totale (Dommergues, 1960). Per quanto riguarda il ciclo dell'azoto sono stati misurati l'azoto totale (metodo Kjeldahl), i nitrati del suolo, la nitrificazione e la denitrificazione potenziale. Il contenuto di nitrati del suolo, estratti con KCl 2N, è stato analizzato tramite analisi colorimetrica con Autoanalyzer. Al fine di valutare l'attività nitrificante potenziale è stata determinata allo stesso modo la concentrazione di nitrati estratti ad intervalli regolari di 5 giorni da campioni di suolo incubati a 22°C per 15 giorni con aggiunta di solfato ammonico (189 µg*g⁻¹ di suolo secco) ed umidità, controllata giornalmente, pari al 50% della capacità di ritenzione idrica (WHC). L'attività denitrificante potenziale è stata misurata su campioni incubati in anaerobiosi con umidità del 100% della WHC, in presenza di acetilene (10%) e con aggiunta di nitrato di calcio (840 µg*g⁻¹ di suolo secco) determinando il protossido di azoto emesso (N₂O) tramite gascromatografia TCD (Arcara, 1988).

La porosità del suolo, espressa come percentuale di area occupata dai pori maggiori di 50 m, è stata determinata su sezioni sottili impregnate di resine poliesteri secondo la metodologia proposta da Pagliai et al. (1983, 1984).

Risultati e discussione

I suoli delle tre diverse coperture forestali sono stati messi a confronto per il contenuto di carbonio organico, la respirazione e il coefficiente di mineralizzazione valutando la rappresentatività della media tramite l'errore standard (Tab. 2). Il contenuto di carbonio non presenta differenze significative fra coperture, risultando comunque più elevato nelle faggete in ogni epoca di campionamento. L'attività respiratoria del suolo, più elevata con il soprassuolo di bosco misto, è risultata piuttosto costante nelle diverse epoche di campionamento; fra le diverse coperture non si sono evidenziate grosse differenze tranne una diminuzione di

Tab. 2 - Valori medi e relativi errori standard del contenuto di carbonio, della respirazione e del coefficiente di mineralizzazione del carbonio nel suolo sotto le tre diverse foreste e nelle tre epoche di campionamento.

Tab. 2 - Mean values and relative standard errors of soil C content, of soil respiration and of C mineralization coefficient in the three different forest stands and at three sampling times.

Data	Stazione	C %	Respirazione suolo mgCO ₂ *24h ⁻¹ *kg t.s.-1	Coefficiente mineraliz. C
Novembre '92	Abetina	10.81 ± 2.26	198.7 ± 59.7	0.345 ± 0.03
	Faggeta	15.73 ± 4.53	254.4 ± 124.0	0.285 ± 0.05
	Bosco misto	13.55 ± 3.38	306.4 ± 108.4	0.422 ± 0.06
Maggio '93	Abetina	10.84 ± 2.14	198.9 ± 8.8	0.375 ± 0.07
	Faggeta	13.06 ± 1.85	175.6 ± 4.9	0.255 ± 0.04
	Bosco misto	10.71 ± 2.29	225.3 ± 46.3	0.443 ± 0.12
Ottobre '93	Abetina	10.47 ± 1.54	202.5 ± 37.5	0.357 ± 0.02
	Faggeta	13.60 ± 2.50	231.9 ± 46.2	0.329 ± 0.02
	Bosco misto	10.77 ± 2.73	306.8 ± 111.2	0.497 ± 0.08

attività nella faggeta in primavera. Il potere mineralizzante del suolo, espresso dal coefficiente di mineralizzazione è risultato caratterizzato significativamente dal tipo di soprassuolo; la copertura di bosco misto determina un incremento dell'attività della microflora del suolo, le altre coperture hanno un'attività minore e non significativamente diversa l'una dall'altra, salvo il caso, al limite della significatività, del minore coefficiente riscontrato nelle faggete in primavera. L'incremento di attività mineralizzante nel suolo di bosco misto si verifica anche per l'azoto; il valore massimo di attività nitrificante potenziale, infatti, è stato riscontrato sotto questa copertura forestale (Fig. 1) e tale valore si stacca significativamente, già dopo 5 giorni di incubazione, da quello dei suoli di faggeta ed abetina. Questi ultimi mostrano nel complesso una cinetica più lenta e, nel confronto interno, non significativamente diversa. Un approfondimento di indagini svolto all'interno delle tre faggete ha mostrato che la stazione Casette di Giogo, la cui vegetazione, analizzata con i criteri IN-DEFO, è risultata danneggiata da deposizioni acide (classe di danno 2), si stacca significativamente dalle altre per l'elevata attività nitrificante (Fig. 2); questo risultato alquanto sorprendente (in quanto la nitrificazione è considerata l'attività del suolo

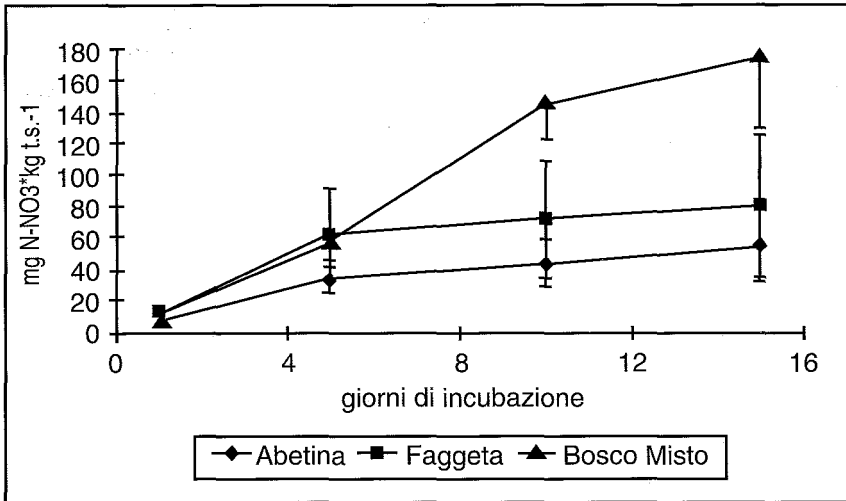


Fig. 1 - Attività nitrificante del suolo (espressa in mg di N-NO₃) delle diverse coperture forestali. Nel grafico sono riportate le barre dell'errore standard.

Fig. 1 - Soil nitrifying activity (mean values expressed as NO₃-N mg and standard errors) under the different forest stands.

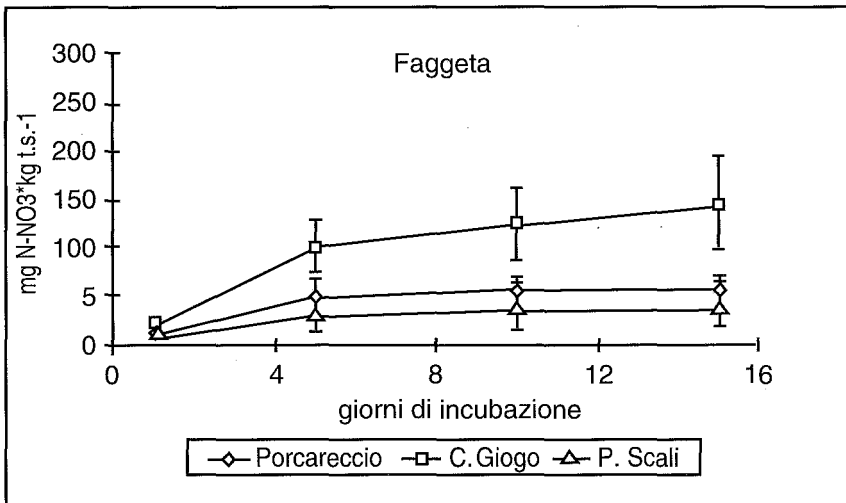


Fig. 2 - Andamento dell'attività nitrificante potenziale del suolo all'interno delle tre stazioni sotto faggio. Per ogni media è riportata la deviazione standard.

Fig. 2 - Comparison of potential nitrification trends in soil samples of three beech-wood stands. Mean values are reported with standard deviations.

che può maggiormente risentire dell'acidità indotta, Bitton et al., 1985) può trovare una spiegazione e una conferma indiretta nelle analisi della porosità, ricordando che la nitrificazione è un processo aerobio e come tale è favorita in un suolo ben aerato. Infatti l'esame della porosità del suolo condotto nelle tre faggete, ha evidenziato un valore più elevato di questo indice proprio a Casette di Giogo, con differenze notevoli rispetto alle altre due stazioni (Tab. 3); nel complesso si è ottenuta una elevata correlazione fra porosità ed attività nitrificante del suolo ($r = 0,998$). Il valore di porosità della stazione di Poggio Scali è risultato molto variabile nelle quattro repliche di campionamento: due quadranti in cui la porosità è circa il 30%, valore normale per un suolo forestale (Pagliai, 1988), contrapposti agli altri due caratterizzati da fase più erosa del suolo, con porosità del 10%; questo valore, decisamente basso per un suolo forestale, può essere causato essenzialmente da fenomeni erosivi o dal calpestio della fauna selvatica, dato che la stazione si trova nella riserva integrale di Sasso Fratino, rigorosamente esclusa da interventi umani. Per la stazione di Porcareccio la porosità del suolo è del 21% nei primi 10 cm di profondità e scende al 12% tra 20-30 cm; questa situazione è giustificabile analizzando la storia di questa faggeta, sottoposta a taglio ceduoato fino agli anni '50 e quindi soggetta a rischio di compattamento per il calpestio operato dall'uomo.

Per gli altri parametri del ciclo dell'azoto non si hanno variazioni significative legate ai soprassuoli; il contenuto di nitrati

Tab. 3 - Attività nitrificante potenziale del suolo delle faggete (nitrati sviluppati dopo 15 giorni di incubazione) e porosità del suolo, espressa come percentuale di area occupata dai pori maggiori di 50 μm per sezione sottile. Per ogni valore è riportata la deviazione standard.

Tab. 3 - *Potential nitrifying activity of beech-wood soil (expressed as nitrate produced during 15 incubation days and porosity of the same soils, expressed as percentage of thin section area filled by pores greater than 50 μm . For each value standard deviation is reported.*

	Classe di danno INDEFO	Attività nitrificante $\text{mgN-NO}_3\cdot\text{kg t.s.}^{-1}$	Porosità del suolo %
Porcareccio	1	54.46 ± 15.5	21.7 ± 3.6
Casette Giogo	2	143.9 ± 46.2	31.9 ± 3.8
Poggio Scali	1	40.26 ± 22.3	19.2 ± 11.5

è risultato estremamente variabile fra le stagioni ma omogeneamente distribuito sotto le diverse coperture (Fig. 3). L'attività denitrificante potenziale, calcolata solo nell'autunno '92, è risultata ancora una volta più elevata nei campioni di suolo dei boschi misti anche se non in modo statisticamente significativo a causa dell'elevata variabilità fra le quattro stazioni considerate per questa copertura forestale (Tab. 4).

Ulteriori considerazioni sulle variazioni dell'attività denitrificante possono essere tratte dall'esame della correlazione tra questo indice e il contenuto di carbonio organico del suolo ($r = 0.71$) che conferma, anche in questo caso, come il processo di denitrificazione sia strettamente legato alla quantità di sostanza organica presente nel suolo (Arcara e Cherubini, 1992). Considerando che nel complesso i valori di sostanza organica nei suoli analizzati sono piuttosto elevati, i nostri risultati sembrano concordare con le affermazioni di Persson (1989) che giustificano l'assenza di alterazioni dell'attività microbica del suolo sottoposto a deposizioni acide quando nel suolo possa esplicarsi l'azione tamponante di abbondante sostanza organica.

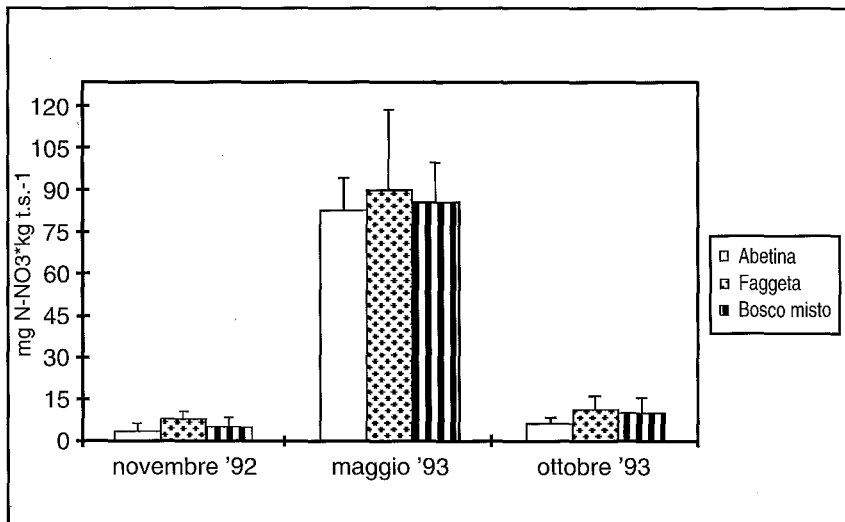


Fig. 3 - Contenuto di nitrati nel suolo delle diverse coperture forestali e sue variazioni stagionali. Nel grafico è riportato il valore dell'errore standard della media.

Fig. 3 - Soil nitrate content and its seasonal variations under the different forest stands. Mean values are reported with standard deviations.

Tab. 4 - Valore medio ed errore standard della denitrificazione potenziale, misurata in ambiente anaerobio con aggiunta di NO_3 , nei campioni di suolo dei tre tipi di foreste considerate.

Tab. 4 - *Mean value and standard error of denitrification potential, measured in anaerobic environment with added nitrate, in the soil samples of examined forest stands.*

Stazioni	Denitrificazione potenziale $\text{mg N-N}_2\text{O}^*24\text{h}^{-1}*\text{kg t.s.}^{-1}$
Abetina	2.350 ± 1.39
Faggeta	3.274 ± 1.70
Bosco misto	4.277 ± 2.80

Conclusioni

La mineralizzazione dell'azoto ed ancor più quella del carbonio, risultano influenzate dal soprassuolo e nel bosco misto si riscontra generalmente un innalzamento di tali attività. L'apparente omogeneità dell'attività microbica riscontrata nei suoli di faggeta e di abetina può risultare sorprendente, visto il diverso apporto qualitativo e quantitativo di sostanza organica al suolo derivante dalle due diverse coperture, ma può trovare una spiegazione osservando la posizione altimetrica di questi boschi, essendo le faggete collocate su crinali di alta quota e sottoposte a condizioni climatiche più rigide e più sfavorevoli ai processi microbiologici del suolo. Nel complesso il suolo delle stazioni forestali esaminate non ha presentato riduzioni dell'attività microbica che possano essere attribuite al fenomeno delle deposizioni acide, anche in quelle stazioni dove è stato riscontrato un effettivo danneggiamento della vegetazione. La capacità nitrificante del suolo di faggeta è risultata invece correlata positivamente con il grado di porosità.

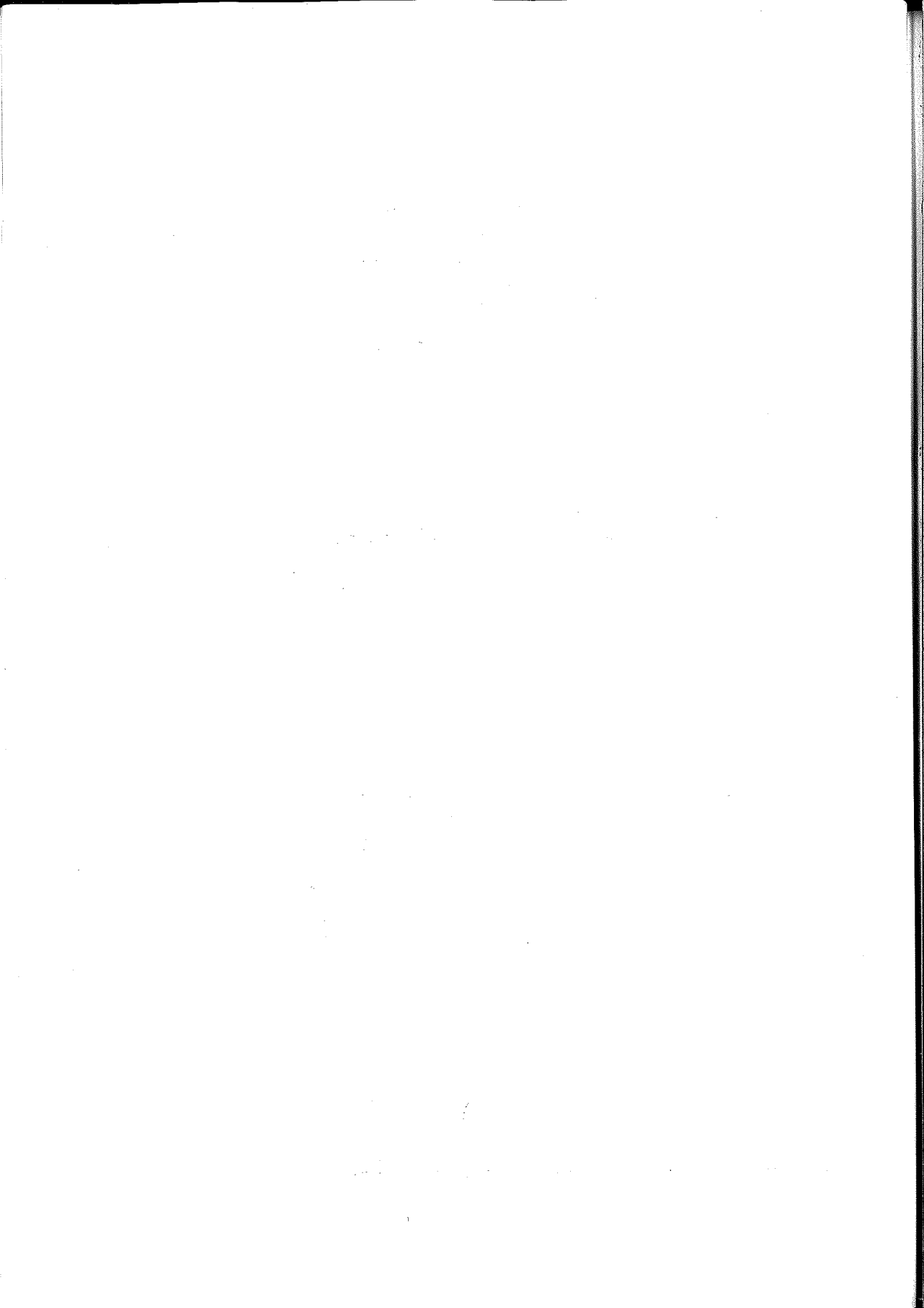
Ringraziamento

Gli autori ringraziano vivamente l'Amministrazione delle Riserve Naturali Casentinesi per la preziosa collaborazione fornita. Un particolare ringraziamento viene espresso al prof. G. Padula per la disponibilità dimostrata e il sostegno offerto nello svolgimento delle indagini.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ARCARA P.G. (1988): *La valutazione delle perdite di N₂O dal suolo*. Giornate di studio sull'analisi del suolo, S.I.S.S. - Unichim ed., Verona; 353-362.
- 2) ARCARA P.G., CHERUBINI P. (1992): *Aspetti pedologici: caratteri ecofisiologici e perdite gassose di azoto*. Atti Convegno "Le riserve casentinesi". Bologna, 18 Novembre 1992.
- 3) BAATH E., LUNDGREN B., SÖDERSTRÖM B. (1984): *Fungal populations in podzolic soil experimentally acidified to simulate acid rain*. Microb. Ecol., 10: 197-204.
- 4) BEWLEY R.J.F., STOTZKY G. (1983): *Simulated acid rain, sulfuric-acid and microbial activity in soil*. Soil Biol. Biochem., 15: 425-430.
- 5) BITTON G., BYERS G.E. (1985): *Effect of acid precipitation on soil microbial activity; I. Soil core studies*. J. Environ. Qual., 14: 66-69.
- 6) BITTON G., VOLK B.G., BOSSART J.M., BOYLAN R.A., BYERS G.E. (1985): *Effect of acid precipitation on soil microbial activity; II. Field studies*. J. Environ. Qual., 14: 69-71.
- 7) D'AMICO C. (1992): *L'inventario dello stato sanitario delle riserve casentinesi*. Atti Convegno "Le riserve casentinesi". Bologna, 18 Novembre 1992.
- 8) DOMMERMUES Y. (1960): *La notion de coefficient de mineralisation du carbone dans le sols*, L'Agronomie tropical XV, 1; 54-60.
- 9) EDWARDS N.T. (1982): *The use of soda-lime for measuring respiration rates in terrestrial systems*. Pedobiologia 23, 321-390.
- 10) FRANCIS A.J. (1982): *Effects of acid precipitation and acidity on soil microbial processes*. Water, Air, Soil Poll., 18: 375-394.
- 11) FRITZE H. (1991): *Effects of environmental pollution on forest soil microflora*. Academic dissertation in general microbiology. Faculty of Science. University of Helsinki.
- 12) JOHNSON D.W., TODD D.E. (1984): *Effect of acid irrigation on carbon dioxide evolution, extractable nitrogen, phosphorus, and aluminum in deciduous forest soil*. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 664-666.
- 13) MOLONEY K.A., STRATTON L.J., KLEIN R.M. (1983): *Effects of simulated acidic, metal-containing precipitation on coniferous litter decomposition*. Can. J. Bot., 61: 3337-3342.
- 14) PAGLIAI M. (1988): *Soil porosity aspects*. Int. Agrophys., 4: 215-232.
- 15) PAGLIAI M., LA MARCA M., LUCAMANTE G., GENOVESE L. (1983): *Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in varticulite under zero and conventional tillage*. J. Soil Sci., 34: 391-403.

- 16) PAGLIAI M., LA MARCA M., LUCAMANTE G., GENOVESE L. (1984): *Effects of zero and conventional tillage on the length and irregularity of elongated pores in a clay loam soil under vaticulite*. Soil Tillage Res., 4: 433-444.
- 17) PERSSON T., LUNDKVIST H., WIREN A., HYVONEN R., WESSEN B. (1989): *Effects of acidification and liming carbon and nitrogen mineralisation and soil organisms in mor humus*. Water Air Soil Poll., 45: 77-96.
- 18) WILL M.E., GRAETZ D.A., ROOF B.S. (1986): *Effect of simulated acid precipitation on soil microbial activity in a typic quartzipsamment*. J. Environ. Qual., 15: 399-403.
- 19) WOLTERS V., SCHAEFER M. (1994): *Effects of acid deposition on soil organisms and decomposition processes*. In: *Effects of acid rain on forest processes*, pp. 83-127. Wiley-Liss, Inc.
- 20) YEOMANS J.C., BREMNER J.M. (1988): *A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil*. Comm. in Soil Sci. Plant Anal., 19: 1467-1476.



GLI HUMUS FORESTALI DELLE FAGGETE E ABIETI-FAGGETE DEL TRENTO: METODOLOGIA D'INDAGINE E RISULTATI PRELIMINARI

MARIA S. CALABRESE¹, GIANNI NICOLINI¹, GIACOMO SARTORI¹,
AUGUSTO ZANELLA²

¹ Centro di Ecologia Alpina Viote del Monte Bondone.

² Dipartimento Territorio e Sistemi Agro Forestali - Università di Padova.

Riassunto

Nell'ambito di una ricerca sugli humus forestali del Centro di Ecologia Alpina Viote del Monte Bondone sono state campionate le faggete ed abieti-faggete selvicolturalmente più rappresentative del Trentino centro-occidentale. Nella presente comunicazione si illustrano la metodologia d'indagine e i risultati preliminari. Si descrivono, in particolare, le forme di humus che dominano nelle formazioni forestali studiate, in relazione ai differenti tipi di suolo, a loro volta in stretta connessione con il substrato litologico. La simultanea applicazione dei sistemi di classificazione proposti rispettivamente da Green et al. (1993) e dal Référentiel Pédologique (A.F.E.S., 1995) ha messo in luce i pregi ed i limiti di ciascuno relativamente agli ambienti alpini considerati.

Parole chiave: humus forestali, classificazione humus, suoli forestali, faggete, Trentino.

Summary

Beech and beech-fir forest humus of Trentino (Italy) investigation: methodology and preliminary results.

In the framework of a study on forest humus of the Centro di Ecologia Alpina (Trento, Italy) in the Trento Province, the most representative beech and beech-fir forests of western-central Trentino have been studied. In the present report, the methodology and preliminary results of the research are

presented. In particular the humus forms which are dominant in the forest stands under study are described, in relation with the different soil types, which in their turn are strictly related to the lithological substrate. The simultaneous application of both the Référentiel Pédologique and the Green's systems of classification revealed their respective advantages and disadvantages in the alpine environments.

Key words: forest humus, humus classification, forest soils, beech stand, Trentino.

Premessa

Il Centro di Ecologia Alpina in collaborazione con il Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università degli Studi di Padova ha in corso una ricerca sugli humus delle principali formazioni forestali della provincia di Trento.

Obiettivi di tale studio sono:

- 1) l'inventario delle principali forme di humus che caratterizzano le tipologie forestali preminenti nella provincia di Trento, in relazione ai fattori stazionali, climatici e geopedologici;
- 2) la redazione di un manuale per il riconoscimento in campagna degli humus, indirizzato al personale forestale, agli assessori, agli ecologi e a quanti necessitano per la loro attività di giungere ad una definizione completa dell'ecosistema forestale;
- 3) la caratterizzazione biochimica della materia organica del suolo con particolare riguardo agli aspetti funzionali.

Nel primo anno di lavoro si è concentrata l'attenzione sulle faggete, sulle abieti-faggete e sulle abetine, che occupano nell'insieme circa il 34% della superficie forestale provinciale, la quale copre complessivamente circa il 50% del territorio provinciale (Piano Generale Forestale, Provincia Autonoma di Trento, 1992). In queste note si illustrano la metodologia d'indagine ed i risultati preliminari, e più in particolare la definizione delle forme di humus che dominano nelle formazioni forestali studiate.

Materiali e metodi

Metodologie di rilevamento e di analisi

Nel primo anno di lavoro sono stati eseguiti 36 rilevamenti completi: 15 in faggeta e 21 in formazioni miste (faggio, abete

bianco, abete rosso). Tali rilievi sono situati all'interno di una fascia che dalla porzione più settentrionale della Val di Non si spinge verso Sud fino al Monte Baldo, al confine con il Veneto (Fig. 1). Il clima di tale zona pur presentando una forte variabilità determinata dall'estrema complessità della morfologia, è sub-continentale, dal punto di vista termico, mentre il regime pluviometrico annuo è di tipo padano-prealpino o di transizione con quello nettamente continentale delle valli più interne (Gandolfo, 1993; Gafta, 1994).

Il substrato è costituito prevalentemente da rocce calcareo-dolomitiche mesozoiche e cenozoiche, con diffuse coperture glaciali würmiane a litologia mista del ghiacciaio atesino (A.A.V.V., Carta Geologica d'Italia 1:100.000, 1968). La Val di Cembra è costituita, invece, da rocce effusive permiane (rioliti e riodaciti) della piattaforma porfirica atesina, interessate da frequenti coperture fluvio-glaciali quaternarie.

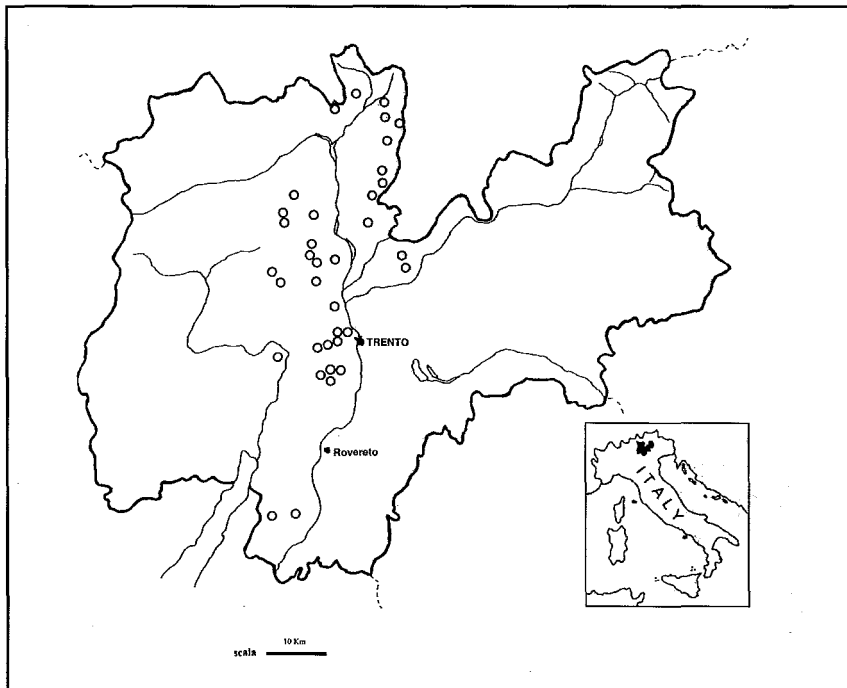


Fig. 1 - Distribuzione dei punti di rilievo.

Fig. 1 - Map of the distribution of the studied sites.

La scelta delle stazioni è stata effettuata tenendo conto congiuntamente degli aspetti morfologici, pedologici, vegetazionali e selvicolturali (Becker, 1985; Brâthes, 1989; Dumé, 1984). Ciascun popolamento forestale è stato considerato campionabile solo se omogeneo, per quel che riguarda i quattro aspetti summenzionati. La superficie dell'area campione, in accordo con lavori svolti sull'argomento, (Lowe et al., 1987; Pojar et al., 1987; Qian et al., 1995), è stata considerata pari ad almeno 400 mq.

La caratterizzazione della stazione è stata eseguita mediante:

1) apertura, descrizione (Sanesi, 1977) e campionamento del profilo pedologico;

2) descrizione dell'humus in corrispondenza del profilo pedologico (Klinka et al., 1981) e in altri punti (2-6) dell'area campione (Qian et al., 1995);

3) descrizione dello strato arboreo e valutazione della copertura arborea in corrispondenza del profilo (Semenzato, Cattaneo, 1992);

4) rilevamento della vegetazione arbustiva ed erbacea (specie e copertura).

Per l'analisi statistica dei rilievi floristici si è utilizzato il programma "Anaphyto" messo a punto da J.-P. Briane del laboratorio di Biologia Vegetale dell'Università di Paris XI (Centro Scientifico di Orsay). Ai fini della nomenclatura degli orizzonti organici e dell'inquadramento tassonomico degli humus si sono adottati sia la classificazione proposta da Green et al. (1993) che lo schema proposto dal Référentiel Pédologique (A.F.E.S., 1995). Nella scheda di campagna si sono riportate entrambe le notazioni degli orizzonti.

Risultati

La vegetazione

In Fig. 2 sono rappresentati i 36 rilievi floristici nel piano degli assi 1-3 dell'analisi fattoriale. Si nota l'allontanamento sull'asse 1 dei tre rilievi corrispondenti alla faggeta calcifila e termofila (Gruppo A). Sull'asse 3 si distinguono: i gruppi B e C, rispettivamente faggeta ed abieti-faggeta neutrofile e submontane; il gruppo D, abieti-faggeta montana neutrofila di larga amplitudine, da calcifila ad acidocline; i gruppi E₁ ed E₂, rispettivamente faggeta ed abieti-faggeta acidofile.

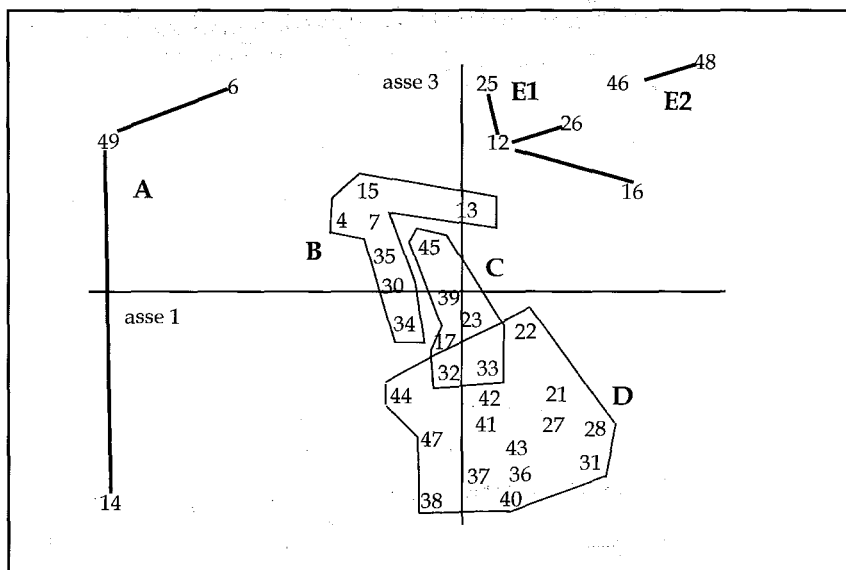


Fig. 2 - Disposizione dei rilievi floristici sul piano 1-3 dell'AFC.

Gruppi di rilievi: **A** - faggete calcifile e termofile; **B** - faggete mesofile submontane; **C** - abieti-faggete mesofile submontane; **D** - abieti-faggete mesofile montane a larga amplitudine; **E₁** - faggete acidofile; **E₂** - abieti faggete acidofile.

Fig. 2 - Distribution of the floristic lists in the AFC 1-3 axial plane.

Groups of lists: **A**-chalcophile and thermophile beech forests; **B**-mesophile, submontane beech forests; **C**-mesophile, submontane, fir-beech forests; **D**-wide-spread, montaine, mesophile fir-beech forests; **E₁**-acidophile beech forests; **E₂**-fir-beech acidophile forests.

Con un campionamento così debole (36 rilievi) è difficile essere precisi nell'assegnazione delle fitocenosi censite a delle sicure unità sintassonomiche. Possiamo notare però come le tre alleanze chiave dell'ordine delle Fagetalia sylvaticae Pawl. in Pawloski 28 siano qui ben rappresentate:

- il Cephalanthero-Fagion Tx 55 con il Carici albae-Fagetum Rübel ex Moor 1952 em. Lohm. 1953 delle faggete termofile e calcifile del gruppo A;

- il Fagion sylvaticae Tx e Diemont 36 con il Dentario pentaphylli-Fagetum Mayer e Hofmann 1969 ed il Galio odorati-Fagetum Rübel ex Sougnez e Thill 1959 (gruppo B: faggete neutrofile) e le corrispondenti associazioni delle abieti-faggete neutrofile submontane (gruppo C: Cardamino pentaphylli-Abiete-

tum Mayer 1974 e Galio odorati-Abietetum Gafta 1994) e montane (gruppo D: Adenostylo glabrae-Abietetum Mayer e Hofmann 1969, Galio odorati-Abietetum Gafta 1994 e Luzulo niveae-Abietetum Gafta 1994);

- il Luzulo-Fagion Lohmer e Tx i Tx 54 em. Rivas-Martinez e altri 1991 con il Luzulo niveae-Fagetum Elleberg e Klötzli 1972 (gruppo E₁: Faggete acidofile) ed il Vaccinio-Abietetum Oberdorfer 1957 (gruppo E₂: abieti-Faggete acidofile).

Suoli ed humus (in relazione ai diversi tipi vegetazionali)

Dall'osservazione dei gruppi scaturiti dall'analisi floristica (Fig. 2), così come dalle numerose osservazioni speditive effettuate, emergono alcune prime relazioni tra associazioni vegetali, suoli e forme di humus. Tali relazioni, che verranno verificate ed ulteriormente studiate nei prossimi rilievi, sono di seguito riassunte utilizzando, per quanto riguarda gli humus, la terminologia del Référentiel Pédologique (A.F.E.S., 1995).

Le faggete termofile e mesofile sono presenti, nell'area indagata, principalmente su substrato calcareo (roccia in posto, coluvi, accumuli glaciali). I suoli sono prevalentemente dei bruni calcarei (Calcaric Phaeozems; FAO, 1990) moderatamente profondi, con pietrosità da moderata ad abbondante. Tali suoli possono essere, in particolare nelle zone dove le precipitazioni sono più abbondanti, decarbonatati in A. Su calcari marnosi (es. Scaglia Rossa cretacea), e specialmente dove le piovosità sono più elevate (es. Monte Baldo), si ha un orizzonte Bw integralmente decarbonatato, e un A neutro o anche subacido: suoli bruni calcici. Per quanto riguarda gli humus, in tutte queste faggete dominano gli Amphimull (Mullmoder; Green et al., 1993). Essi hanno in genere spessori limitati tanto di OF quanto di OH (complessivamente minori di 5 cm) e passaggio progressivo tra l'orizzonte OH e l'orizzonte A.

Nelle abieti-faggete submontane e montane su substrato calcareo i suoli sono tipicamente decarbonatati nell'orizzonte A o, più spesso, nella porzione superiore dello stesso: suoli bruni calcarei (Calcaric Phaeozems) decarbonatati in superficie. Su calcari marnosi, analogamente a quanto osservato per le formazioni precedenti, si hanno suoli bruni calcici.

Nelle abieti-faggete submontane dominano gli Amphimull (Mullmoder) nei suoli carbonatati, mentre in quelli decarbona-

tati in superficie gli humus variano dagli Oligomull agli Amphimull (dai Vermimull ai Mullmoder), in relazione alle diverse condizioni stazionali. Gli Amphimull (Mullmoder) hanno di solito spessori complessivi di OF e OH ridotti, contenuti entro i 5 cm.

Nelle abieti-faggete montane si assiste ad una netta prevalenza degli Amphimull (Mullmoder), sia in suoli privi di carbonati nel topsoil, più frequenti (suoli bruni calcici e bruni calcarei decarbonatati in A), sia in suoli provvisti di carbonati (suoli bruni calcarei, suoli umocalcarei, suoli bruni lisciviati ricarbonatati). Gli spessori complessivi di OF e OH sono elevati (sempre maggiori di 4 cm). In tali Amphimull è inoltre di solito presente un orizzonte OF caratterizzato da abbondanza di miceli fungini (OFc; Fa secondo Green et al., 1993).

Sui detriti di falda calcarei grossolani, caratterizzati da pendenze elevate e molto elevate si ritrovano, invece, sia nelle faggete che nelle abetine, dei suoli umocalcarei (Duchaufour, 1983) (Calcaric Phaeozems). L'orizzonte A, biomacrostrutturato e carbonatato, è molto profondo (da 50 fino a 75 cm), molto scuro, con coproliti di lombrico abbondanti. Gli humus sono sempre degli Amphimull (Mullmoder), con spessori molto elevati degli orizzonti olorganici (maggiori di 8 cm); sovente gli orizzonti OF e OH raggiungono nel complesso 10 cm di spessore. In tali orizzonti prevale di solito l'attività della pedofauna, mentre l'attività fungina è moderata.

Nelle faggete e abieti-faggete montane e submontane poste su materiali glaciali a litologia mista carbonatica/silicata, più diffusi in corrispondenza di morfologie subpianeggianti o poco acclivi (Sartori et al., 1997b), dominano invece dei suoli bruni lisciviati eutrici (Chromic e Haplic Luvisols). Alle quote più basse, e dove prevalgono le latifoglie (faggeta mesofila), più diffusa è la forma di humus Mésomull (Vermimull). Dove invece dominano le resinose e/o alle quote più alte, si trovano dei Dymull (Vermimull) e degli Oligomull (Vermimull). La variabilità è legata soprattutto agli spessori degli orizzonti organici e, in particolare, dell'orizzonte OF. Quest'ultimo può raggiungere, in certi casi i 4 cm, e si può osservare la sporadica presenza di un sottile OH. Si trovano Amphimull (Mullmoder) dove tali suoli lisciviati sono ricarbonatati (ricarbonatazione secondaria legata a rimaneggiamenti antropici o ringiovanimenti per fenomeni erosivi).

Le faggete e le abetine su rocce silicate (rioliti, filladi, gneiss, micascisti e granodioriti) in posto o anche di rimaneggiamento glaciale, si distinguono nettamente dalle tipologie precedente-

Tab. 1 - Riepilogo ripartizione dei suoli e degli humus in rapporto ai tipi vegetazionali.

Tab. 1 - Soil and humus forms with respect to different stands.

Popolamento (Unità fitosociologiche)	Substrato/morfologia	Suoli (FAO, 1990)	Humus R.P., 1995 (Green et al., 1993)
<i>Materiali calcarei</i>			
Faggeta termofila (Gruppo A)	Colluvi, frane, roccia in posto	Bruni calcarei (<i>Calcaric Phaeozems</i>)	<i>Amphimull</i> con OF e OH poco spessi (<i>Mullmoder</i>)
	Detriti di falda	Umocalcarei (<i>Calcaric Phaeozems</i>)	<i>Amphimull</i> con OF e OH spessi, A profondo e umico (<i>Mullmoder</i>)
Faggeta mesofila submontana (Gruppo B)	Colluvi, frane, roccia in posto	Bruni calcarei (<i>Calcaric Phaeozems</i>) Bruni calcici (<i>Haplic Phaeozems</i> ; <i>Eutric Cambisols</i>)	da <i>Amphimull</i> a <i>Mésomull</i> (da <i>Mullmoder</i> a <i>Vermimull</i>)
	Detriti di falda	Umocalcarei (<i>Calcaric Phaeozems</i>)	<i>Amphimull</i> con OF e OH spessi, A profondo e umico (<i>Mullmoder</i>)
Abietti-faggeta submontana mesofila (Gruppo C)	Colluvi, frane, roccia in posto	Bruni calcarei decarbonati in A (<i>Calcaric Phaeozems</i>) Bruni calcici (<i>Calcaric Phaeozems</i> ; <i>Eutric Cambisols</i>)	da <i>Oligomull</i> ad <i>Amphimull</i> (<i>Vermimull</i>)
		Bruni calcici (<i>Calcaric Phaeozems</i>)	<i>Amphimull</i> (<i>Mullmoder</i>)
	Detriti di falda	Umocalcarei (<i>Calcaric Phaeozems</i>)	<i>Amphimull</i> con OF e OH spessi, A profondo e umico (<i>Mullmoder</i>)
Abietti-faggeta montana (Gruppo D)	Colluvi, frane, roccia in posto Detriti di falda	Bruni calcarei decarbonati in A (<i>Calcaric Phaeozems</i>) Bruni calcici (<i>Haplic Phaeozems</i> ; <i>Eutric Cambisols</i>) Umocalcarei (<i>Calcaric Phaeozems</i>)	<i>Amphimull</i> con OF (in genere OFc) e OH spessi (<i>Mullmoder</i>)

(Segue) **Tab. 1** - Riepilogo ripartizione dei suoli e degli humus in rapporto ai tipi vegetazionali.

(Segue) **Tab. 1** - *Soil and humus forms with respect to different stands.*

Popolamento (Unità fitosociologiche)	Substrato/morfologia	Suoli (FAO, 1990)	Humus R.P., 1995 (Green et al., 1993)
---	----------------------	-------------------	--

Depositi glaciali a litologia mista

Faggeta acidofila (Gruppo E ₁)	Materiali glaciali carbonatici/silicati	Bruni lisciviati eutrici (<i>Chromic Luvisols</i>)	<i>Mésomull (Vermimull)</i>
Abieti-faggeta acidofila (Gruppo E ₂)	Materiali glaciali carbonatici/silicati	Bruni lisciviati eutrici (<i>Chromic Luvisols</i>) Bruni lisciviati ricarbonatati (<i>Chromi-calcaric Luvisols</i>)	<i>Oligomull/Dysmull (Vermimull)</i> <i>Amphimull (Mullmoder)</i>

Materiali silicati

Faggeta acidofila (Gruppo E ₁)	Colluvi, frane, roccia in posto	Bruni ocrici (<i>Dystric Podzols</i>) Podzolici (<i>Haplic Podzols</i>)	<i>Dysmoder (Mormoder)</i>
Abieti-faggeta acidofila (Gruppo E ₂)	Colluvi, frane, roccia in posto	Ocra podzolici (<i>Cambic Podzols</i>) Podzolici (<i>Haplic Podzols</i>)	<i>Mor (Humimor)</i>

mente descritte sia per quanto riguarda i suoli che per le forme di humus. I suoli variano con il clima, in stretta dipendenza con la quota, da bruni ocrici a podzolici (Sartori et al., 1997a): Dystrisporadic Cambisols, Cambic e Haplic Podzols. Dalle prime osservazioni, ancora parziali, sembrerebbe esservi una dominanza dei Dysmoder (Mormoder) nelle faggete e dei Mor (Humimor) nelle abetine.

Prime considerazioni sull'impiego dei sistemi di classificazione di Green e del Référentiel Pédologique

Entrambi i sistemi di classificazione impiegati nel presente lavoro si riferiscono ad ambienti climaticamente molto differenti dalla nostra area di studio, tipicamente alpina. Il sistema francese, in particolare, è stato messo a punto per le forme di humus di pianura e di bassa montagna, in ambienti non mediterranei (Jabiol et al., 1996). L'esperienza fin qui acquisita ci consente di fare alcune prime osservazioni.

La tassonomia di Green all'interno dell'ordine Mull distingue solo due gruppi: Vermimull e Rhizomull, contraddistinti rispettivamente da una aggregazione granulare (prevalente attività animale) o poliedrica subangolare (abbondanza di radici fini). Le osservazioni eseguite mostrano che in bosco sono rare le forme attribuibili ai Rhizomull (bosco rado, fitto tappeto di graminoidi). Nei Vermimull vengono invece a ricadere forme di humus differenti per spessore degli orizzonti olorganici (e quindi per efficienza nella decomposizione della lettiera), per il pH e per il tasso di saturazione in basi.

Le forme di humus corrispondenti alle tradizionali definizioni di "moder calcico o carbonatato" (Delecour, 1980), di "humus gemellare zoogenico" (Hartmann, 1970) e quella più recente di "mull a lettiera spessa" (Berthelin et al., 1994) vengono attribuite nel recente sistema francese agli Amphimull. Le osservazioni eseguite hanno però messo in luce che il gruppo degli Amphimull è molto eterogeneo, comprendendo humus con spessori ed importanza relativa degli orizzonti olo ed emiorganici anche molto differenti. Come suggerito dagli Autori stessi (Jabiol et al., 1994), sarebbe quindi auspicabile una differenziazione all'interno di tale raggruppamento. Quest'ultima potrebbe essere basata su aspetti morfologici quali: il rapporto tra lo spessore complessivo di F e H e quello di A, il rapporto tra lo spes-

sore complessivo di F e H e quello di H, o ancora sulla presenza di miceli fungini all'interno degli orizzonti olorganici.

Gli Amphimull del Référentiel Pédologique ricadono nella grande maggioranza dei casi nel gruppo dei Mullmoder di Green. La relativa abbondanza di miceli fungini (per altro non sempre facilmente valutabile in campagna) e la struttura "matted" nell'orizzonte F (Fa) fa sì che alcuni Amphimull siano, invece, classificati come Mormoder. Rientrano nei Mormoder, in particolare, anche humus forniti di un A con evidente attività di anellidi (biomacrostrutturato), anche di notevole spessore. Sembra invece più aderente ai caratteri funzionali l'introduzione di un nuovo gruppo che, pur essendo caratterizzato dalla presenza di attività fungina in F, sia dotato di un Ah ben espresso (in analogia al criterio diagnostico adottato per la distinzione tra Leptomoder e Mullmoder).

Il Référentiel Pédologique definisce tre tipi di orizzonte A: "biomacrostrutturato", "di giustapposizione" e "di diffusione". Per la distinzione tra Moder e Mor vengono adottati come criteri diagnostici il tipo di orizzonte A ed il tipo di limite tra OH ed A: orizzonte A di giustapposizione e transizione graduale per i Moder; orizzonte A assente o di diffusione, con transizione abrupta da OH a A per i Mor. Come rilevato dagli stessi autori (Jabiol et al., 1994), tali criteri consentono una sicura attribuzione nei casi estremi, mentre nelle situazioni intermedie lasciano spazio alla soggettività. È il caso, per esempio, dei suoli bruni ocrici con un sottile orizzonte A di giustapposizione e passaggio abrupto tra OH ed A, ovvero con orizzonte di diffusione e passaggio graduale.

Conclusioni

Dai dati preliminari sopra esposti emerge che su rocce silicate (rioliti, riolaciti, filladi, micascisti, granodioriti,) si hanno sempre suoli che mostrano, in relazione con il clima, e quindi con l'altitudine, delle evidenze più o meno marcate di podzolizzazione. Gli humus, sempre in relazione al clima e all'abbondanza di resinose, variano, secondo il Référentiel Pédologique, da Dysmoder (Mormoder, Leptomoder; Green et al., 1993) a Mor (Mormoder, Humimor; Green, 1993).

Su rocce carbonatiche predominano, invece, suoli bruni calcarei e, subordinatamente, suoli rendziniformi. Solo su calcari marnosi, e in particolare nelle zone più piovose, si hanno dei

suoli bruni calcici. Le faggete termofile e mesofile hanno per lo più suoli carbonatati in tutto il profilo, con humus Amphimull (Mullmoder; Green et al, 1993). Nelle abieti-faggete submontane prevalgono le forme di humus Mullmoder nei suoli carbonatati, mentre in quelli decarbonati nel topsoil gli humus variano da Oligomull ad Amphimull (da Vermimull a Mullmoder; Green et al, 1993). Nelle abieti-faggete montane dominano invece, anche nei suoli decarbonatati in superficie, gli Amphimull (Mullmoder; Green et al, 1993) di spessore notevole.

Sui detriti di versante grossolani carbonatici dominano dei suoli umocalcarei, caratterizzati da un humus tipo Amphimull (Mullmoder; Green et al, 1993).

Sui substrati glaciali a litologia mista carbonatica-silicata dominano invece dei suoli bruni lisciviati eutrici. Alle quote più basse, dove prevalgono le latifoglie, si hanno dei mull acidi: Mésomull, (Vermimull; Green et al, 1993); dove sono presenti delle resinose e/o alle quote più alte prevalgono invece dei mull con un turnover meno veloce: Dysmull e Oligomull (Vermimull; Green et al, 1993).

Ciascuno dei due sistemi di classificazione degli humus impiegati si è rivelato efficace nella definizione di determinate forme di humus e lacunoso nei confronti di altre, non distinguendo forme di humus morfologicamente molto diverse tra loro, o lasciando spazio alla soggettività. Né il sistema francese né quello statunitense, in altre parole, si sono dimostrati perfettamente idonei, nella loro forma attuale, per una prima e oggettiva classificazione in campagna degli humus degli ambienti studiati. Le relazioni tra i due sistemi, inoltre, non sono immediate, e in certi casi non univoche.

L'elaborazione dei dati climatici, attualmente in corso, permetterà di chiarire in maniera più approfondita l'influenza del clima sulla pedogenesi, sulla vegetazione e sulla dinamica dell'humus, e di meglio comprendere le interrelazioni tra i diversi fattori. Le analisi biochimiche degli orizzonti organici e organo-minerali, in corso presso l'Università di Padova (Dipartimento Territorio e Sistemi Agro Forestali e Dipartimento di Biotecnologie Agrarie), e quelle microbiologiche, consentiranno di chiarire determinati aspetti funzionali delle diverse forme di humus studiate (Nardi et al., 1986; Concheri et al., 1994). Nel corso del 1996 la ricerca verrà estesa anche al Trentino orientale prendendo in considerazione, sempre nell'ambito delle faggete ed abieti-faggete, anche altre tipologie.

BIBLIOGRAFIA

- 1) A.F.E.S. (1995): *Référentiel pédologique*. I.N.R.A., Paris.
- 2) AUTORI VARI (1968): *Carta geologica d'Italia*, Foglio 21. Trento, scala 1:100.000.
- 3) BECKER M. (1985): *Démarche méthodologique préconisée pour la typologie des stations forestières*. Colloques phytosociologiques, XIV: 299-311, Nancy.
- 4) BERTHELIN C., LEYVAL C., TOUTAIN F. (1994): *Biologie des sols: rôle des organismes dans l'altération et l'humification*. In: Bonneau M., Souchier B. *Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol*. Masson, Paris.
- 5) BRETHES A. (1989): *La typologie des stations forestières*. Rev. For. Fr., XLI, 1: 7-27.
- 6) CONCHERI G., NARDI S., PICCOLO A., DELL'AGNOLA G., RASCIO N. (1994): *Effects of humic fractions on morphological changes related to invertase and peroxidase activities in wheat seedling roots*. In: Eds Senesi N., Miano T.M., *Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health*. Elsevier Science B.V. Amsterdam, pp. 257-262.
- 7) DELECOUR F. (1980): *Essai de classification pratique des humus*. *Pédologie* XXX, 2:225-241.
- 8) DUCHAUFOUR PH. (1983): *Pédologie 1. Pédogenèse et classification*. Masson, Paris.
- 9) DUME G. (1984): *Guide-âne pour la réalisation d'un catalogue des stations forestières*. Forêt Entreprise 19: 34-38.
- 10) FAO - UNESCO (1990): *World soil map. Revised Legend*. Roma.
- 11) GAFTA D. (1994): *Tipologia, sinecologia e sincorologia delle abetine nelle Alpi del Trentino*. *Braun Blanquetia* 12: 5-69.
- 12) GANDOLFO C., SULLI M. (1993): *Studi sul clima del Trentino per ricerche dendroclimatologiche e di ecologia forestale*. Provincia autonoma di Trento.
- 13) GREEN R.N., KLINKA K., TROWBRIDGE R.L. (1993): *Towards a taxonomic classification of humus forms*. *Forest Science Monograph* 29.
- 14) HARTMANN F. (1970): *Gli humus forestali*. CEDAM, Padova.
- 15) JABIOL B., BRETHES A., BRUN J.J., PONGE J. F., TOUTAIN F. (1994): *Une classification morphologique et fonctionnelle des formes d'humus. Propositions du référentiel pédologique*. Rev. For. Fr. XLVI, 2: 152-166.
- 16) JABIOL B., BRETHES A., PONGE J.F., TOUTAIN F., BRUN J.J. (1995): *L'humus sous toutes ses formes*. E.N.G.R.E.F., Nancy, pp. 63.

- 17) KLINKA K., GREEN R.N., TROWBRIDGE R.L., LOWE L.E. (1981): *Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia*. First Approximation. Ministry of Forest British Columbia.
- 18) LOHMEYER W. (1953): *Beitrag zum Kenntnis der Pflanzengesellschaften in der Umgebung von Hoxter A.D. Weser*. Mit. Flor.-Soz. Arb. Gem. N. F. 4: 59-76. Stolzenau Weser.
- 19) LOWE L.E., SCAGEL A.M., KLINKA K. (1987): *Chemical properties and classification of organic horizons from selected soils in British Columbia*. Can. J. Soil Sci. 67: 383-394.
- 20) MAYER H., HOFMAN A. (1969): *Tannenreichen Walder am Sudabfall der Mittelalen Ostalpen* BLW Ferlagsgesellschafte, Munchen.
- 21) MAYER H. (1974): *Wälder der Ostalpenraumes*. Fischer, Jena.
- 22) MOOR M. (1952): *Die Fagion-Gesellschaften im Schweizeren Jura*. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz n. 31, 201 seiten. Bern.
- 23) NARDI S., DELL'AGNOLA G., ALBUZIO A. (1986): *Variazione della complessità molecolare delle sostanze umiche per effetto dell'acidificazione con acidi organici*. Agrochimica XXX: 148-159.
- 24) OBERDORFER E. (1957): *Süddeutsche pflanzengesellschaften*, Fischer, Jena.
- 25) PAWLOSKI B., SOKOLOWSKI M., WALLISCH K. (1928): *Die Pflanzenassoziationen des Tatra-Gebirge VII Teil. Die Pflanzenassoziationen und die Flora des Morskie Oko-Tales*. Bul. Int. Acad. Polon. Sci. Lettr., Cl. Sci. Math. Nat., Ser. B.: Sci. Nat., Cracovie, suppl. 1927: 205-272.
- 26) POJAR J., KLINKA K., MEIDINGER D.V. (1987): *Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia*. Forest Ecology and management 22:119-154.
- 27) PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO (1992): *Piano Generale Forestale*. Trento.
- 28) QIAN H., KLINKA K. (1995): *Spatial variability of humus in some coastal forest ecosystems of British Columbia*. Ann. Sci. For. 52: 653-666.
- 29) RIVAS MARTINEZ S., BASCONES J.C., DIAZ T.E., FERNANDEZ GONZALEZ F., LOIDI J. (1991): *Vegetación del Pirineo occidental y Navarra*. Itinera Geobot. 5:5:456.
- 30) RUBEL E. (1912): *Pflanzen-geographische Monographie des Berninagebietes*. Bot. Jahrb., Leipzig, 47: 1-646.
- 31) SANESI G. (1977): *Guida alla descrizione del suolo*. C.N.R., Firenze.
- 32) SARTORI G., CORRADINI F., MANCABELLI A. (1997b): *Verso un catalogo dei suoli del Trentino: 1. I suoli bruni lisciviati*. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., vol. 71.
- 33) SARTORI G., WOLF U., MANCABELLI A., CORRADINI F. (1997a): *Principali tipi di suoli forestali nella Provincia di Trento*. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., vol. 71.

- 34) SEMENZATO P., CATTANEO D. (1992): *Metodi per la stima del flusso radiante sotto copertura*. Monti e boschi 6: 12-17, Edagricole, Bologna.
- 35) TOUTAIN F. (1981): *Le humus forestiers: structures et modes de fonctionnement*. Rev. For. Fr. XXXIII, 6: 449-477.
- 36) TOUTAIN F. (1987): *Les humus forestières: Biodynamique et modes de fonctionnement*. Centre régional de Documentation pédologique, Rennes.
- 37) TUXEN R. (1955): *Das System der Nord-Westdeutschen Pflanzengesellschaften*. Mitt. Florist.-Soziol. Arbeitsgem. N. S., 5: 155-176.
- 38) TUXEN R., DIEMONT W.H. (1936): *Weitere Beiträge zum Klimaxproblem des Nordwesteuropäischen Sestlands*. Mit Nat. Ver. Osnabruck 23. Osnabruck.

1944

1945

1946

1947

1948

1949

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

**TASSONOMIA DEL "FOREST FLOOR"
E CARATTERISTICHE DI FERTILITÀ DI SUOLI FORESTALI
SOTTO PINO D'ALEPPO (*Pinus halepensis* MILLER)
E CEDRO DELL'ATLANTE
[*Cedrus atlantica* (ENDL.) CARRIÈRE]
NEI MONTI SICANI**

CARMELO DAZZI

Istituto di Agronomia Generale, Cattedra di Pedologia - Università di Palermo

Riassunto

In un'area test dei monti Sicani (Sicilia occidentale), omogenea per caratteri geo-morfo-litologici, climatici e pedologici, è stata condotta una indagine volta a verificare l'influenza esercitata nell'arco di 40 anni sulle caratteristiche di fertilità chimica del suolo e sulla formazione del "forest floor" (nel senso di Pritchett, 1985) da rimboschimenti effettuati con Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Miller) e con Cedro dell'Atlante (*Cedrus atlantica* (Endl) Carrière). In dieci siti di studio appositamente scelti per ogni specie forestale, oltre al "profilo della forma di humus" sono state determinate le concentrazioni di Ca, Mg, K, Na, N, P e la reazione sia sugli orizzonti del forest floor che in quelli del suolo minerale.

I risultati della ricerca hanno messo in evidenza una maggiore concentrazione dei suddetti elementi negli orizzonti organici sviluppatasi sotto il bosco di Cedro. Nell'orizzonte minerale di superficie sotto Cedro prevale il potassio, mentre, sotto il Pino d'Aleppo prevalgono gli altri elementi. Nell'orizzonte diagnostico di profondità non si rilevano differenze notevoli fra gli elementi considerati, fatta eccezione per una maggiore concentrazione di calcio sotto Pino. L'elaborazione statistica dei risultati consente di rilevare differenze significative solo per il potassio in tutti gli orizzonti del suolo e una tendenza alla acidificazione dei suoli sotto Cedro. Infine, l'analisi per la definizione della tassonomia del profilo della forma di humus ha evidenziato una sostanziale differenza nei tipi di forest floor sottesi dalle due specie forestali che hanno anche una evidente influenza sulla struttura dell'orizzonte di superficie.

Parole chiavi: Fertilità suoli forestali, forest floor, rapporti suolo-vegetazione.

Summary

In a test area of Sicani range (western Sicily), characterized by very homogeneous environmental features (topography, lithology, exposition, soils, climate, ect) a survey was carried out, aimed at verify the influence over a period of 40 years of a reforestation made up by *Pinus halepensis* Miller and *Cedrus atlantica* (Endl) Carrière, on the forest floor development and on some chemical parameters of the soils. On ten soil profiles for each tree-stand, the amount of Ca, Mg, K, Na, N, P and the pH were determined on the forest floor horizons and on the mineral soil horizons. Concentrations of these elements in the forest floor were higher under Cedar than under Pine. In the A horizon, concentration of K was higher under Cedar while in the B horizon the amount of nutrients did not differ between the species except for more calcium under Pine. Statistical analysis evidences a significant difference only in the concentration of K and in a lower pH in the soil under Cedar.

The taxonomic classification of the humus form reveals differences of the forest floors under the two tree-stands.

Key words: Forest soil fertility, forest floor, soil-vegetation relationship.

Premessa

Negli ecosistemi forestali i rapporti che si instaurano nel tempo fra il suolo e la vegetazione divengono così stretti da sfociare in una interdipendenza quasi assoluta (Buol et al. 1981). Questa può essere osservata sia in termini di comunità vegetali che in termini di singoli tipi forestali (Buol et al. 1981; Fanning & Fanning, 1989; Ugolini & Spaltenstein, 1992). Nello studio delle relazioni suolo-vegetazione, notevole attenzione è stata spesso riservata alle proprietà del suolo che si modificano nell'arco di alcuni decenni e che riflettono le condizioni o l'influenza dello sviluppo della vegetazione. Queste proprietà sono fortemente legate alla dinamica della materia organica e di conseguenza alle forme di humus. Sebbene queste si adattino in modo abbastanza rapido ai cambiamenti nella composizione vegetazionale, nello studio delle relazioni suolo-vegetazione occorrerebbe sempre conoscere, e quindi considerare, gli avvenimenti progressivi rispetto agli attuali. È per tale motivo che le successioni primarie, o quelle di origine "antropica" (come nel caso dei rimboschimenti) offrono le migliori possibilità di studio delle re-

lazioni suolo-vegetazione. Basandosi su tali assunti, Miles (1985) ha evidenziato come molte conifere e alcune latifoglie (faggio, quercia) finiscono per avere una azione acidificante nei confronti del suolo, mentre Miller (1984) ha mostrato che la betulla esercita una azione miglioratrice. Allo stesso modo Fyles e Coté (1994) hanno dedotto che esistono notevoli differenze nella fertilità di suoli forestali sotto Pino rosso e sotto Abete, mentre Chapman et al. (1982) hanno evidenziato che i boschi misti, in funzione della loro composizione, finiscono per avere influenze diversificate.

In questo lavoro si considerano le caratteristiche sviluppate, in un arco di tempo di 40 anni, dal profilo della forma di humus e dal suolo minerale sotto un rimboschimento di Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Miller) e Cedro dell'Atlante (*Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière). L'intento è di caratterizzare e definire tassonomicamente il "forest floor" (Pritchett & Fisher, 1985), sulla base del profilo della forma di humus (Green et al. 1993) originato dalle due specie e di verificare se esistono differenze nelle condizioni di fertilità chimica dei suoli sottesi.

L'area di studio

L'area di studio ricade sui monti Sicani, nella Sicilia centro-occidentale. Si tratta di una superficie boscata, entro il demanio forestale Ledera, posta ad una quota di 1030 m.s.m., esposta ad ovest e con pendenza pressoché uniforme del 7-8%, rimboschita con Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Miller) e Cedro dell'Atlante (*Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière). I suoli (per i quali nella Tab. 1 si fornisce la descrizione del profilo tipo), sono stati classificati come Lithic Haploxerolls (Dazzi et al., 1996), e sono ben drenati anche in virtù delle fratture che caratterizzano il substrato costituito da calcari dolomitici del Trias-sup/Lias-inf. (S. Monteleone, comunicazione personale).

Il clima, sulla base dei dati della stazione di Piano del Leone (38 anni: 1955-1988), molto prossima all'area di studio e posta alla stessa quota, è caratterizzato da una piovosità media annua di 800 mm in 85 giorni piovosi e da una temperatura media annua di 13,5 °C e, in suoli con storage variabile intorno a 50 mm quali quelli presenti nell'ambiente di studio, determina un regime udometrico xerico e un regime termometrico mesico (Raimondi, 1993).

Tab. 1 - Descrizione del profilo-tipo

DESCRIZIONE DELLA STAZIONE:

Località: Contrada La Donna - Demanio Ledera del comune di S. Stefano Quisquina (Agrigento).

Designazione del punto: 33S UB 7104 6436. *Quota:* 1025 m s.l.m.

Morfologia: montana. *Esposizione:* Sud. *Pendenza del versante:* 7-8%.

Pietrosità: comune. *Rocciosità:* scarsa. *Erosione:* assente.

Substrato: calcare dolomitico.

Uso del Suolo: bosco. *Vegetazione:* Pino d'Aleppo.

DESCRIZIONE DEL PROFILO:

Orizzonte Lv: 6-3 cm. Aghi, strobili e rametti di Pino; umido; appiattito al suolo non-compatto; legnoso; radici assenti; nessun organismo osservato.

Orizzonte Fm: 3-0 cm. Umido; feltroso-compatto; aghiforme; abbondante micelio bianco; radici assenti; nessun organismo osservato.

Orizzonte Ab: 0-8 cm - Poco umido. Scheletro intorno al 10%, grossolano, medio e minuto, spigoloso. Aggregazione grumosa, da fine a media; forte. Resistente allo stato umido. Poroso. Effervescenza all'HCl assente. Drenaggio normale. Passaggio graduale con andamento lineare.

Orizzonte Bw: 8-25/30 cm - Poco umido. Scheletro intorno al 15%, grossolano, medio e minuto, spigoloso. Aggregazione poliedrica angolare e talora sub-angolare, media e fine; forte. Friabile allo stato umido. Poroso. Effervescenza all'HCl assente. Drenaggio normale. Passaggio abrupto con andamento irregolare

Orizzonte R: >30 cm. Calcare dolomitico.

Note: presenza di lombrichi fino al contatto litico. Attività radicale normale

Classifica: Lithic Haploxeroll

Nell'areale dei monti Sicani gli interventi di rimboschimento, inseriti nella attività di difesa e conservazione del suolo per la sistemazione idraulico forestale dei bacini montani dei principali corsi d'acqua siciliani, hanno avuto inizio a partire dal 1944, sono proseguiti fino a circa la metà degli anni '60, e con sporadiche azioni, fino ai giorni nostri. La tecnica seguita nei lavori di rimboschimento è stata quella della sistemazione dei terreni a gradoni, ritenuta la migliore per consentire l'insediamento della vegetazione forestale in terreni soggetti a un forte degrado quali un tempo erano le aree oggi forestate.

Per i rimboschimenti sono state utilizzate specie tipiche di questa fascia fitoclimatica (*Lauretum* Sottozona fredda e, in mi-

nor misura, *Castanetum* Sottozona calda). Fra le conifere maggiore impiego hanno avuto le mediterranee (Pino d'Aleppo, Pino domestico, Cedro dell'Atlante, Pino nero di Villetta Barrea); tra le latifoglie, più utilizzate sono state l'Orniello e, in misura limitata l'Acerò montano, il Bagolaro e l'Olmo campestre, alle quote più elevate, e la Roverella e il Leccio alle più basse.

Materiali e Metodi

L'area interessata dallo studio è ampia circa 5.000 mq, di forma rettangolare, con caratteristiche identiche in quanto a substrato, suolo, pendenza, quota, esposizione, rimboschita a file, nell'inverno del 1956, con Pino d'Aleppo, nella sua metà di destra e con Cedro dell'Atlante, nella sua metà di sinistra. Non essendo separate da barriere artificiali per annullare l'influenza di una unità sull'altra, le superfici investigate, coincidenti con le unità di campionamento, sono state considerate come unità selvicolturali piuttosto che come elementi di un classico schema sperimentale. Per ogni specie arborea, in due file omologhe, sono stati aperti dieci profili di suolo, avendo cura di aprire ogni profilo al disotto della chioma di piante comparabili in quanto ad età, stato fitosanitario, vigore, altezza, diametro del tronco e ad una distanza da questo sempre eguale (100 centimetri dalla base del tronco al profilo), in modo da annullare eventuali differenze nelle caratteristiche del suolo indotte dallo "steamflow" (Pritchett & Fisher, 1985).

A tale scopo e per il campionamento della frazione organica del suolo così come della frazione minerale si è utilizzata una struttura metallica di forma quadrata e con lato di 50 cm che è servita per il campionamento del forest floor e per l'apertura del profilo si da avere una superficie esposta ampia 50 centimetri e profonda fino alla roccia dura. Questo, il cui spessore è stato misurato ponendo lo zero all'interfaccia suolo-organico/suolo-minerale (Green et al. 1993) è stato campionato secondo la sequenza degli orizzonti.

I campioni organici sono stati preventivamente selezionati eliminando i residui di diametro superiore ad un centimetro, essiccati in stufa a 70 °C fino a peso costante (Kalra & Maynard, 1991) e quindi polverizzati per sottoporli ad analisi. L'azoto è stato determinato col metodo Kjeldhal; il Ca, Mg, K e Na mediante lettura con A.A. dopo incenerimento in muffola, insolui-

bilizzazione della silice e ripresa delle ceneri con HCl; il P col ble fosfomolibdico sullo stesso estratto acido. La reazione è stata misurata in acqua con un rapporto M.O./H₂O pari a 1/12,5. I campioni minerali sono stati essiccati a temperatura ambiente, setacciati a 2 mm e sottoposti ad analisi per la determinazione di Ca, Mg, K, Na, P, N e della reazione secondo i metodi SISS.

L'analisi statistica delle differenze dei dati del suolo e del forest floor, è stata condotta mediante l'elaborazione del "t" di Student.

Risultati

L'indagine di pieno campo, condotta nell'inverno 1995/1996, ha messo in evidenza differenze significative nel profilo della forma di humus sviluppatosi sotto il Pino d'Aleppo rispetto a quello sviluppatosi sotto il Cedro dell'Atlante. Queste hanno un evidente riflesso nella differente classificazione tassonomica degli stessi. Seguendo le indicazioni di Green et al. (1993) sulla classificazione tassonomica delle forme di humus, è emerso che sotto Pino d'Aleppo la forma di humus presenta una sequenza di orizzonti di tipo Lv; Fm. L'orizzonte "Lv", spesso mediamente 3 centimetri, formato da aghi, strobili e rametti di Pino, si presentava appiattito al suolo, non compatto, legnoso. L'orizzonte "Fm", anch'esso spesso mediamente 3 centimetri, si presentava umido, feltroso compatto, aceroso e con abbondante micelio bianco. Sotto il cedro dell'Atlante, la forma di humus risultava caratterizzata da un solo orizzonte "Fa", umido, debole, feltroso non compatto, friabile, aceroso, con scarsi residui zoogeni occasionalmente osservabili e con micelio fungino non visibile, anche se in quattro siti su dieci fra quelli campionati è stata osservata la presenza di un fungo, *Peziza repanda* Pers., un ascomicete ubiquitario, a forma di coppa, privo di gambo (G. Venturella, comunicazione personale).

Tali caratteri, interpretati secondo la classificazione tassonomica delle forme di humus (Green et al., 1993), consentono di ascrivere la forma di humus sotto il Pino all'Ordine *Mor*, Gruppo *Hemimor*, mentre sotto il Cedro all'Ordine *Moder*, Gruppo *Mormoder*.

Gli aspetti concernenti le caratteristiche di fertilità chimica, limitatamente ai contenuti in Ca, Mg, K, Na, P, N e alla reazione sono riassunte nelle Tabb. 2, 3, e 4.

Tab. 2 - Valori medi, deviazione standard (entro parentesi) e significatività del t di Student per gli orizzonti F.

SPECIE	Ca ⁺⁺ (m.e.%)	Mg ⁺⁺ (m.e.%)	K ⁺ (m.e.%)	Na ⁺ (m.e.%)	P ₂ O ₅ ppm	N ‰	Reazione pH
CEDRO	175.0	93.4	10.61	1.83	186	10.66	6.9
↓ Orizz. Fa	(47.8)	(44.3)	(2.23)	(0.28)	30	(1.16)	(0.2)
PINO	142.4	57.6	7.83	1.84	181	10.81	6.6
↓ Orizz. Fm	(33.5)	(42.4)	(1.36)	(0.28)	31	(1.18)	(0.2)
t	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS

(* = significativo per P ≤ 0,05; ** = significativo per P ≤ 0,01; NS = non significativo)

Tab. 3 - Valori medi, deviazione standard (entro parentesi) e significatività del t di Student per l'orizzonte A

SPECIE	Ca ⁺⁺ (m.e.%)	Mg ⁺⁺ (m.e.%)	K ⁺ (m.e.%)	Na ⁺ (m.e.%)	P ₂ O ₅ ppm	N ‰	Reazione pH
CEDRO	33	41	1.52	0.31	34	3.52	7.2
↓ Orizz. A	(6.4)	(1.8)	(0.19)	(0.07)	11	(1.2)	(0.2)
PINO	36.7	44	1.75	0.32	46	4.43	7.2
↓ Orizz. A	(4.9)	(4.0)	(0.16)	(0.09)	15	(0.9)	(0.2)
t	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS

(* = significativo per P ≤ 0,05; ** = significativo per P ≤ 0,01; NS = non significativo)

Tab. 4 - Valori medi, deviazione standard (entro parentesi) e significatività del t di Student per l'orizzonte Bw.

SPECIE	Ca ⁺⁺ (m.e.%)	Mg ⁺⁺ (m.e.%)	K ⁺ (m.e.%)	Na ⁺ (m.e.%)	P ₂ O ₅ ppm	N ‰	Reazione pH
CEDRO	25.1	25.2	1.17	0.40	19	21.0	6.34
↓ Orizz. Bw	(7.8)	(1.6)	(0.15)	(0.07)	9	(0.3)	(0.2)
PINO	29.4	24.0	1.52	0.36	19	22.5	7.24
↓ Orizz. Bw	(5.3)	(1.2)	(0.23)	(0.09)	5	(0.3)	(0.2)
t	NS	NS	*	NS	NS	NS	**

(* = significativo per P ≤ 0,05; ** = significativo per P ≤ 0,01; NS = non significativo)

Con riferimento alla Tab. 2, ove sono messe a confronto le concentrazioni degli elementi negli orizzonti organici "F", risulta che la concentrazione degli elementi considerati, eccezion fatta per il sodio, risulta maggiore nell'orizzonte "Fa" originatosi al di sotto del Cedro e minore nell'orizzonte "Fm" presente al di sotto del Pino d'Aleppo. In particolare, trascurabili risultano le differenze nelle concentrazioni di fosforo e di azoto; differenze discrete sono rilevabili per il calcio e per il magnesio; notevolmente significative risultano quelle evidenziate per il potassio (10,61 m.e.% sotto il Cedro; 7,83 m.e.% sotto il Pino d'Aleppo). La reazione fa registrare valori neutri sia nell'orizzonte organico sotto il Cedro (pH=6,9) che nell'orizzonte organico sotto il Pino d'Aleppo (pH=6,6).

Nella Tab. 3 sono riportati i dati riferiti all'orizzonte A. Nulla o trascurabile risulta la differenza relativa alla reazione e alla concentrazione di sodio; prevalgono il fosforo, l'azoto, il calcio, il magnesio, e il potassio nell'orizzonte A presente sotto il Pino d'Aleppo rispetto all'omonimo orizzonte presente sotto il Cedro ma solo le differenze relative ai contenuti in potassio fanno registrare un notevole grado di significatività (1,75 m.e.% sotto il Pino; 1,52 m.e.% sotto il Cedro).

Per ciò che concerne l'orizzonte B (Tab. 4), le differenze nelle concentrazioni degli elementi considerati risultano nulle o trascurabili nel caso del fosforo, dell'azoto, del sodio e del magnesio; al di sotto del Pino d'Aleppo risulta apprezzabilmente più alta la concentrazione del calcio e, notevolmente significativa quella in potassio. Anche i dati riferiti alla reazione fanno registrare una notevole significatività: risulta neutro l'orizzonte B sotto il Pino d'Aleppo (pH=7.24), sub-acido l'omonimo orizzonte al di sotto del Cedro (pH=6.34).

Considerazioni conclusive

I risultati che emergono da questa indagine suggeriscono che in un arco di tempo di 40 anni dall'impianto del bosco nell'area-test sui monti Sicani, il profilo della forma di humus e le caratteristiche del suolo al di sotto del Pino d'Aleppo e del Cedro dell'Atlante talora divergono apprezzabilmente e, in alcuni casi anche in modo molto significativo. Il modello di divergenza è simile a quello osservato da Challinor (1968) nel caso dell'Abete e del Pino rosso e successivamente da Coté e Fyles

(1994) sempre per le stesse specie. Nel nostro caso, anche se le specie forestali prese in considerazione e per le quali è stata esaminata l'azione sul forest floor e sulle caratteristiche di fertilità del suolo non risultano essere le migliori per il particolare ambiente dei monti Sicani (S. Avolio, comunicazione personale), occorre tuttavia considerare il ruolo positivo dalle stesse svolto non solo per avere contribuito a creare una copertura boschiva in aree un tempo fortemente degradate, arse dal sole in estate ed erose dalle piogge in inverno ma, anche e soprattutto perché i suoli originari, poco profondi o superficiali, mal strutturati, poco dotati in materia organica e in elementi della fertilità, ancora presenti in aree limitrofe non coperte dal bosco, oggi mostrano sotto copertura boscata, buoni o notevoli livelli di fertilità chimica e un "forest floor" che condiziona tale fertilità. In particolare si evidenzia non solo una diversa morfologia del profilo della forma di humus determinata sui suoli sottesi dalle due specie considerate ("Lv"; "Fm" al di sotto del Pino d'Aleppo; solamente "Fa" al di sotto del Cedro) ma tale differenza si manifesta anche a livello tassonomico. Si classifica *Hemimor* la forma di humus sotto copertura di Pino d'Aleppo e *Mormoder* la forma di humus sotto copertura di Cedro dell'Atlante. Occorre ancora aggiungere che l'orizzonte A sotto il Pino si presenta con una struttura grumosa media, di grado forte, mentre nell'omonimo orizzonte sotto il Cedro è poco consistente, piccola e moderata. Ciò, verosimilmente, è da imputare ad una influenza positiva del forest floor dei suoli sotto Pino che contribuisce alla maggiore dotazione in sostanza organica dell'orizzonte A sotto Pino rispetto all'omonimo orizzonte sotto Cedro.

I dati di questo studio, i primi ottenuti nell'ambito di una ricerca finalizzata allo studio dei suoli forestali e delle relazioni suolo-pianta negli ecosistemi forestali siciliani, fanno ritenere, con sufficiente margine di ragionevolezza, che questi suoli risultano in atto interessati da un processo pedogenetico riconducibile alla brunificazione e che tale processo risulta più marcato sotto la copertura offerta dal Cedro. Al momento mancano i dati relativi al ferro e alle argille ma esistono tuttavia le condizioni che, seguendo Duchaufour (1991), caratterizzano il processo della brunificazione e che consistono in un clima temperato, in una reazione che si attesta su valori sub-acidi o neutri, in una vegetazione che rifornisce il suolo in cationi compensando le perdite per lisciviazione in un suolo che risulta decarbonatato su materiali ben drenati, capaci di liberare argilla e ferro.

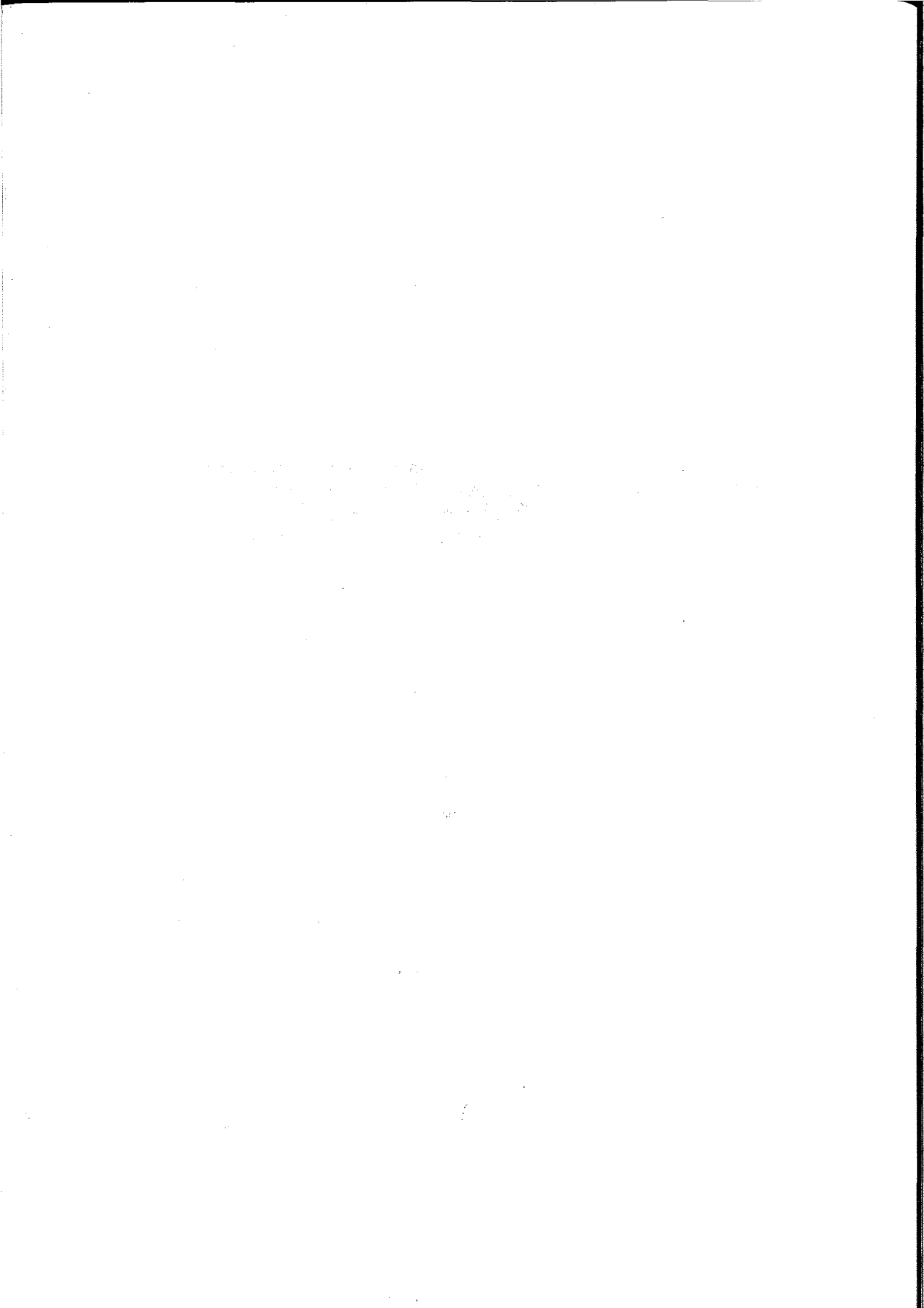
Sotto il Cedro gli orizzonti organici sono più ricchi in elementi alcalini ed alcalino-terrosi, oltre che in azoto e fosforo rispetto all'omonimo orizzonte sotto il Pino. Negli orizzonti minerali e segnatamente nell'orizzonte diagnostico di profondità la situazione si ribalta e la reazione risulta sub-acida. Se ne deduce che le basi, perse per lisciviazione in questi suoli ormai decarbonatati, vengono rimpiazzate da quelle provenienti dalla demolizione della materia organica del forest floor. Ciò, nel caso del Cedro, è reso ancora più evidente non solo da un pH sub-acido nell'orizzonte B, ma anche dalla presenza di una lettiera che seppur più ricca negli elementi della fertilità chimica rispetto al Pino, tuttavia risulta attraversata da una quantità di pioggia che, stante il modello di copertura della chioma nelle due specie, risulta maggiore nel Cedro.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il prof. G. Fierotti per la lettura critica del testo e gli utili suggerimenti; il dott. L. Gristina per l'aiuto fornito nella elaborazione statistica dei dati; i dott. T. Minaldi e M. Lupo per la collaborazione prestata nello svolgimento delle analisi; i dott. G. Vacante e S. La Mela Veca per la collaborazione durante lo studio di pieno campo.

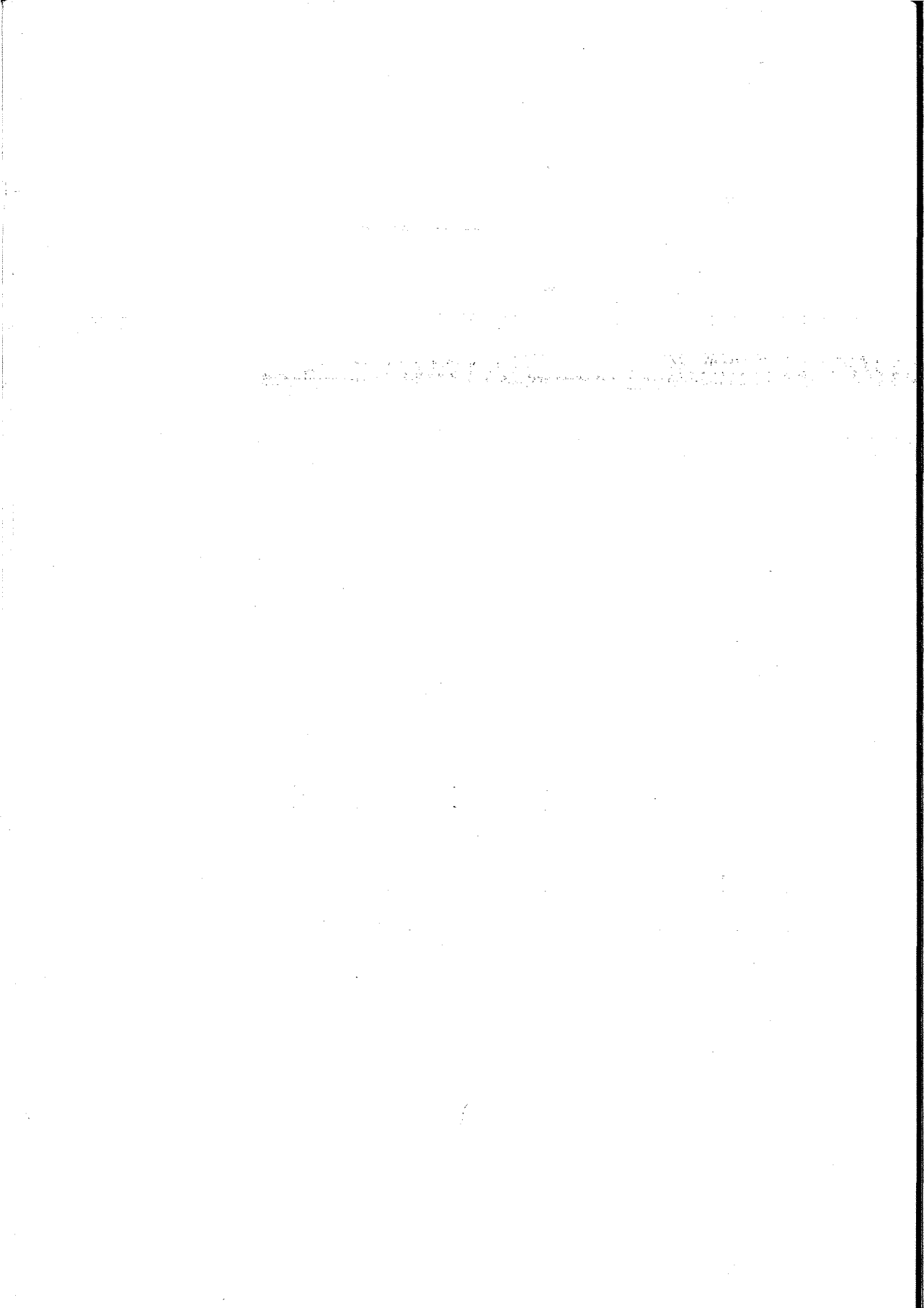
BIBLIOGRAFIA

- 1) BUOL S.W., HOLE F.D., MCCrackEN R.J. (1989): *Soil Genesis and Classification*. Iowa State University Press.
- 2) CHALLINOR D. (1968): citato da FYLES J.W., COTE B. (1994): *Forest floor and soil nutrient status under Norway spruce and red pine in a plantation in southern Quebec*. Can. J. Soil Sci. n. 74.
- 3) CHAPMAN K., WHITTAKER J.B., HEAL O.W. (1988): *Metabolic and faunal activity in litters of tree mixtures compared with pure stands*. Agric. Ecosyst. Environ. n. 24.
- 4) DAZZI C., DI PISA A., LA MELA VECA S., VACANTE G. (1996): *Caratteristiche e distribuzione dei suoli forestali del bosco Ledera sui monti Sicani (Sicilia occidentale)*. Convegno SISS Milano 17-21 giugno.
- 5) DOUCHAUFOUR P. (1991): *Pedologie. Sol, vegetation, environment*. Masson Ed.
- 6) FANNING D.S., FANNING C.B.M. (1989): *Soil - Morphology, genesis and Classification*. John Wiley & Sons.
- 7) FYLES J.W., COTE B. (1994): *Forest floor and soil nutrient status under Norway spruce and red pine in a plantation in southern Quebec*. Can. J. Soil Sci. n. 74.
- 8) GREEN R.N., TROWBRIDGE R.L., KLINKA K. (1993): *Towards a Taxonomic Classification of humus Forms*. Supplement to Forest Science, Vol. 39, n. 1.
- 9) KALRA Y.P., MAYNARD D.G. (1991): *Methods manual for forest soil and plant analysis*. Inf. Rep. NOR-X-319 Forestry Canada.
- 10) MILES J. (1985): *The pedogenic effects of different species and vegetation types and the implication in succession*. J. Soil Sci. n. 36.
- 11) MILLER H. (1984): *Nutrient cycles in birchwoods*. Proc. R. Soc. Edinb. n. 85.
- 12) PRITCHETT W.L., FISHER R.F. (1985): *Properties and management of forest soils*. Wiley & Sons.
- 13) RAIMONDI S. (1993): *Il clima e il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentaduenno 1951-1982*. Quaderni di Agronomia n. 13.
- 14) UGOLINI F.C., SPALTENSTEIN H. (1992): *Pedosphere in "Global biogeochemical Cycles"*, Academic Press.



III SESSIONE

SUOLI E SISTEMI GEOMORFOLOGICI



BANDE CROMATICHE IN UN TERRAZZO FLUVIO-GLACIALE DEL PIEMONTE: CARATTERIZZAZIONE E IPOTESI GENETICA

V. BOERO¹, M. FRANCHINI-ANGELA², E. ZANINI³

¹ Divapra-Chimica Agraria, via Giuria 15, Torino, I-10126

² Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche, via Valperga 35, Torino, I-10125

Riassunto

Al margine meridionale di terrazzi fluvio-glaciali, che costituiscono la manifestazione geomorfica più avanzata del glacialismo alpino (Mindel-Riss) allo sbocco delle valli del Canavese, è stato studiato un fronte di cava (potenza 8 m, estensione >200 m, orientamento est-ovest) presso il comune di Torrazza Piemonte (Torino), allo sbocco delle valli del Canavese. Esso è costituito esclusivamente da sedimenti limoso-argillosi di colore prevalente giallo (10YR 7/6), morfologicamente caratterizzati da 4 bande orizzontali di colore bruno (10YR 4/3) e di potenza variabile da 35 a 55 cm (Figura).



La caratterizzazione di tali bande è stata focalizzata sullo studio della mineralogia degli ossidi di ferro: essa infatti può chiarire se le bande indichino successivi eventi deposizionali di materiali diversi e/o esposti a diverse condizioni climatiche oppure se si tratti di bande formatesi in situ ad opera dei processi pedogenetici relativi alla fluttuazione di una falda acquifera.

A fronte di una assenza di discontinuità litologica e di una generale uniformità nella distribuzione delle sabbie, il contenuto in peso di limo grosso e fine nelle bande scure (rispettivamente 20 e 17% in media) è inferiore a quello del sedimento giallo (30 e 22%); il contrario si osserva per l'argilla,

con un tenore più elevato nelle bande scure (media=39%) rispetto al sedimento giallo (19%).

All'accumulo di argilla nelle bande colorate, indicatore di un weathering più intenso e/o più prolungato, si accompagna una quantità di ossidi di Fe cristallini (media=2,8%) maggiore rispetto al contenuto medio del sedimento giallo (1,5%) senza che vi sia evidenza di una loro mobilità entro il deposito. La goethite (α -FeOOH) è stato l'unico ossido di Fe identificato. Le caratteristiche cristalline (dimensione media dei cristalli) e di composizione chimica (vicarianza del Fe con Al) della goethite, a cristalli più piccoli e con maggior Al sostituzione nelle bande scure più superficiali rispetto a quelle profonde supporta l'ipotesi di una genesi in situ per l'alternarsi di condizioni wet/dry e quindi red/ox dovute verosimilmente all'oscillazione altimetrica di una falda acquifera. Pertanto all'interno del deposito che può essere fatto risalire a 290.000-180.000 anni or sono (radiometria C^{14}), la comparsa delle bande più superficiali è da considerarsi più antica rispetto a quella delle bande profonde. Se la velocità dei processi di alterazione dei minerali viene assunta costante dal momento della deposizione, la misura delle quantità di ossidi di Fe nelle bande scure permette di stimare in meno di 54.000-78.000 anni il tempo di formazione delle bande più superficiali.

I SUOLI DEL SISTEMA COLLINARE ORIENTALE DI CAMMARATA E S. GIOVANNI GEMINI (AG)¹

S. RAIMONDI, G. FIEROTTI²

Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee - Palermo.

Riassunto

Dopo aver illustrato le principali caratteristiche fisiche del territorio dei comuni di Cammarata e S. Giovanni Gemini (AG), si descrivono la distribuzione, la potenzialità agronomica e le caratteristiche dei suoli dell'area cerealicola collinare orientale. Lo studio è stato redatto a scala 1:25.000. Gli ordini tassonomici riscontrati sono: Entisuoli, Vertisuoli, Inceptisuoli, ed Alfisuoli.

Parole chiave: Cartografia pedologica, Soil Taxonomy, Land Evaluation, Sicilia.

Summary

Soils of western hilly area of Cammarata and San Giovanni Gemini (province of Agrigento)

After a description of the main physical characteristic of Cammarata and S. G. Gemini land, soil variability, capability and features of the eastern hilly cereal area are reported. The Soil Map (on scale 1:25.000), reports the soil units as Subgroups. These belong to the following Orders: Entisols, Vertisols, Inceptisols and Alfisols.

Key words: Soil survey, Soil Taxonomy, Land Evaluation, Sicily.

¹ Ricerca eseguita con finanziamento RAISA (Ricerche Avanzate per Innovazioni nel Sistema Agricolo).

² Il primo autore è Ricercatore, il secondo Professore ordinario. Il lavoro è da attribuire in parti uguali fra gli autori.

Introduzione

Nell'ambito del progetto "RAISA" (Ricerche Avanzate per Innovazioni nel Sistema Agricolo) è stato condotto uno studio diretto alla individuazione, classificazione e cartografia dei suoli del territorio del comune di Cammarata e S. Giovanni Gemini, nella giusta convinzione che la corretta gestione del territorio agricolo ed extragricolo deve essere basata sulla puntuale conoscenza delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche della risorsa suolo (Fierotti, 1982; Fierotti et al., 1988).

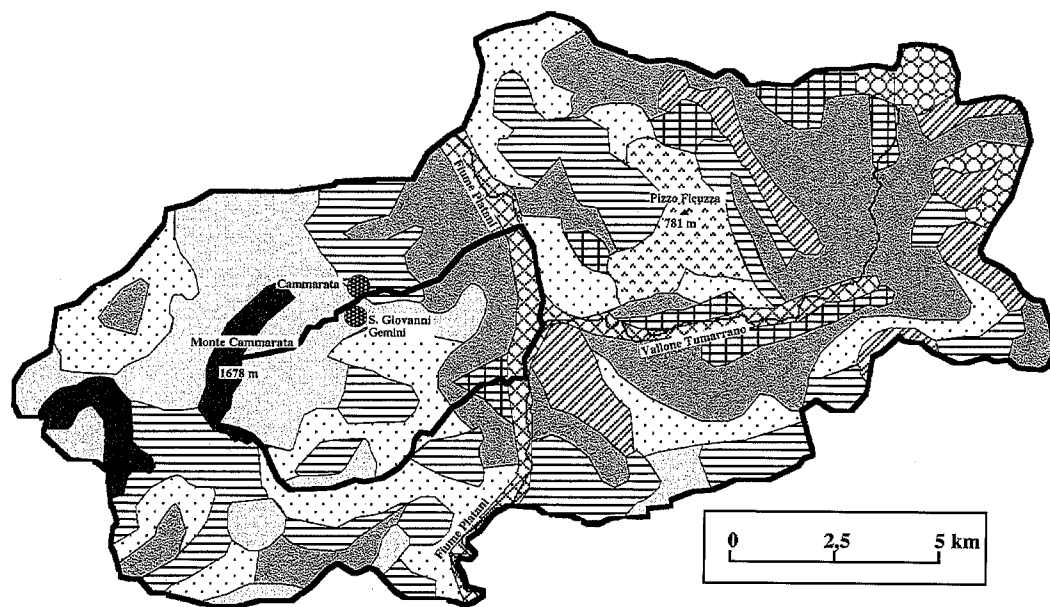
L'ambiente

L'area investigata interessa una superficie complessiva di 21.833 ha, che comprende il territorio del Comune di S. Giovanni Gemini (2.630 ha) ed il contiguo territorio del Comune di Cammarata (19.203 ha). Il comprensorio ricade nelle tavolette "Cammarata" (F° 267 IV N.E.), "S. Stefano Quisquina" (F° 267 IV N.O.), "Casteltermini" (F° 267 IV S.E.), "S. Biagio Platani" (F° 267 IV S.O.), "Pizzo Ficuzza" (F° 267 I N.O.), "Lercara Friddi" (F° 259 III S.E.), "Valledolmo" (F° 259 III S.E.). La morfologia è del tipo montano-collinare nella parte occidentale e collinare nella parte orientale. L'altimetria varia dai 225 m s.l.m. (Valle del Platani, Km 114 Corleonese-Agrigentina n. 118) ai 1.578 m s.l.m. del monte Cammarata.

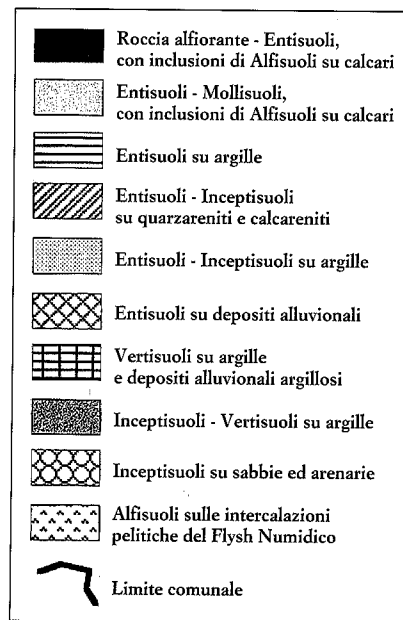
Il clima oscilla fra il semiarido ed il sub-umido (Raimondi, 1991-1993).

Cartografia

Ai fini di una migliore comprensione della collocazione spaziale dei suoli è stata realizzata una Carta dei Suoli a scala 1:25.000, che nella versione originale si trova depositata presso la cartoteca della Cattedra di Pedologia e che è stata ridotta a scala 1:100.000 ai fini della presente pubblicazione (Fig. 1). Lo studio cartografico è accompagnato dalla realizzazione di altre tre carte tematiche dell'intero territorio, sempre a scala 1:25.000, relative alla clivometria, altimetria e destinazione d'uso. Anche per queste tre carte gli originali sono depositati presso la cartoteca della Cattedra di Pedologia.



LEGENDA



L'originale, a scala 1:25.000, si trova depositato presso la Cartoteca della Cattedra di Pedologia dell'Università di Palermo

Fig. 1 - Carta dei suoli dei territori comunali di Cammarata e San Giovanni Gemini.

Fig. 1 - Soil map of Cammarata and San Giovanni Gemini municipal lands.

Nella Fig. 1 si riporta la distribuzione dei suoli riscontrati, classificati a livello di ordine della Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994) mentre nella Tab. 1 si inseriscono le loro superfici.

Nella Tab. 2 si riportano per ogni classe di pendenza considerata la superficie e l'incidenza percentuale.

La classe A compare soltanto nella parte centrale ed orientale (valli del Platani e del Tumarrano). Il territorio in esame può

Tab. 1 - Superficie ed incidenza percentuale delle unità cartografiche della Carta dei Suoli.

Tab. 1 - *Area and per cent incidence of cartographic units of Soil Map.*

Unità cartografica	Superficie ha	Incidenza %
Roccia affiorante - Entisuoli su calcare	580	2,66
Entisuoli - Mollisuoli su calcare	3.150	14,43
Entisuoli su argille	4.050	18,55
Entisuoli - Inceptsuoli su quarzareniti e calcareniti	1.200	5,50
Entisuoli - Inceptsuoli su argille	4.120	18,87
Entisuoli su depositi alluvionali	990	4,53
Vertisuoli su argille e depositi alluvionali argillosi	960	4,40
Inceptsuoli - Vertisuoli su argille	5.396	24,71
Inceptsuoli su sabbie ed arenarie	460	2,11
Alfisuoli sulle intercalazioni pelitiche del Flysh	700	3,21
Centri abitati	227	1,04
Totale	21.833	100,00

Tab. 2 - Superficie e incidenza percentuale delle classi di pendenza.

Tab. 2 - *Area and per cent incidence of slope classes.*

Classi di pendenza	Tipo di pendio	Superficie ha	Incidenza %
A < 4%	sub-pianeggiante	1.029	4,71
B 4-12%	poco inclinato	2.985	13,67
C 12-20%	inclinato	6.835	31,31
D 20-35%	moderatamente ripido	7.942	36,38
E 35-50%	ripido	1.555	7,12
F 50-60%	molto ripido	408	1,87
G >60%	eccessivamente ripido	852	3,90
Centri abitati		227	1,04
Totale		21.833	100,00

essere suddiviso nei tre settori: occidentale, dominato dal monte Cammarata; centrale, caratterizzato dalla valle del Platani; orientale, distinto da forme collinari in cui è inclusa la valle del Tu-marrano. Dal punto di vista altimetrico, esso è compreso fra quota 225 m s.l.m., in prossimità del fiume Platani e 1.578 m s.l.m. sulla cima del monte Cammarata. Risulta costituito per il 2,24% dalla pianura, per il 73,92% dalla collina e per il rimanente 23,84% dalla montagna. Le fasce altimetriche più rappresentate sono la 400-500 m s.l.m. e la 500-600 m s.l.m. con un'incidenza percentuale rispettivamente del 23,20 e del 24,00%. Nella Tab. 3 si riportano, per ogni fascia altimetrica, la superficie occupata e la relativa incidenza percentuale.

Tab. 3 - Superficie e incidenza percentuale delle classi altimetriche.

Tab. 3 - *Area and per cent incidence of altimetical classes.*

Classe altimetrica	Superficie ha	Incidenza %
200-300	489	2,24
300-400	2.642	12,10
400-500	5.064	23,20
500-600	5.240	24,00
600-700	3.193	14,62
700-800	1.661	7,61
800-900	1.192	5,46
900-1000	1.083	4,96
1000-1100	557	2,55
1100-1200	313	1,44
1200-1600	399	1,82
Totale	21.833	100,00

Tramite la fotointerpretazione di un rilievo aerofotogrammetrico a colori effettuato nel 1987 è stata realizzata la "Carta dell'utilizzazione dei suoli". Il comprensorio si differenzia in due aree: una comprende i terreni di proprietà privata, la cui destinazione è prevalentemente l'uso agricolo; l'altra comprende i terreni di proprietà demaniale, la cui destinazione è prevalentemente il bosco e, marginalmente, il pascolo. Le aree agricole interessano una superficie complessiva di 15.156 ha (69,41%). Gli indirizzi colturali sono il seminativo e, in minor misura, le colture arboree e il vigneto. Il seminativo ha un'incidenza del 60,15% sulla superficie totale (13.133 ha) ed è interessato dalle colture

cerealicolo-foraggiere, ove domina la granicoltura. Le foraggiere inserite nella rotazione sono: sulla, vecchia, favino e trifoglio alessandrino. Il foraggio è a supporto di una fiorente zootecnia. Gli oliveti generalmente sono costituiti da vecchi impianti con forme di allevamento e sestri tradizionali sono presenti, anche se in forma marginale, coltivazioni di mandorlo e pistacchio, che nella carta sono state incluse nella voce "colture arboree". I vigneti, allevati ad alberello o a spalliera, benché non manchino esempi di tendoni, coprono 90 ha (0,41%). Nella vallata del Platani si trovano agrumeti, pescheti e pereti, che data la mitezza del clima invernale e l'ausilio dell'irrigazione, prosperano senza particolari problemi. Dove non è possibile praticare l'irrigazione trovano la limitazioni maggiore. Le coltivazioni arboree coprono l'8,85% della superficie del territorio.

Nella Tab. 4 si riportano, per ciascuna classe, la superficie e l'incidenza percentuale.

Tab. 4 - Superficie ed incidenza percentuale delle diverse destinazioni d'uso.

Tab. 4 - *Area and per cent incidence of different land use.*

Classi	Superficie ha	Incidenza %
Seminativo	13.133	60,15
Vigneto	90	0,41
Colture arboree	1.932	8,85
Pascolo	3.798	17,39
Bosco-rimboschimen.	1.915	8,77
Calanchi-frane	538	2,46
Laghi	48	0,22
Centri abitati	227	1,04
Cave-pietrisco	17	0,08
Fiume	135	0,62
Totale	21.833	100,00

I suoli

In questa nota si riferisce sui suoli che ricadono nella parte orientale del comprensorio a sinistra del fiume Platani, in cui la pianura interessa 106 ha (0,91%), la collina 10.933 ha (94,11%) e la montagna 579 ha (4,98%). Per la caratterizzazione climatica dell'area in esame è stato fatto riferimento ai dati termopluviometrici registrati presso la stazione di rilevamento Sparacia (385

m s.l.m.). I dati vengono raccolti dall'Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee ed è disponibile una serie di 31 anni (1965-1995). La media annuale delle precipitazioni ammonta a 492 mm. Sono distribuite in massima parte nel periodo autunno-vernino, in cui rispettivamente cadono 197 e 150 mm; l'estate è la stagione meno piovosa con 22 mm. Il minimo mensile si riscontra nel mese di luglio, con valori di pioggia di 3 mm, mentre il massimo si ha a dicembre con 79 mm. La temperatura media annua è di 15,2 °C. I valori medi stagionali oscillano da un massimo estivo di 23,1, ad un minimo invernale di 8,3 °C. Elaborando i dati termopluviometrici è stato costruito il diagramma ombrotermico di Bagnouls e Gaussen. Il periodo secco risulta compreso fra maggio e settembre, con una durata di quattro mesi e mezzo che permette di classificare il clima come meso-mediterraneo, con periodi estivi relativamente caldi e asciutti e periodi invernali miti e con piovosità irregolare. Secondo la classificazione climatica di C.W. Thornthwaite (Raimondi et al., 1996) il clima è Semiarido, Secondo mesotermico con una probabilità del 100%.

Da un'indagine bibliografica (Abate et al., 1988) è scaturito che nell'ambito dell'area gli affioramenti geolitologici sono:

- depositi alluvionali recenti;
- argille, argille sabbiose e marnose grige; sabbie ed arenarie da giallastre a grige, alternate con peliti e lenti conglomeratiche. Miocene medio: Formazione Terravecchia.
- Flysch numidico: arenarie in strati e banchi con intercalazioni pelitiche. Miocene inferiore.

I depositi alluvionali si trovano vicino al vallone Tumarrano, che scorrendo da destra verso sinistra, al centro dell'area, separano il territorio in due parti quasi uguali. La formazione litologica Terravecchia è quella più estesa. Ricade prevalentemente nel settore orientale ed alle quote più basse in quello centrale, in prossimità del vallone Tumarrano. Il Flysch numidico si trova in una vasta area a nord-ovest, tra le valli del Platani e quella del Tumarano, e in tre aree ben distinte nella fascia centro-meridionale.

Metodologia di rilevamento

Lo studio pedologico è stato condotto utilizzando la base cartografica I.G.M. a scala 1:25.000 e le foto aeree a colori risalenti al 1987. La metodologia di rilevamento seguita è stata quella definita "libera". La descrizione e lo studio dei profili sono

stati condotti adottando i criteri codificati dal "Soil Survey Manual" (Soil Survey Staff, 1993) e dalla "Soil Taxonomy" (Soil Survey Staff, 1994). Sono stati aperti ed osservati alcune decine di profili; di questi, i più tipici, sono stati campionati secondo la sequenza degli orizzonti. Le trivellate sono circa 80, di cui 60 descritte e campionate. Complessivamente sono stati sottoposti ad analisi, 120 campioni di terreno.

Il pedoclima, secondo i dati di Sparacia e l'elaborazione probabilistica al 60% (Raimondi et al., 1996), presenta le seguenti caratteristiche:

- Regime di Temperatura Termico (differenza fra la temperatura estiva ed invernale del suolo a 50 cm di profondità superiore a 5 °C; la temperatura media annua del suolo ha una probabilità di superare 15 °C del 92%);
- Regime udometrico Xerico per i suoli aventi la A.W.C. \geq 68 mm;
- Regime udometrico Intermedio Xerico-Torrico per i suoli aventi la A.W.C. $<$ 68 mm (Raimondi et al., 1996).

La Carta dei Suoli realizzata riporta le unità cartografiche organizzate alcune come unità tassonomiche (livello di sottogruppo); altre come complessi (quando non è stato possibile separare le singole unità tassonomiche) e come aree miste (specificatamente ove domina l'affioramento della roccia (Soil Survey Staff, 1993).

I suoli sui depositi alluvionali

Occupano una superficie di 412 ha, pari al 3,55% della superficie totale. Sui depositi alluvionali si riscontrano suoli giovani le cui caratteristiche sono legate alla natura del substrato. Sono argillosi, calcarei o acalcarei con reazione subalcalina o neutra in relazione alla provenienza del materiale terroso trasportato dalle acque del vallone Tumarrano. La giacitura pianeggiante, la profondità e conseguentemente l'elevata capacità a trattenere acqua fanno di questi suoli una risorsa notevole.

Sono stati individuati i Vertic Xerofluents ed i Typic Haploxererts. Sulla Carta dei suoli sono riportati con due unità cartografiche differenti.

Vertic Xerofluents

Interessano un'area di 302 ha (2,60%). Mostrano un profilo Ap-C, molto profondo ($>$ 100 cm), di colore umido da bruno

oliva (2,5Y 4/4) a bruno grigiastro scuro (2,5Y 4/2). Lo scheletro varia da scarso a comune; la tessitura oscilla da argillosa (50% circa) a franco argilloso-sabbiosa (argilla 30% circa), passando per la franco-argillosa. La struttura granulare e poliedrica sub-angolare passa ad angolare e massiva in profondità. Durante la stagione estiva manifestano piccole crepacciature. Risultano da scarsi ad abbondanti in carbonati (generalmente sono più elevati nella parte orientale della vallata del Tumarrano), e con reazione sub-alcina (pH 7,8-8,2). La dotazione in sostanza organica varia da scarsa a media (1-2%). La conducibilità elettrica risulta bassa (0,1-0,2 mS/cm).

Sono localizzati lungo la valle del Tumarrano, su morfologie pianeggianti e pendenze molto lievi. L'uso del suolo consiste nel seminativo e nelle colture arboree, in prevalenza oliveto e vigneto. La loro potenzialità agronomica è elevata, in particolare in irriguo.

Typic Haploxererts

Occupano un'estensione di 110 ha, pari allo 0,95% della superficie totale. I suoli che rientrano sono a profilo Ap-C con caratteri vertici ben espressi (crepacciature durante l'estate e facce di scivolamento lungo il profilo) sono molto profondi ed omogenei, di colore umido da grigio oliva scuro (5Y 3/2) a bruno grigiastro molto scuro (2,5Y 3/2). Lo scheletro generalmente assente passa a scarso in alcune aree. La tessitura è sempre argillosa, con un contenuto in argilla superiore al 40%, che può raggiungere anche il 70%. L'aggregazione, granulare e poliedrica subangolare nella parte superficiale, diviene angolare e quindi prismatica grossolana e tende ad essere massiva in profondità. La reazione è subalcina (pH 8,2-8,4) ed il contenuto in carbonati generalmente medio (5-6%), passa talvolta ad assente. Sono da mediamente dotati a scarsi in sostanza organica. La conducibilità elettrica presenta valori da molto bassi (0,15 mS/cm) a medi (0,60 mS/cm) in pochi esempi, per la presenza di solfati.

Si riscontrano lungo la valle del Tumarrano, nelle fasce pedecollinari, e risultano utilizzati prevalentemente a seminativo. Durante il periodo piovoso sono presenti aree con ristagno idrico temporaneo o con accumulo di materiale trasportato dalle acque di scorrimento superficiale provenienti dalle colline adiacenti. La loro potenzialità agronomica è buona.

I suoli sulla formazione terravecchia (Miocene medio)

Questa formazione litologica è la più estesa con una superficie di 6.748 ha, pari al 58,08%. Gli affioramenti sono stati suddivisi in due gruppi: il primo costituito da argille, argille sabbiose e marne grige (5.649 ha, 48,62%), mentre il secondo ha granulometria più grossolana ed è formata da sabbie, arenarie e conglomerati (1.099 ha, 9,46%).

I suoli sulle argille, argille sabbiose e marne grige (Miocene medio)

I suoli con profilo completo sulle argille della formazione Terravecchia, sono a profilo A-C o A-B-C. Risultano argillosi, calcarei, subalcalini con notevoli caratteri vertici. Su queste formazioni, in Sicilia, non si riscontrano suoli lisciviati. Le forme, a profilo A-C, sono il risultato dell'erosione in cui le pendenze e il seminativo giocano un ruolo notevole. I suoli poco profondi vanno incontro ad un periodo asciutto molto lungo durante l'anno, con conseguenze negative sulle produzioni cerealicole.

I suoli individuati sono: Xerertic Torriorthents, Chromic Haploxererts, Vertic Xerochrepts. Nella Carta dei Suoli sono riportati con tre unità cartografiche differenti.

Xerertic Torriorthents

Occupano una superficie di 830 ha pari al 7,14% della superficie totale. Mostrano un profilo Ap-C o A-C, poco profondo (<30 cm), di colore da grigio chiaro (2,5Y 7/2) a bruno grigiastro chiaro (2,5Y 4/2). Lo scheletro oscilla da assente a comune (10% circa). La tessitura risulta da argillosa, con tassi di argilla che superano il 50%, a franco argilloso sabbiosa (argilla 34% circa). L'aggregazione, tendenzialmente poliedrica sub-angolare ed angolare nella parte più superficiale diviene poliedrica angolare grossolana nella restante parte del profilo. Sono calcarei (7-8%) e talora percalcerei (15%). La reazione generalmente subalcalina (pH 8,2), in taluni casi scende a neutra (pH 7,2). Sono poveri in sostanza organica e passano a dotazione media raramente. La conducibilità elettrica risulta bassa o molto bassa (0,1-0,2 mS/cm), con alcuni punti in cui acquista valori medi od elevati, specie in profondità, per l'abbondante presenza di solfati (1,8 mS/cm). Durante la stagione asciutta manifestano crepaccature.

La morfologia è collinare, con pendenze da moderate ad elevate e risultano ubicate prevalentemente nel settore orientale.

L'uso più diffuso è rappresentato dal pascolo, ma si rinvengono aree investite a colture cerealicole ed arboree. Sono presenti anche piccole superfici interessate dal rimboschimento. L'erosione idrica diffusa varia da moderata a forte. La potenzialità agronomica oscilla da bassa a molto bassa.

Chromic Haploxererts

Interessano una superficie di 1.529 ha, pari al 13,16% della superficie totale. I suoli che vi rientrano sono a profilo Ap-C hanno caratteri vertici ben espressi (crepacciature durante l'estate, granulazione superficiale e facce di scivolamento lungo il profilo), sono molto profondi ed omogenei e di colore umido grigio oliva scuro (5Y 3/2), asciutto grigio brunastro chiaro (2,5Y 6/2). Lo scheletro è scarso o assente lungo il profilo; la tessitura è argillosa con un contenuto in argilla superiore al 50% e con punte del 71%. L'aggregazione, granulare nella parte più superficiale, passa a poliedrica angolare grossolana in profondità. La reazione è sub-alcalina ed il contenuto in carbonati è medio (7-9%). La dotazione in sostanza organica è scarsa e passa a valori medi in alcuni casi.

Si riscontrano su morfologie collinari, lungo i versanti del fondovalle, in prossimità di aree pianeggianti o dolcemente ondulate e, soprattutto nella parte centro-orientale del comprensorio.

L'uso prevalente è rappresentato dal seminativo, ma si rinvengono anche le colture arboree (oliveto, vigneto). L'erosione è quasi assente. La potenzialità agronomica è generalmente buona.

Vertic Xerochrepts

Occupava una superficie di 3.009 ha, pari al 25,90% della superficie totale. In tante piccole aree si riscontrano le fasi erose, in cui, talvolta, affiora il substrato. Interessano una superficie di 281 ha (2,41%) in cui sono causa predisponente: l'elevatore tenore in argilla, le pendenze piuttosto elevate e l'uso agricolo indiscriminato del seminativo. Sono a profilo A-Bwss-C, con alcuni caratteri vertici (crepacciature durante l'estate e piccole facce di scivolamento), molto profondi (oltre cm 100), di colore bruno grigiastro (2,5Y 5/2). Lo scheletro è assente o scarso e soltanto in qualche caso passa ad abbondante lungo il profilo; la tessitura è sempre argillosa con tassi di argilla anche del 70%; l'aggregazione, granulare e poliedrica sub-angolare nell'orizzonte di

superficie, diviene angolare grossolana tendente a prismatica negli orizzonti profondi. La reazione è sub-alcalina ed il contenuto in carbonati è abbondante. Sono scarsamente dotati in sostanza organica e passano a mediamente dotati in pochissimi casi. La conducibilità elettrica risulta molto bassa e sale leggermente in profondità, per la presenza di solfati.

Interessano esclusivamente la zona centrale adiacente al valone Tumarrano. La morfologia, generalmente collinare, si presenta in leggero o moderato pendio. L'utilizzazione risulta essere il seminativo, l'arboreto e il pascolo. L'erosione è moderata e spesso è bilanciata dal materiale terroso depositato dalle acque di scorrimento superficiale provenienti dalle quote più elevate. In alcune aree si riscontra erosione di massa che interessa tutto il versante. La potenzialità agronomica oscilla da buona a discreta.

I suoli su sabbie ed arenarie da giallastre a grige, con stratificazione incrociata, alternata con peliti e lenti conglomeratiche (Miocene medio)

Risultano ubicate ad una altimetria sempre superiore ai 500 m s.l.m.. In altre aree della Sicilia i suoli più evoluti su questa formazione sono a profilo A-Bt-C, a tessitura grossolana, alcalinei e subacidi. Nell'ambito del territorio studiato, questo tipo pedologico non è stato riscontrato, ma è largamente diffuso nelle vicinanze. I tipi pedologici attualmente presenti sono il risultato di uno smantellamento della parte superiore del profilo, favorito dalle pendenze, dall'attività antropica e dall'andamento pluviometrico soprattutto autunnale.

I suoli individuati rientrano fra i: Typic Xerorthents, i Typic Xerochrepts ed i Calcixerollic Xerochrepts. Nella Carta dei Suoli, ogni tipo pedologico è stato cartografato separatamente. In alcune aree si riscontrano delle aree miste, in cui affiora la roccia di natura conglomeratica, calcarenitica o carbonatica. La superficie ricoperta ammonta a 260 ha (2,24%).

Typic Xerorthents

Interessano una superficie di 239 ha, pari al 2,06% della superficie totale. Mostrano un profilo Ap-C o A-C, da poco profondo (< 30 cm) a mediamente profondo (< 60 cm), di colore giallo pallido (5Y 7/3). Lo scheletro oscilla da assente a comune (10% circa). La tessitura risulta franco-sabbiosa. L'aggregazione, tendenzialmente grumosa e poliedrica sub-angolare,

nella parte più superficiale, diviene poliedrica sub-angolare più grossolana nella restante parte del profilo. Risultano percalcarei (15-20% di CaCO_3) e a reazione sub-alcaina. Generalmente sono poveri in sostanza organica e passano talora a dotazione media. La conducibilità elettrica risulta bassa.

Interessano alcune superfici poste nel settore orientale del territorio. La morfologia è collinare e talora assume forme montane (730 m s.l.m. e pendenze elevate).

L'uso prevalente è rappresentato in larga parte dal bosco e dal pascolo, ma si rinvengono piccole aree investite a colture cerealicole ed arboree. Sono presenti anche superfici interessate dal rimboschimento. L'erosione idrica oscilla da assente ad elevata. La potenzialità agronomica è generalmente bassa.

Typic Xerochrepts

Occupano un'estensione di ha 400 (3,44%). Il loro profilo è del tipo Ap-Bw-C, da mediamente profondo a molto profondo (60-90 cm e più), di colore asciutto da bruno grigiastro (10YR 5/2) a giallo pallido (5Y 7/3) e rimane caratterizzato da una scarsa quantità di scheletro (talvolta assente), da una tessitura franco-sabbiosa (argilla 16-17%) e da un'aggregazione che da grumosa nella parte superficiale, diviene poliedrica sub-angolare ed angolare con la profondità. La reazione mostra valori sub-alcaini; i carbonati sono ben rappresentati. Il contenuto in sostanza organica risulta da povero a medio. La conducibilità è molto bassa.

Sono localizzati in due aree, site nell'estremità nord-orientale del comprensorio. La morfologia è collinare, con pendenze da lievi a moderate.

I suoli vengono utilizzati per le colture arboree, soprattutto vigneto e oliveto, limitatamente per il seminativo. L'erosione idrica oscilla da leggera a moderata. La potenzialità agronomica è buona.

Calcixerollic Xerochrepts

Interessano una superficie di 200 ha (1,72%). Il loro profilo è del tipo Ap-Bk-C, da mediamente profondo a molto profondo (60-90 cm e più), di colore asciutto bruno grigiastro (10YR 5/2) in superficie e bruno pallido (10YR 6/3) in profondità. Risultano caratterizzati da una scarsa quantità di scheletro, da una tessitura franco argilloso sabbiosa (argilla 20% circa) in superficie e sabbiosa in profondità; da un'aggregazione grumosa nella par-

te superficiale e poliedrica sub-angolare in profondità e dalla presenza di concrezioni di carbonati al di sotto dei 25 cm. La reazione mostra valori sub-alcini (pH 8,3-8,4); i carbonati aumentano lungo il profilo, passando dal 10 al 18% per poi riscendere. Il contenuto in sostanza organica risulta basso. La conducibilità elettrica è bassa.

Sono localizzati in due aree, site nell'estremità nord-orientale del comprensorio. La morfologia è collinare, con pendenze lievi e molto lievi.

L'uso dei suoli consiste nelle colture arboree (oliveto, mandorleto e vigneto). Talora si riscontra il seminativo. L'erosione oscilla da assente a forte. La potenzialità agronomica è generalmente buona.

I suoli sulle formazioni del Flysch Numidico (Miocene inferiore)

Risultano estesi 4.457 ha, pari al 38,37% della superficie totale. Il Flysch numidico costituisce la formazione più antica dell'area. I processi della pedogenesi sono iniziati sotto un clima più umido dell'attuale.

Sono stati individuati i suoli che evolvono sulle intercalazioni pelitiche (estesi 3.445 ha, pari al 29,66% della superficie totale), e quelli sulle arenarie in strati e banchi (estesi 1.012, pari al 8,71% del totale).

I suoli sulle intercalazioni pelitiche del flysch numidico (Miocene inferiore)

Nelle aree più conservate si riscontrano suoli a profilo A-E-Bt-C, argillosi, acalcarei, acidi e con un orizzonte argilloso potente. I tipi pedologici attualmente presenti sono il risultato di un processo di risaturazione in atto, dominato dal clima e dall'uso (soprattutto con il seminativo e con la pratica del debbio). I tipi pedologici che si allontanano di più dal profilo completo sono legati all'erosione che ha smantellato più o meno profondamente il profilo. L'erosione è favorita dalle pendenze e dall'utilizzazione agricola, soprattutto con il seminativo. Il clima attuale determina lisciviazione durante l'inverno e il manifestarsi di alcuni caratteri vertici nei suoli argillosi. I suoli poco profondi posti ad una quota inferiore a 500 m circa, manifestano un pe-

riodo asciutto molto lungo e le risposte produttive del frumento sono molto aleatorie.

I suoli che si riscontrano sono stati inseriti fra gli Xerertic Torriorthents, i Typic Xerorthents ed i Vertic Haploxeralfs. Nella Carta dei Suoli corrispondono a tre unità cartografiche distinte.

Xerertic Torriorthents

Occupano una superficie di 1.324 ha (11,40%). Mostrano un profilo Ap-C, poco profondo (< 25 cm), di colore asciutto bruno giallastro scuro (10YR 4/4). Lo scheletro oscilla da assente a comune (10% circa), di natura arenaceo. La tessitura risulta argillosa con tassi di argilla superiore al 40%. L'aggregazione, tendenzialmente grumosa e poliedrica sub-angolare e angolare nella parte più superficiale, diviene poliedrica angolare grossolana tendente a massiva nella restante parte del profilo. Durante la stagione asciutta manifestano delle piccole crepacciature. Risultano acalcarei e a reazione neutra. Sono nella maggior parte dei casi poveri in sostanza organica. La conducibilità elettrica risulta molto bassa.

Si presentano ubicati nella metà inferiore dei versanti del vallone Tumarrano. La morfologia è collinare, con pendenze da moderate ad elevate. Le quote generalmente sono inferiori ai 500 m s.l.m.. L'uso prevalente è costituito dal pascolo e dal seminativo. L'erosione idrica, diffusa ed incanalata, è forte. La potenzialità agronomica è molto bassa.

Typic Xerorthents

Risultano estesi 1.001 ha (8,61%). Mostrano un profilo Ap-C, poco profondo (< 25 cm), di colore asciutto fra il bruno ed il bruno scuro (10YR 4/3). Lo scheletro oscilla da assente a comune (10% circa) di natura arenaceo. La tessitura risulta argillosa con tassi di argilla del 60% circa. L'aggregazione, tendenzialmente grumosa e poliedrica sub-angolare e angolare nella parte più superficiale, diviene poliedrica angolare grossolana tendente a massiva nella restante parte del profilo. Durante la stagione asciutta manifestano delle piccole crepacciature. Risultano acalcarei e talora ipocalcarei e la reazione è neutra o subalcalina. Sono nella maggior parte dei casi poveri in sostanza organica. La conducibilità elettrica risulta molto bassa.

Si presentano ubicati nella metà superiore dei versanti del vallone Tumarrano. La morfologia è collinare, con pendenze elevate. Le quote generalmente sono superiori ai 500 m s.l.m..

L'uso prevalente è costituito dal pascolo e limitatamente dal seminativo. L'erosione idrica, diffusa ed incanalata, è forte. La potenzialità agronomica oscilla da bassa a molto bassa.

Vertic Haploxeralfs

Occupano una superficie di 978 ha (8,42%). Il loro profilo è del tipo Ap-Bt-C, da profondo a molto profondo (100 cm e più). Mostrano un colore asciutto che varia dal bruno (7,5YR 4/4) a bruno giallastro scuro (10YR 4/4), uniforme lungo lo spessore del suolo. In alcuni casi si riscontrano delle screziature di colore giallo rossastro (7,5YR 6/6). Lo scheletro è scarsamente presente o assente. La tessitura è argillosa; l'aggregazione, granulare nella parte più superficiale, passa a poliedrica angolare e prismatica in profondità. La reazione varia da sub-acida a neutra. Assenti i carbonati. Presentano delle fessurazione durante la stagione asciutta e calda. In generale, hanno una dotazione in sostanza organica da povera a media. La conducibilità elettrica è bassa.

Risultano ubicati nella fascia sommitale, al di sopra prevalentemente dei 500 m, dell'unità morfologica collinare Pizzo Ficuzza (781 m s.l.m.). Le pendenze oscillano da moderate ad elevate. L'uso prevalente è costituito dal seminativo e dal pascolo. L'erosione idrica, diffusa ed incanalata, oscilla da leggera a moderata; talora è presente l'erosione di massa. La potenzialità agronomica varia da discreta a bassa.

I suoli sulle arenarie in strati e banchi del flysch numidico (Miocene inferiore)

Interessano un'are di 1.012 ha (8,71%). Anche su questa formazione, nelle aree più conservate, si riscontrano suoli a profilo A-E-Bt-C, da franco-sabbiosi a franco-sabbiosi-argillosi, acalcarei, acidi e con un orizzonte argillico potente. Non sono presenti tuttavia nell'area in esame. I tipi pedologici attualmente presenti sono il risultato di un processo di risaturazione in atto, dominato dal clima e dall'uso (sovrapascolamento). I tipi pedologici che si allontanano di più dal profilo completo sono legati all'erosione che ha smantellato più o meno profondamente il profilo. L'erosione è favorita dalle pendenze e dall'utilizzazione agricola, soprattutto con l'arboreto. Il clima attuale determina lisciviazione durante l'inverno e notevole aridità estiva. Risultano ubicati quasi sempre al di sopra dei 500 m s.l.m..

I suoli si inseriscono fra i Typic Xerorthents, i Lithic Xerochrepts ed i Typic Xerochrepts. Nella Carta dei suoli essi sono stati inseriti in un'unica unità cartografica (complesso di suoli), che occupa una superficie di 908 ha (7,82%). La rimanente area estesa 103 ha (0,89%) è interessata da roccia affiorante di natura quarzarenitica.

Typic Xerorthents

Mostrano un profilo A-C, poco profondo (< 22 cm), di colore asciutto da bruno (10YR 4/3) a bruno giallastro (10YR 5/4). Lo scheletro oscilla da assente a comune (10% circa). La tessitura risulta franco-sabbiosa (argilla 17% circa). L'aggregazione, è tendenzialmente grumosa e poliedrica sub-angolare. Risultano assenti i carbonati. La reazione generalmente è neutra (pH 6,9). Sono nella maggior parte dei casi mediamenti dotati in sostanza organica. La conducibilità elettrica risulta molto bassa.

Interessano le creste sommitali della maggior parte delle unità collinari arenacee del comprensorio. Le pendenze oscillano da moderate ad elevate. L'uso prevalente è rappresentato in larga parte dal bosco e dal pascolo. L'erosione idrica diffusa oscilla da forte a leggera. La potenzialità agronomica è molto bassa.

Lithic Xerochrepts

A questo sottogruppo afferiscono suoli che hanno un contatto litico entro 50 cm di profondità e mostrano un profilo di tipo Ap-Bw-C, mediamente profondo (< 40 cm), di colore bruno scuro (10YR 4/3) in superficie e bruno giallastro (10YR 5/6) in profondità. Lo scheletro varia da abbondante a scarso lungo il profilo; la tessitura è franco-argilloso-sabbiosa e l'aggregazione grumosa nella parte più superficiale, diviene poliedrica sub-angolare in profondità. La reazione oscilla da sub-acida in superficie ad acida in profondità; il contenuto in carbonati è assente. Risultano ben dotati in sostanza organica in superficie, che diminuisce con la profondità.

Si riscontrano nella parte centrale ed orientale della valle del Tumarrano. La morfologia è collinare, con pendenze da moderate ad elevate e le quote oscillano dai 400 ai 650 m s.l.m.. L'utilizzazione è il pascolo, il bosco e, secondariamente, le colture arboree (olivo, mandorlo). L'erosione idrica diffusa oscilla da moderata ad elevata ed in alcune aree è presente quella incanalata. La potenzialità agronomica varia da molto bassa a bassa.

Typic Xerochrepts

Il loro profilo è del tipo Ap-Bw-C, da mediamente profondo a molto profondo, di colore asciutto bruno giallastro scuro (10YR 4/6) in superficie, bruno giallastro (10YR 5/6) in profondità. Rimane caratterizzato da una scarsa quantità di scheletro (talvolta assente), da una tessitura argilloso-sabbiosa in superficie e franco-argillosa in profondità e da un'aggregazione che da grumosa nella parte superficiale, diviene poliedrica sub-angolare ed angolare con la profondità. La reazione mostra valori neutri in superficie e acidi in profondità; i carbonati sono assenti. Il contenuto in sostanza organica risulta medio. L'uso prevalente è il pascolo, il vigneto, l'oliveto ed il bosco. L'erosione idrica diffusa varia da moderata ad assente. La potenzialità agronomica oscilla da buona a discreta.

Conclusioni

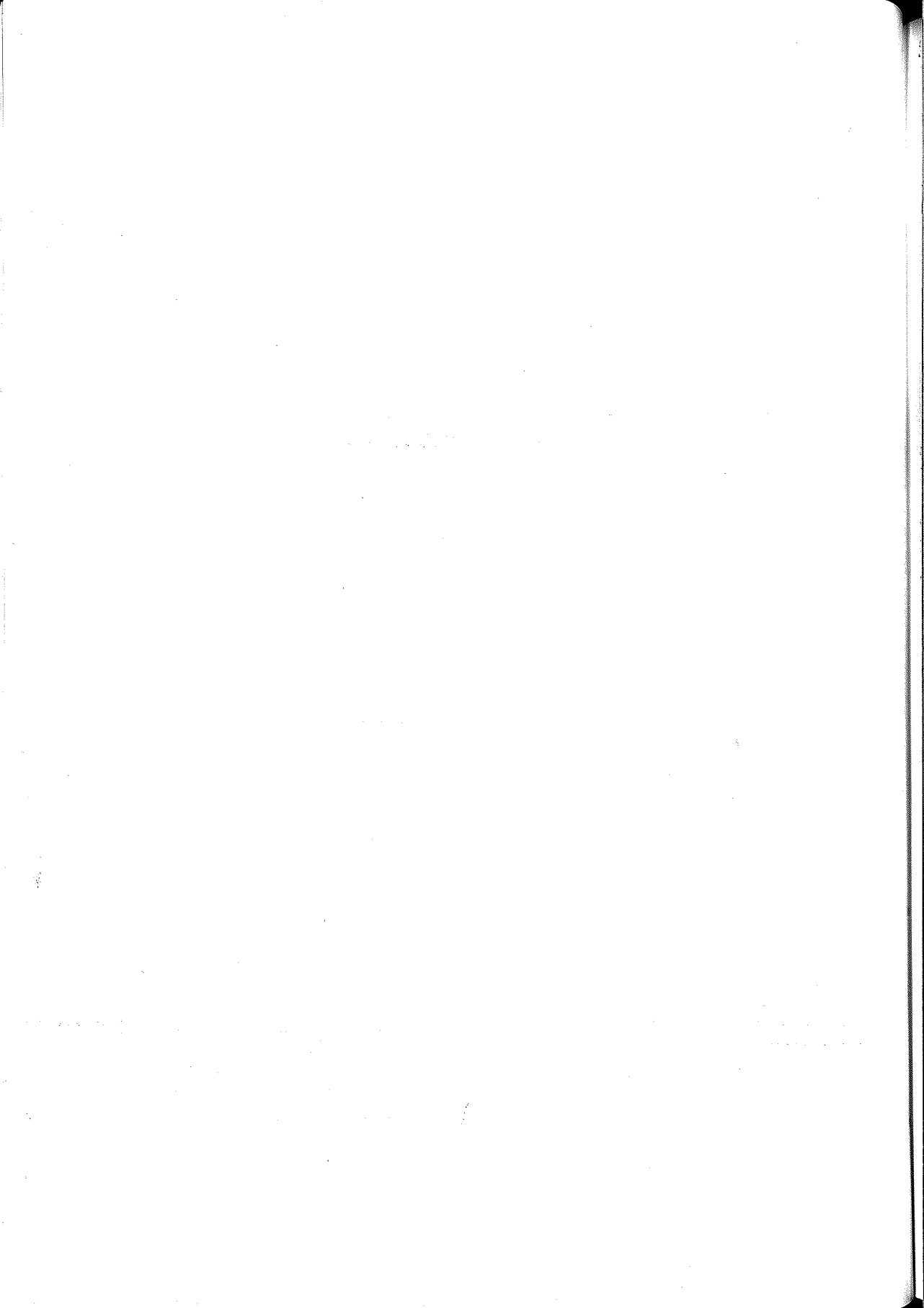
La ricerca ha messo in evidenza la complessità del panorama pedologico dell'area studiata, oltre a quella del territorio che presenta svariate sfaccettature di ordine morfologico e di utilizzazione.

I suoli del comprensorio presentano caratteristiche fisico-chimiche e biologiche diversificate in funzione del substrato, della giacitura, dell'altimetria e dell'uso. Nel complesso si riscontrano suoli da molto profondi a superficiali, da argillosi a franco sabbiosi, da percalcarei ad acalcarei; da sub-alcalini a sub-acidi; da non salini a leggermente salini per la presenza di solfati. La potenzialità agronomica varia da elevata a molto bassa.

La disponibilità di una elevata massa di dati pedologici e ambientali potrà consentire in futuro di valutare l'adattabilità dei singoli tipi pedologici alla coltura del grano duro che rappresenta il sistema culturale più ricorrente nella zona.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ABATE B., RENDA P., TRAMUTOLI M. (1988): *Carta geologica dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali*. Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo.
- 2) FIEROTTI G. (1982): *La valutazione del territorio: criteri informativi e rapporti fra suolo e ambiente*. Atti del convegno: Metodologie di rilevamento e rappresentazione cartografica per la valutazione del territorio. Sviluppo Agricolo Num. Spec., Palermo.
- 3) FIEROTTI G., DAZZI C., RAIMONDI S. (1988): *La valutazione delle terre a fini agricoli: principi, metodi ed applicazioni*. Quaderni di Agronomia n. 12. Palermo.
- 4) RAIMONDI S. (1991): *L'impiego dei dati termopluviometrici in pedologia: il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentennio 1921-1950*. In: Atti convegno «Agrometereologia e Telerilevamento». Agronica, Palermo, Italia, pp. 76-92.
- 5) RAIMONDI S. (1993): *Il clima ed il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentaduenno 1951-1982*. Quaderni di Agronomia, 13. Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee di Palermo, Italia, pp. 24-51.
- 6) RAIMONDI S., POMA I., FRENDA A.S. (1996 in corso di Stampa): *Il pedoclima come fattore di sensibilità ambientale: esempio di metodologia applicata all'agro di Sparacia-Cammarata (AG)*. Comunicazione presentata al XXX Convegno annuale della S.I.A. su "Innovazioni nella ricerca per nuovi orizzonti della scienza agronomica", Perugia 3-6 giugno 1996.
- 7) SOIL SURVEY STAFF (1993): *Soil survey manual*. United States Department of Agriculture, Washington.
- 8) SOIL SURVEY STAFF (1994): *Keys to Soil Taxonomy*. Sixth Edition. United States Department of Agriculture, Washington.



I SUOLI SUL GRANITO DEL M.TE CAPANNE (ISOLA D'ELBA, ITALIA). ANALISI GEOSTATISTICA E SEQUENZE EVOLUTIVE

CLAUDIO BINI¹, CESARE DE SIENA²

¹ Università di Venezia, Dipartimento di Scienze Ambientali
Dorsoduro, 2137 - 30123 - Venezia.

² Università di Firenze, Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta
Piazzale Cascine 18, 50144 - Firenze.

Riassunto

Si riferiscono i risultati di una analisi statistica multivariata (PCA) applicata a 27 variabili geochimiche di suoli su rocce granitiche dell'Isola d'Elba (Toscana, Italia).

Tramite tale elaborazione è stato possibile individuare sei componenti che raccolgono gruppi di variabili riferibili a diversi gradi di alterazione pedogenetica, evidenziando popolazioni di campioni significativamente differenti in ordine alla composizione chimica ed alla mobilizzazione degli elementi nel profilo.

In particolare è stata osservata una correlazione tra parametri chimici e stazionali (altitudine, esposizione), che ha condotto alla identificazione di alcune sequenze evolutive di suoli nei differenti paesaggi.

Alle quote <500 m corrispondono i suoli nelle prime fasi di evoluzione (Entisuoli ed Inceptisuoli), con variazioni notevoli nel grado di mobilizzazione di elementi.

A quote >500 m si individua una sequenza tassonomica in cui predominano i Mollisuoli, dapprima poco evoluti (sottogruppi litici ed entici), poi con maggiore evoluzione e desaturazione (tipici ed ultici), fino alla formazione dell'epipedon umbrico.

Situazioni tassonomicamente più evolute sono intimamente legate al clima dell'isola. Sul versante Nord si attuano le condizioni idonee per la formazione di Alfisuoli. Nel versante Sud si sviluppano situazioni pedologiche e traslocazioni elementari consistenti con la presenza di un orizzonte argillico, oltre a "croste" poligonali di indurimento, tipiche degli ambienti aridi. Si può ipotizzare per questi suoli la creazione di un intergrado tassonomico verso gli Aridisuoli.

In definitiva la PCA applicata allo studio dei suoli sul M.te Capanne si è rivelata una tecnica efficace per stabilire le sequenze pedogenetiche, risultan-

do in ottimo accordo con le osservazioni di campagna ed offrendo spunti per la riconsiderazione della nozione di pedoclima "torrico" al di sopra del 35° parallelo, nel bacino del Mediterraneo.

Parole chiave: suoli granitici; pedogeochimica; litosequenze; suoli Toscana; PCA.

Summary

The granitic soils at Mount Capanne (Elba island, Italy). Geostatistical analysis and evolution sequences.

A multivariate statistical analysis (PCA) was carried out on 27 pedochemical variables from 78 horizons of granitic soils in Tuscany. The PCA allowed constitution of 6 groups of variables referred to different degrees of pedogenic alteration, and recognition of different sample populations as regards chemical composition and element mobilisation.

Relevant correlations were observed between chemical variables and site parameters (elevation, exposure). Therefore, the identification of the evolutionary trend of soil sequences in different landscapes was enhanced.

At elevation <500 m soils at the first stage of evolution (Xerorthents, Xerochrepts) are found, with differential element mobilisation from lithic to typic subgroups; geomorphic surface stability allows formation of Fragiochrepts.

At elevation >500 m Mollisols are prevalent, from the less evolved (lithic, entic and typic subgroups) to the unsaturated ones (Ultic Haploxerolls); increasing desaturation leads to the formation of the umbric epipedon (Entic Xerumbrepts).

Situations taxonomically more complex are related to the climate of the island. The North-facing slopes are consistent with the formation of Alfisols (Ultic Haploxeralfs), while the South-facing ones present elemental translocations and indurated crusts typical of aridic environment. Therefore, a taxonomic intergrade towards Aridisols (Xeralfic Haplargid) is proposed.

The results obtained show that the PCA is a useful tool to establish soil sequences in accordance to field description and classification. Moreover, on the basis of the statistical elaboration, it is suggested to reconsider and extend the concept of "torric" soil moisture regime besides the present limits of latitude, in the mediterranean basin.

Key words: granitic soils; pedochemistry; lithosequences; soils of Tuscany; PCA.

Introduzione

Nel corso di uno studio sulla genesi e la geografia dei suoli del M.te Capanne (Isola d'Elba), condotto nel quadro di una

più ampia ricerca sulla pedogenesi in ambiente mediterraneo (Bini et al., 1994; De Siena et al., 1995; De Siena, 1996), sono emerse alcune incongruenze legate alla natura della roccia madre, alla posizione dei suoli nel paesaggio ed alle condizioni pedoclimatiche, fattori che regolano appunto la genesi e l'evoluzione del suolo (Jenny, 1980).

Appariva infatti problematica la presenza di un epipedon mollico in profili di suolo sviluppatisi da un substrato decisamente acido, com'è la granodiorite di M.te Capanne. Inoltre si presentavano alcuni problemi di inquadramento tassonomico di suoli nei quali una elevata mobilità geochimica sembrava indirizzare la pedogenesi verso situazioni intermedie fra categorie anche abbastanza lontane tra loro.

Si è pertanto ritenuto di eseguire un'analisi statistica sui dati pedogeochimici relativi ad alcuni profili rappresentativi della tipologia dei suoli dell'area di M.te Capanne, con lo scopo di verificare:

- se, sotto l'azione dei fattori della pedogenesi, la composizione elementare dei differenti comparti del suolo si diversifica, dando così origine a pedosequenze;
- se l'applicazione di un modello statistico può fornire una chiave oggettiva per la classificazione di suoli con caratteri di intergrado.

Ambiente

Litologia e morfologia

Il sistema montuoso di M.te Capanne costituisce l'intera parte occidentale dell'isola d'Elba, e ne rappresenta il rilievo più alto (1.018 m). Si tratta di un batolite isolato con struttura sub-circolare, con morfologia aspra nella parte più interna e più dolce spostandosi verso le quote più basse.

Litologicamente è una struttura piuttosto omogenea (De Siena, 1996), costituita da rocce ignee acide di composizione prevalentemente granodioritica, con porfidi e filoni aplitici.

Morfologicamente si distinguono aree con differenti caratteristiche. Alle quote più alte (> 600 m) il rilievo presenta pendenze tra 60% e 80%, con valli ripide e poco profonde, a profilo lineare, separate da crinali acuti, con scarsa copertura vegetale. A quote inferiori (fino circa 200 m) il rilievo degrada verso il mare con pendenze medie del 40%, crinali arrotondati, incisioni poco profonde con versanti convessi. Il tratto costiero (quote < 200

m) è invece caratterizzato da aree ad elevata pendenza (50%), con la roccia che spesso costituisce un'alta falesia, con incisioni poco profonde, a versante rettilineo e crinale dal profilo acuto.

Clima

Il clima dell'isola è genericamente definito di tipo mediterraneo, con temperature medie annue intorno a 15°C e precipitazioni comprese fra 500 e 900 mm, a seconda dell'orografia (De Siena, 1996). All'interno di questa definizione, per l'area di M.te Capanne possiamo distinguere tre differenti regioni:

- clima mediterraneo umido ad inverno fresco: caratterizza le zone a quota > 600 m, con precipitazioni elevate e basse temperature invernali;

- clima mediterraneo umido ad inverno dolce: caratterizza le pendici medio-basse, in particolare sul versante settentrionale, con precipitazioni abbondanti e temperature miti;

- clima mediterraneo sub-umido ad inverno caldo: caratterizza la fascia litorale, specialmente nelle esposizioni sud, e presenta marcata aridità estiva.

Dal punto di vista pedoclimatico, il regime di temperatura è *termico* fino alle quote < 600 m, e *mesico* per quelle più elevate, mentre quello di umidità è definito *xerico*, con deficit idrico estivo più o meno marcato, fino al limite dell'aridico, a seconda della quota, dell'esposizione e del tipo di suolo.

Vegetazione

La vegetazione che caratterizza il M.te Capanne, come tutta l'isola salvo le aree coltivate, è la macchia mediterranea, presente con varie tipologie: macchia bassa chiusa a *cistus* ed *erica*, macchia bassa aperta a *genista* (alle quote più alte), macchia/stepa ad *ampelodesmos*, macchia alta a leccio e corbezzolo; sono frequenti anche il bosco misto di latifoglie a prevalenza di leccio, il castagneto più o meno puro nei versanti freschi ed umidi, i rimboschimenti di conifere.

Materiali e metodi

Su 78 campioni di terra fine provenienti da altrettanti orizzonti di 17 profili di suolo aperti sul M.te Capanne (Tab. 1) so-

Tab. 1 - Classificazione e collocazione geografica dei profili esaminati.

Profilo	Classificazione	Quota m s.l.m	Esposizione	Pendenza %
1	Typic Xerochrept	530	N	15
2	Ultic Haploxeroll	725	N	40
3	Lithic Haploxeroll	1000	N	20
4	Ultic Haploxeralf	330	E	15
5	Fluventic Xerochrept	480	S	10
6	Typic Haploxeroll	420	NE	20
7	Lithic Xerorthent	25	SE	10
8	Xeralfic Haplargid	220	SE	20
9	Entic Haploxeroll	430	S	10
10	Ultic Haploxeroll	600	SW	10
11	Typic Xerochrept	200	NW	15
12	Typic Xerochrept	700	S	10
13	Lithic Xerochrept	180	NW	15
14	Typic Xerochrept	380	SW	35
15	Lithic Xerumbrept	585	E	10
16	Typic Xerochrept	40	N	25
17	Lithic Xerorthent	160	S	10
18	Entic Haploxeroll	800	E	5
19	Typic haploxeroll	830	S	15
20	Typic Fragiochrept	300	N	15
21	Lithic Xerorthent	250	W	10
22	Typic Xerorthent	200	S	20
23	Typic Xerochrept	580	S	10

no stati determinati gli elementi maggiori (Si, Al, K, Fe, Mg, Ca, Na, Ti, P, Mn) ed in traccia (Ba, Rb, Zr, Sr, Ce, La, Y, Nb), ed i parametri chimico-fisici (LOI, C.O., pH, CSC, AS, Saturazione, Sabbia, Limo, Argilla), per un totale di 27 variabili. Le descrizioni originali dei profili, i risultati delle analisi chimico-fisiche e la relativa elaborazione sono riportati integralmente in un precedente lavoro (De Siena, 1996).

Le variabili analizzate sono state trasformate adottando la procedura di Aitchison (1986) e successivamente trattate con tecniche di analisi statistiche di tipo multivariato, utilizzate di recente nella scienza del suolo (Vaselli et al., 1997). Tra queste, l'analisi dei componenti principali (PCA) ha consentito di individuare sei insiemi discreti (*componenti principali*), combinazioni lineari di tutte le variabili considerate, riducendo quindi il numero dei dati originali.

Risultati e discussione

Il numero dei componenti principali che descrivono la variabilità dei dati analizzati è stato definito adottando il criterio dell'autovalore > 1 (Tab. 2); ciascun componente contribuisce, in proporzioni diverse, a coprire cumulativamente l'82,5% della varianza totale (Tab. 2). In base alla ripartizione dei carichi (*loading factor*, Davis, 1986), ad ogni componente principale viene attribuito un insieme di variabili: più alto è il valore dei carichi, maggiore risulta il legame tra la variabile considerata ed il componente stesso (Tab. 2).

Tab. 2 - Matrice ruotata dei carichi (Factor Loadings) dei componenti C1-C6 rappresentanti l'82% della matrice iniziale di 27 variabili.

Variabili trasformate	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Al ₂ O ₃ *	0.96	-0.04	-0.02	0.06	0.09	0.00
MgO*	0.93	0.10	0.04	0.05	-0.08	-0.07
TiO ₂ *	0.89	-0.04	-0.26	-0.05	-0.12	0.08
Fe ₂ O ₃ *	0.89	0.04	-0.27	-0.06	-0.18	0.07
K ₂ O*	0.88	-0.10	0.25	0.07	0.19	-0.05
SiO ₂ *	0.83	-0.13	0.34	0.06	0.28	0.00
Na ₂ O*	0.55	-0.29	0.54	0.09	0.36	-0.09
Rb*	0.10	0.87	0.08	0.07	-0.17	-0.09
La*	0.07	0.77	0.01	0.00	-0.07	-0.09
Ce*	-0.26	0.77	0.02	-0.08	0.11	-0.15
Nb*	0.02	0.76	-0.24	-0.03	-0.25	0.05
Y*	-0.37	0.52	0.27	0.08	0.41	-0.23
Sr*	-0.18	0.19	0.80	-0.11	-0.36	0.00
CaO*	0.41	-0.37	0.71	0.03	0.18	-0.05
Sabbia*	-0.06	0.19	0.69	0.24	0.38	-0.10
P ₂ O ₅ *	-0.52	-0.21	0.53	-0.33	0.04	-0.20
Sat.basi*	0.10	0.05	-0.10	0.91	0.17	-0.05
Ac.Sc.*	0.07	0.10	-0.15	-0.86	0.03	0.21
C.S.C.*	0.10	0.18	-0.10	0.75	0.26	0.41
pH*	-0.36	-0.40	0.21	0.57	-0.19	0.01
Ba*	-0.06	0.27	-0.05	-0.13	-0.82	0.00
L.O.I.*	0.10	-0.16	-0.12	-0.02	-0.04	0.93
S.O.*	-0.53	-0.36	0.22	-0.15	-0.03	0.66
Aut. Val.	6.30	4.10	3.20	2.50	1.40	1.20
Var. %	28.10	17.80	14.10	11.10	6.00	5.30
Cum. %	28.10	45.90	60.10	71.10	77.20	82.50

L'interpretazione di ciascun componente in senso pedologico viene quindi definita dall'insieme delle variabili, riferibili a semplici concetti di *grado di alterazione chimica*:

C1 - comprende carichi positivi delle variabili trasformate Al, Mg, Fe, K, Si, Ti che rappresentano i principali elementi mobilizzati durante i processi di pedogenesi; questo fattore indica una avanzata alterazione dei minerali primari;

C2 - associa tra loro elementi in tracce quali Rb, La, Ce, Ni, Y che vengono rilasciati durante l'alterazione; rappresenta un indice diretto di estrema alterazione del suolo;

C3 - comprende valori elevati di Ca, Sr, Na, P e sabbia, caratteristici degli orizzonti che conservano ancora una relazione stretta con la roccia granitica;

C4 - comprende valori positivi della Saturazione in basi, della Capacità di Scambio e del pH, e valori negativi dell'Acidità di Scambio;

C5 - attribuisce alti carichi negativi a Ba e subordinatamente a Sr, in quanto entrambi sostituiscono Ca nei plagioclasti;

C6 - associa, con alti carichi relativi, la perdita d'acqua (L.O.I.) e la quantità di sostanza organica (C.O.).

La combinazione dei componenti principali permette così di studiare le associazioni di campioni di suolo dotati di caratteristiche simili nello spazio bi- e tridimensionale dei componenti stessi.

Diagrammi binari

Per rendere più semplice l'interpretazione dei dati sono stati costruiti dei diagrammi dove sono riportati i valori dei componenti principali e di alcune caratteristiche estrinseche dei suoli. Attraverso le relazioni binarie tra componenti si possono infatti definire insiemi di orizzonti e/o profili pedologici con caratteristiche comuni.

Nel diagramma dei componenti C1-C2 (Fig. 1) i suoli sono raggruppati in quattro aree che raccolgono rispettivamente:

area A - valori positivi di C1 e negativi di C2: suoli caratterizzati da evoluzione limitata, con scarsa mobilizzazione di elementi (profili 13, 17, 22 - *entisuoli ed inceptisuoli*);

area B - valori positivi di C1 e C2: suoli caratterizzati da evoluzione spinta, con concentrazioni elevate di elementi in traccia negli orizzonti profondi (profili 4, 8, 14, 16, 20 - *inceptisuoli ed alfisuoli*);

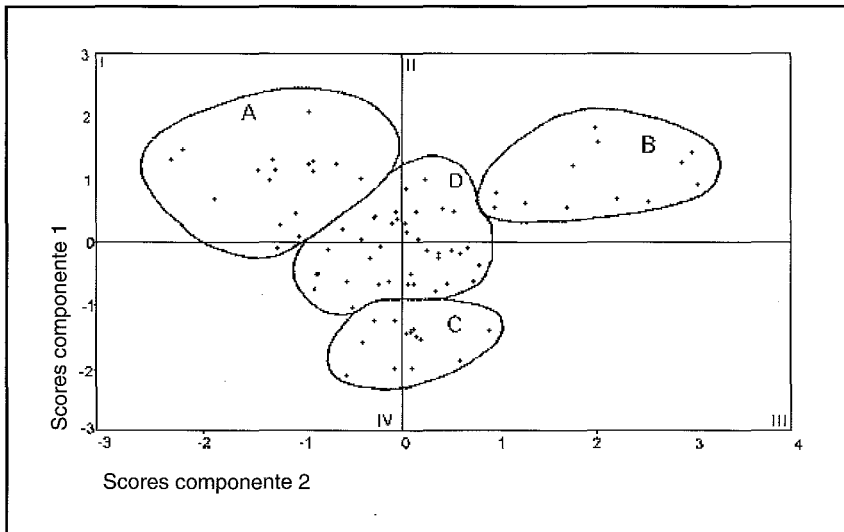


Fig. 1 - Diagramma binario della distribuzione dei valori (scores) dei campioni nello spazio dei componenti 1 e 2. Ciascun punto corrisponde ad un orizzonte di suolo.

area C - valori di C1 negativi e di C2 \approx 0: suoli caratterizzati da leggera lisciviazione di elementi ed elevata concentrazione di sostanza organica (profili 6, 19 - *inceptisuoli* e *mollisuoli*);

area D - valori di C1 e C2 nell'intorno di zero: suoli non caratterizzati significativamente dalle variabili comprese nelle componenti C1 e C2 (profili 2, 10, 12, 18 - *mollisuoli* ed *inceptisuoli* desaturati).

Altri diagrammi binari (che per questioni di spazio non sono rappresentati) mettono in evidenza la contrapposizione tra suoli desaturati (profili 2, 10, 12) e suoli saturi (profili 14, 16, 18, 19, 20) nello spazio definito dai componenti C1 e C4, e tra suoli più alterati (valori elevati di Fe e Ti, bassi valori di Na e Ca, tessitura argillosa: profili 4, 13, 20) e meno alterati (valori elevati di Na, K, Ca, tessitura sabbiosa: profili 10, 14, 16, 17, 22) nello spazio definito dai componenti C1 e C3.

Un dato interessante per l'interpretazione delle sequenze evolutive del Monte Capanne emerge dall'analisi dei rapporti tra i componenti principali e l'altitudine, che influenza marcatamente le condizioni climatiche, ed in particolare la distribuzione delle piogge (De Siena, 1996).

Come emerge dal grafico che correla il componente C1 con l'altitudine (Fig. 2), ad elevate concentrazioni di elementi (valori positivi di C1) nei suoli delle quote inferiori ai 400 m fa riscontro una perdita degli stessi elementi (valori negativi di C1) alle quote superiori ai 400 m. Tale inversione di tendenza è determinata da un impoverimento di elementi, cui si accompagna un notevole incremento di sostanza organica nei siti più elevati, in relazione con l'aumento delle precipitazioni rispetto alla fascia altimetrica più bassa. Il recupero di C1 verso valori positivi, alle quote superiori ai 600 m, potrebbe essere connesso invece con fenomeni di erosione dovuti all'aumento della pendenza dei versanti, con conseguente "ringiovanimento" chimico del profilo.

Lo stesso trend emerge dai diagrammi di Fig. 3, dove si osserva una netta correlazione negativa fra C4 ed altitudine (Fig. 3a), ed una correlazione positiva fra C6 ed altitudine (Fig. 3b). Nel primo caso infatti l'aumento di quota risulta inversamente pro-

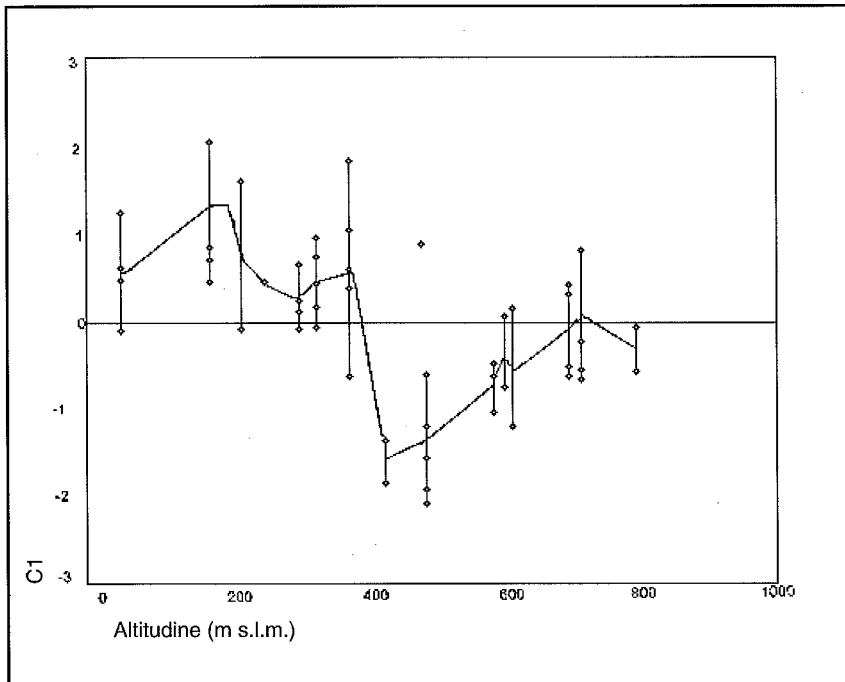


Fig. 2 - Diagramma binario del componente C1 in funzione dell'altitudine per alcuni profili selezionati. La massima variabilità di C1 per ciascun profilo è rappresentata dalla linea verticale.

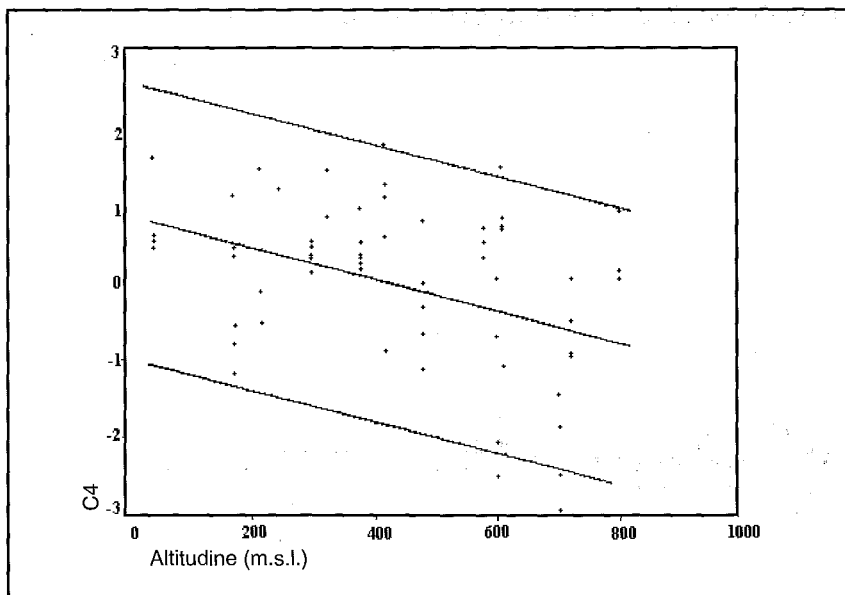


Fig. 3a - Diagramma binario del componente C4 in funzione dell'altitudine. I punti allineati verticalmente rappresentano un profilo completo.

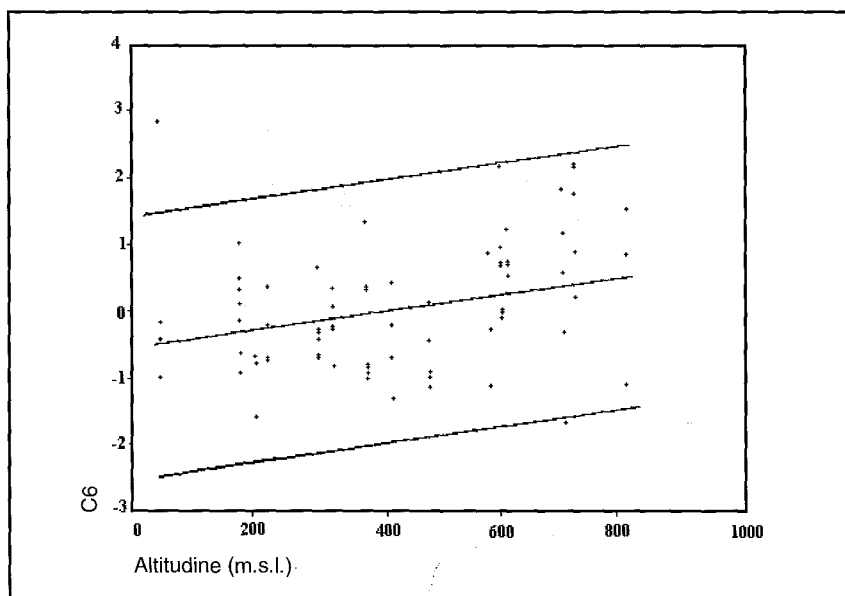


Fig. 3b - Diagramma binario del componente C6 in funzione dell'altitudine. I punti allineati verticalmente rappresentano un profilo completo.

porzionale alla CSC ed alla Saturazione (variabili presenti con carichi positivi in C4, v. Tab. 2) e direttamente proporzionale all'aumento di Acidità Scambiabile (variabile presente con carichi negativi in C4, v. Tab. 2). Nel secondo caso appare chiaro che l'aumento di quota è direttamente proporzionale con l'incremento di umidità (L.O.I.) e di S.O. (variabili presenti con carichi positivi in C6, v. Tab. 2).

La pedogenesi sembra dunque subire un netto cambiamento ad un'altitudine compresa fra i 400 ed i 600 m, indirizzandosi, alle quote più basse, verso tipi con elevata saturazione e nel contempo scarso dinamismo della sostanza organica, ed alle quote più elevate verso tipi con saturazione decrescente, ma in ogni caso con elevato dinamismo della sostanza organica.

In chiave tassonomica, ciò si traduce nel passaggio da epipedon ochrici ad epipedon mollici ed umbrici, ovvero in una sequenza che vede dominare gli orthents e gli ochrepts alle quote più basse, al fuisuoli intorno ai 4-500 m (verosimilmente su superfici morfologiche stabili) e quindi i mollisuoli e gli umbrepts al di sopra dei 500 m.

Diagrammi ternari

Da quanto visto in precedenza, l'utilizzazione delle relazioni binarie tra componenti principali risulta un valido approccio per evidenziare le caratteristiche *intrinseche* di ciascun profilo.

La rappresentazione delle caratteristiche chimiche mediante un sistema ternario consente invece di tracciare le linee di evoluzione pedogeochimica che hanno portato alla costituzione di sequenze di suoli, ponendo in evidenza le relazioni tra i differenti profili.

Fra tutti i diagrammi possibili ed utilizzati in petrografia (es. SiO_2 - Al_2O_3 - $\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}$; SiO_2 - Al_2O_3 - $\text{FeO}+\text{MgO}$) si è ritenuto utile realizzare (Fig. 4) un diagramma dei componenti principali C4-C3-C2 (quest'ultimo modificato misurando le distanze intercorrenti, per ciascun profilo, tra il minimo ed il massimo valore di C2, e che esprimono il *grado di mobilizzazione degli elementi in traccia* = G.M.T.).

Nelle prime fasi dell'alterazione (profili 17, 21, 22 - *entisuoli*) i suoli sono definiti da valori positivi del componente C3 e limitata mobilizzazione degli elementi in traccia (GMT \approx 0). Questi suoli hanno il complesso di scambio saturato ($\text{C4}>0$) dagli elementi rilasciati dai minerali primari durante l'alterazione. I pro-

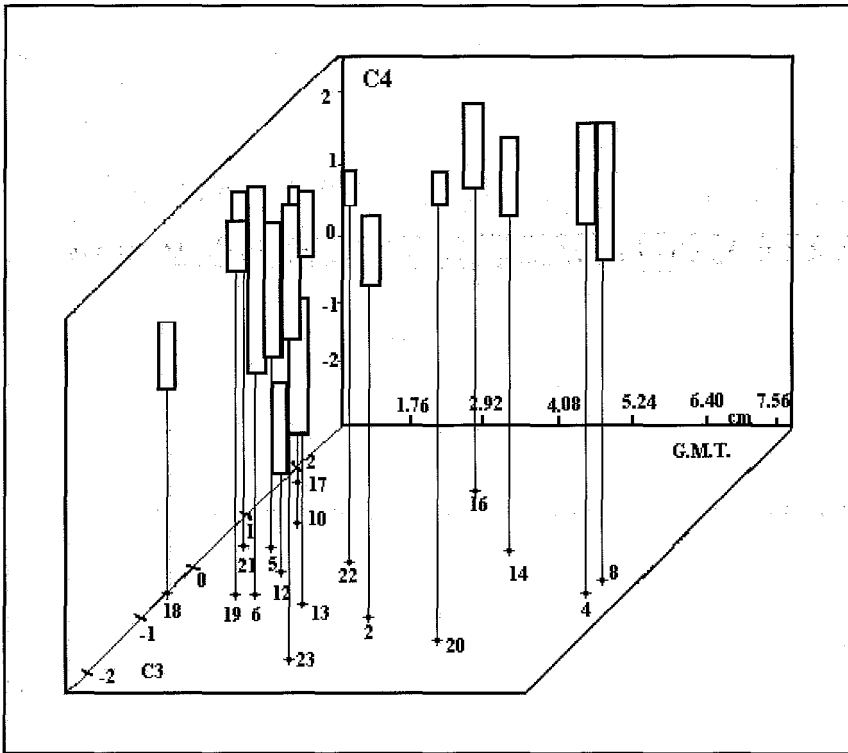


Fig. 4 - Diagramma tridimensionale delle variabili C3, C4, GMT (grado di mobilità degli elementi in traccia). Per facilitare l'interpretazione ciascun profilo di suolo è rappresentato schematicamente da un rettangolo, la cui proiezione è indicata sul piano di base da un punto numerato.

fili 2, 5, 6, 10, 12, 18, 19 presentano maggiore alterazione (valore di $C3 \approx 0$), e si collocano in una linea evolutiva passante dagli *xerolls* agli *umbrepts*, per progressiva desaturazione del complesso di scambio.

Più articolata appare la serie degli *ochrepts* (profili 14, 16, 20, 23), caratterizzati da alta saturazione ($C4 > 0$), ma da discreta variabilità dei componenti C3 e GMT.

Situazioni pedogenetiche più evolute di quelle descritte appaiono legate al clima. Sul versante nord, più fresco ed umido, si attuano le condizioni idonee per una consistente mobilitazione di elementi ($C1 > 0$, $C3$, $C4 \approx 0$; GMT elevato), e quindi verso la formazione di *alfisuoli* (profilo 4). Sul versante sud, più caldo ed arido, si sviluppano suoli come il profilo 8, che presenta traslo-

cazioni elementari analoghe al 4 ($C_1 > 0$, $C_3, C_4 \approx 0$), anche se morfologicamente meno espresse.

In chiave tassonomica, questo corrisponde alla transizione da un orizzonte cambico ad un argillico, (ovvero a suoli che presentano caratteri degli alfisuoli o di intergradi verso gli alfisuoli), e da pedoclima *xerico* ad *aridico*. In tal senso il profilo 8 si può inquadrare tassonomicamente negli aridisuoli, e più precisamente nel sottogruppo *xeralfico* degli *Haplargids*, ovvero in posizione gerarchicamente intermedia tra aridisuoli ed alfisuoli, come la sua connotazione geochimica suggerisce.

Conclusioni

L'interpretazione delle variabili chimico-fisiche mediante analisi statistica ha permesso di identificare alcune sequenze pedogenetiche sui versanti del batolite granitico di M.te Capanne, in funzione della quota e dell'esposizione.

In termini generali possono essere individuati due comparti pedogenetici:

- a) stazioni poste a quote inferiori a 400-500 metri;
- b) stazioni al di sopra di tale altitudine.

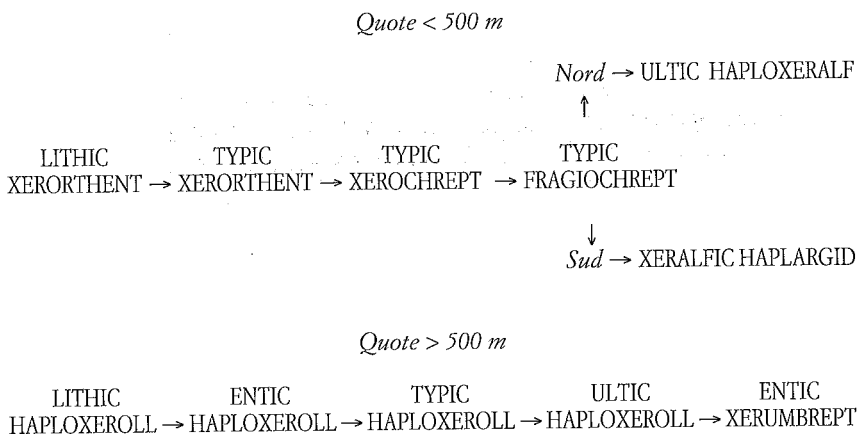
Nel comparto altimetrico inferiore le scarse precipitazioni (500-700 mm a S. Piero in Campo) e le quantità modeste di sostanza organica (media 2.8%, range 1.1-7.7%) determinano una pedogenesi moderata, con parziale redistribuzione degli elementi all'interno del profilo, dove si possono riscontrare processi di lisciviazione e di accumulo.

Lo stadio evolutivo più frequente è rappresentato dagli inceptisuoli (*Typic Xerochrepts*), mentre gli entisuoli (*Lithic e Typic Xerorthents*) caratterizzano l'anello inferiore del batolite, più vicino alla costa. L'evolversi verso tipi pedologici più complessi (*Typic Fragiochrept*, pr. 20; *Ultic Haploxeralf*, pr. 4; *Xeralfic Haplargid*, pr. 8) è attribuibile ad una varietà di microclimi che caratterizzano i versanti N e S.

Nelle stazioni poste alle quote più elevate si verificano invece perdite percentuali di elementi, provocate dalle maggiori precipitazioni (> 900 mm a Poggio di Marciana). In questa fascia altitudinale la pedogenesi sembra favorire da una parte l'accumulo di sostanza organica, dall'altra i processi di desaturazione. Ne risulta una pedosequenza in cui predominano i mollisuoli, dapprima poco evoluti (sottogruppi *litici* ed *entici* degli *Ha-*

ploxerolls), poi con maggiore evoluzione; si riscontrano infatti processi di lisciviazione, che possono condurre a desaturazione degli orizzonti profondi (*Typic ed Ultic Haploxerolls*). Questi suoli costituiscono i termini di passaggio verso le situazioni pedologiche favorevoli alla formazione dell'epipedon umbrico, e quindi degli *Xerumbrepts entici e litici*.

In chiave tassonomica, le sequenze evolutive identificate sul M.te Capanne sono rappresentate nello schema seguente:



In definitiva, la PCA applicata allo studio dei suoli sul M.te Capanne è risultata una tecnica efficace per stabilire alcune sequenze evolutive, in ottimo accordo con le descrizioni di campagna ed in taluni casi offrendo spunti per raffinate interpretazioni pedogenetiche, non evidenziabili attraverso le procedure abituali. Ulteriori dati sono tuttavia necessari per confermare quanto emerso da questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- 1) AITCHISON J. (1986): *The statistical analysis of compositional data. Monographs on Statistics and Applied Probability*. Chapman & Hall, London, pp. 416.
- 2) BINI C., DE SIENA C., VASELLI O., ANGELONE M. (1994): *Weathering and soil mineral formation from granitic rocks in mediterranean environment*. Trans. XV ISSS Congress, Acapulco, 8b, 57-58.
- 3) DAVIS J.C. (1986): *Statistics and Data Analysis in Geology*. 2th Edition, J. Wiley & Sons, New York, pp. 647.
- 4) DE SIENA C., BUCCIANTI A., BINI C., BRUNO V. (1995): *Multivariate statistical analysis of granitic soil variables in mediterranean environment (Elba Island, Italy)*. Plinius, 14. 140-141.
- 5) DE SIENA C. (1996): *Alterazione di rocce granitiche in ambiente pedologico di clima mediterraneo (Isola d'Elba, Italia)*. Tesi di dottorato di ricerca, VIII ciclo, Firenze, non pubblicata.
- 6) JENNY H. (1980): *The Soil Resource*. Springer Verlag, Berlin, pp. 376.
- 7) VASELLI O., BUCCIANTI A., DE SIENA C., BINI C., CORADOSSI N., ANGELONE M. (1997): *Geochemical characterization of ophiolitic soils in a temperate climate: a multivariate statistical approach*. Geoderma, 75, 117-133.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

LO STUDIO DELLE UNITÀ DI PAESAGGIO TERRITORIALI QUALE FASE PRELIMINARE ALL'INDAGINE PEDOLOGICA: IL CASO DEL COMUNE DI BORGO TOSSIGNANO (BO)

MASSIMO GHERARDI, GILMO VIANELLO

Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo dell'Università di Bologna
Viale Berti Pichat, 10 - 40127 Bologna

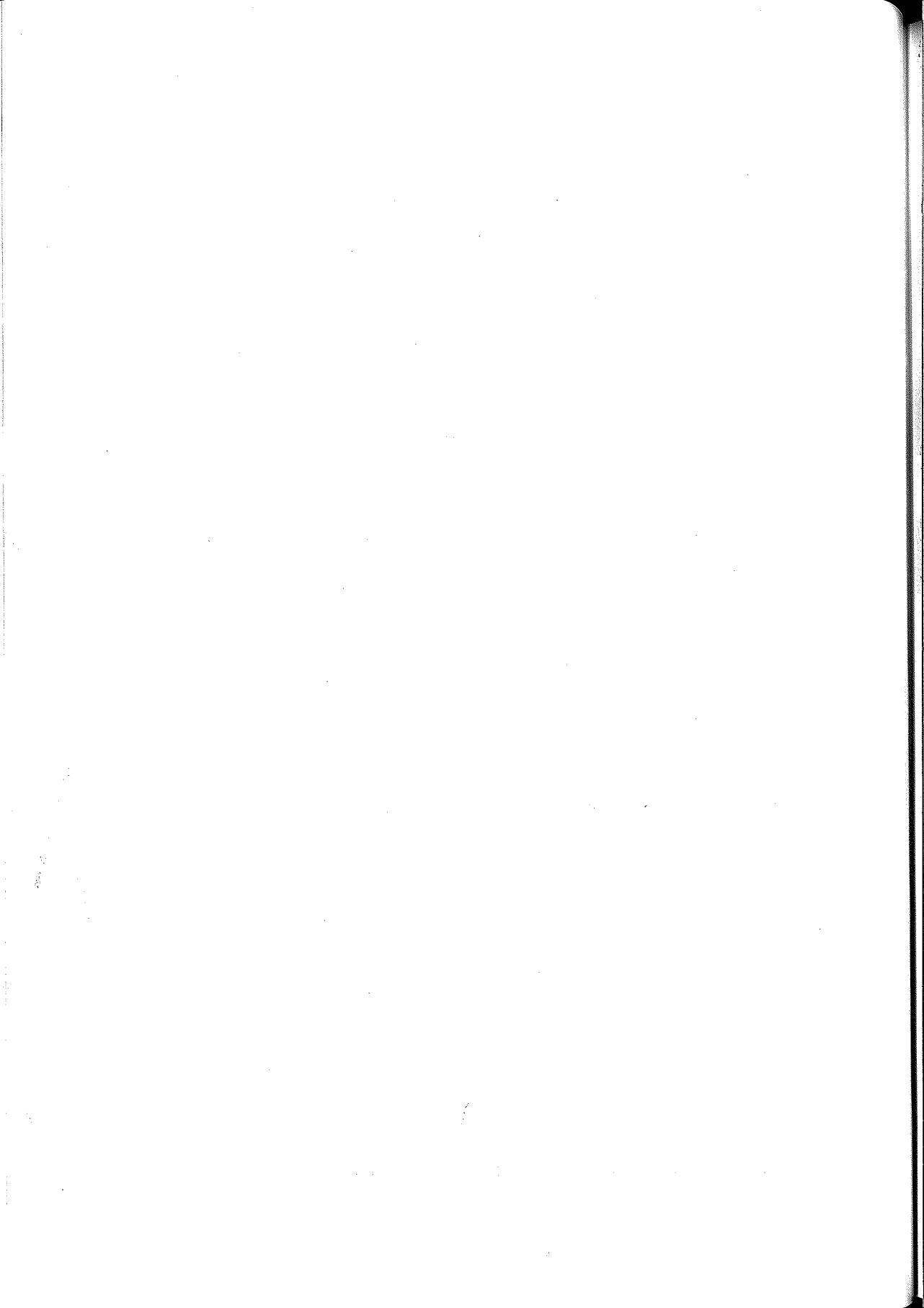
Riassunto

Preliminare all'indagine pedologica risulta la suddivisione dell'area in ambiti omogenei per caratteristiche fisico-ambientali, la cui delineazione risulta possibile operando l'analisi informatizzata dei fattori ambientali caratterizzanti il territorio.

Il modello di indagine ambientale adottato per il Comune di Borgo Tossignano (BO) indica in particolare nelle caratteristiche del substrato, nella altimetria e nell'uso reale del suolo gli elementi che maggiormente determinano l'aspetto e la concorrenza all'equilibrio dei sistemi territoriali e prevede l'impiego di un sistema informativo geografico nel cui ambiente i dati del territorio vengono relazionati in modo tale da generare nuova informazione.

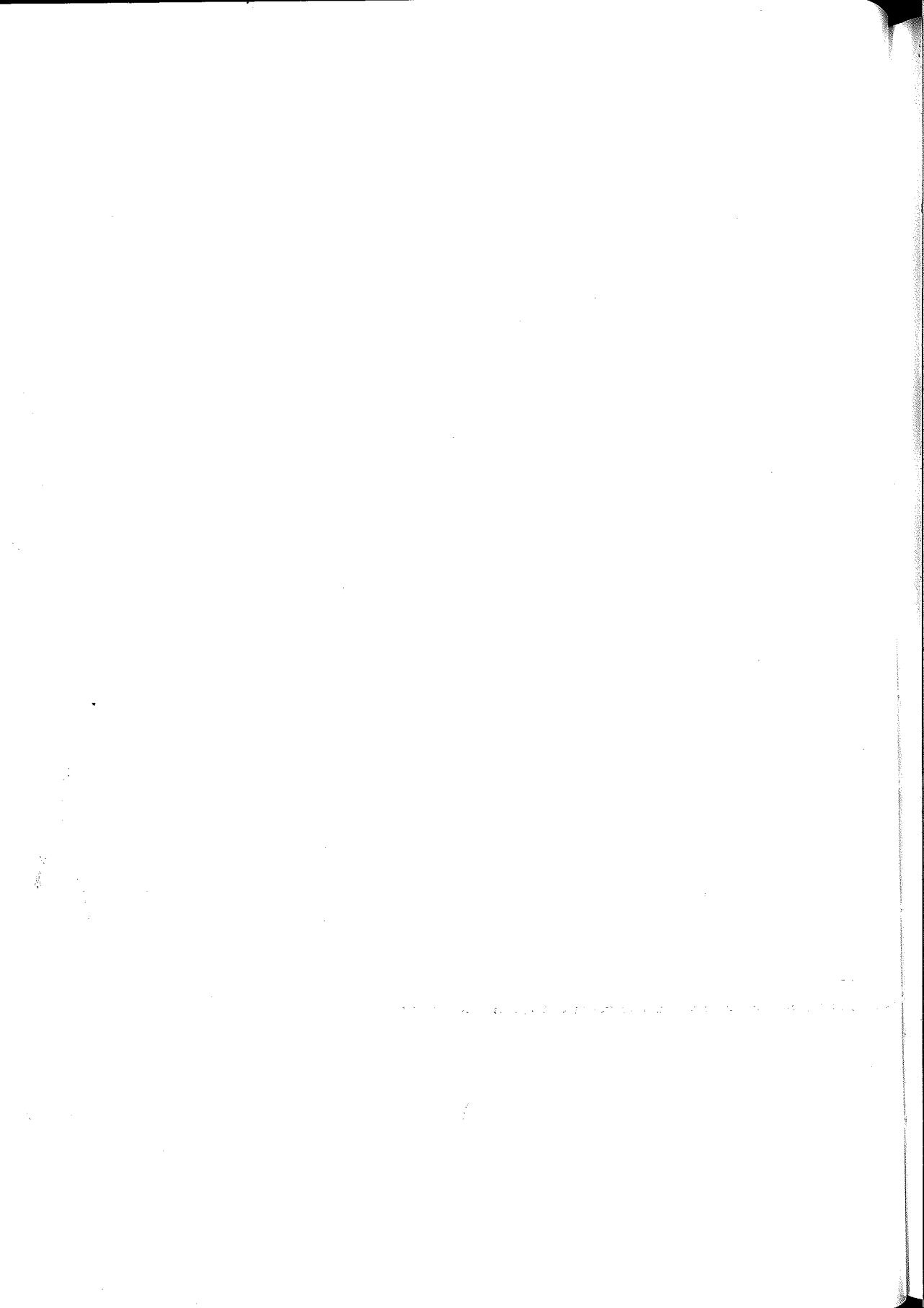
I tematismi ambientali indicati in precedenza come elementi portanti dell'ambito indagato vengono sovrapposti ed intersecati attraverso tecniche proprie del GIS per produrre, al termine delle elaborazioni, un unico strato di sintesi. Ciò consente la suddivisione del territorio in aree ciascuna delle quali viene caratterizzata a una differente combinazione tematica. Dall'esame dell'insieme delle combinazioni verificate deriva pertanto la possibilità di individuare in modo oggettivo gli ambienti che costituiscono quel territorio; a ciascun tipo di ambiente, omogeneo per i caratteri paesaggistico-geografici che nel tempo si sono sedimentati, si attribuisce il significato di unità di paesaggio.

Ai fini dell'indagine pedologica la definizione delle unità di paesaggio territoriali risulta oltremodo utile quale quadro sintetico delle cause e dei fenomeni che hanno portato alla formazione ed alla evoluzione dei diversi suoli. Ciò consente di porre le basi per l'allestimento del lavoro pedologico su un rilevamento ragionato, assumendo uno o più suoli studiati all'interno dell'unità contornata come "rappresentativi" della stessa.



IV SESSIONE

**SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI
E TELERILEVAMENTO**



ANALISI SPETTRALE DEI SUOLI APPLICATA AL TELERILEVAMENTO AMBIENTALE. UN CASO DI STUDIO: IL FORTORE BENEVENTANO (APPENNINO MERIDIONALE)

ANTONIO P. LEONE¹, STEFAN SOMMER²

¹ Ricercatore c/o l'Istituto Irrigazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ercolano (NA).

² Agente c/o lo Space Applications Institute, Sez. Environmental Mapping and Monitoring, del Joint Research Centre di Ispra (VA).

Riassunto

Il presente lavoro riporta la prima fase di un esperimento, realizzato nel Fortore beneventano (Appennino meridionale) programmato per migliorare e cartografare le condizioni del suolo attraverso misure spettroradiometriche ed immagini iperspettrali. L'analisi in componenti principali, applicata a 59 campioni di suolo, ha posto in risalto l'elevata correlazione tra le caratteristiche spettrali dei suoli e delle loro proprietà quali la tessitura, il contenuto di carbonati, ecc. Sulla base di tali risultati, è stato definito ed applicato ad immagini iperspettrali del sensore aero-portato MIVIS un modello di mescolanza spettrale, che ha mostrato che le abbondanze di materiali carbonati della superficie dei suoli possono essere mappati ed utilizzati per derivarne indici di degradazione dei suoli del Fortore.

Parole chiave: Suolo, spettroradiometria, analisi multivariata, MIVIS, Spectral Mixture Analysis.

Summary

Soil Spectral Analysis Applied to Environmental Remote Sensing. A case study: the Fortore Beneventano (Southern Italy)

The paper describes the first stage of an experiment, performed in the Fortore beneventano (Southern Apennines), designed to test and enhance methods for mapping soil conditions from spectroradiometric measurements and hyperspectral images. Principal component analysis has been applied to

reflectance spectra of 59 soil samples and revealed high correlation of soil spectral features and soil properties such as texture, carbonates content, etc. Taking into account these results a mixing model was defined and applied to MIVIS airborne imaging spectrometry data, showing that increased abundances of carbonatic material in the soil surface layer can be mapped and used to the derivation of a soil degradation index for the Fortore.

Key words: Soil, Spectroradiometry, multivariate analysis, MIVIS, Spectral Mixture Analysis.

Introduzione

Fin dal lancio dei primi satelliti per l'osservazione della terra, agli inizi degli anni '70, una grande attenzione è stata rivolta all'uso dei dati spettrali telerilevati dallo spazio per una ripetitiva e regolare osservazione degli ecosistemi terrestri. I principali satelliti commerciali (es.: Landsat, SPOT) sono stati finora caratterizzati da sensori operanti nelle regioni spettrali del visibile (VIS) e dell'infrarosso (IR), attraverso un numero limitato di bande larghe (sensori multispettrali). Una più recente ed importante area di ricerca, nel campo del telerilevamento ambientale, ha riguardato l'uso di sistemi iperspettrali (o di *imaging spectrometry*), capaci di acquisire uno spettro completo di riflettanza, per ciascun elemento dell'immagine (*pixel*), in numerose, strette ed idealmente continue bande spettrali, nella regione ottica compresa tra il visibile (*Visible*, VIS: 400-700 nm), l'infrarosso vicino (*Near Infrared*, NIR: 700-1100 nm) e le onde corte infrarosse (*Short Wave Infrared*, SWIR: 1100-2500 nm) (Fig. 1). Questi sistemi consentono l'identificazione di importanti proprietà della superficie terrestre non rilevabili attraverso le bande larghe, a bassa risoluzione spaziale, dei principali sistemi satellitari (Vane e Goetz, 1988). Un interessante sistema iperspettrale, aereoportato, denominato MIVIS (*Multispectral Infrared ad Visible Imaging Spectrometer*) è stato recentemente realizzato e reso operativo dal progetto LARA del CNR (Bianchi et al., 1996).

Numerose ricerche, nel campo del telerilevamento ambientale, hanno riguardato lo studio del suolo, in quanto risorsa naturale di primaria importanza, ma anche per la sua influenza sulla risposta spettrale di superfici territoriali composte e quindi, sui procedimenti di analisi di dati telerilevati. Il suolo, infatti, intercetta molta dell'energia solare che raggiunge la superficie del-

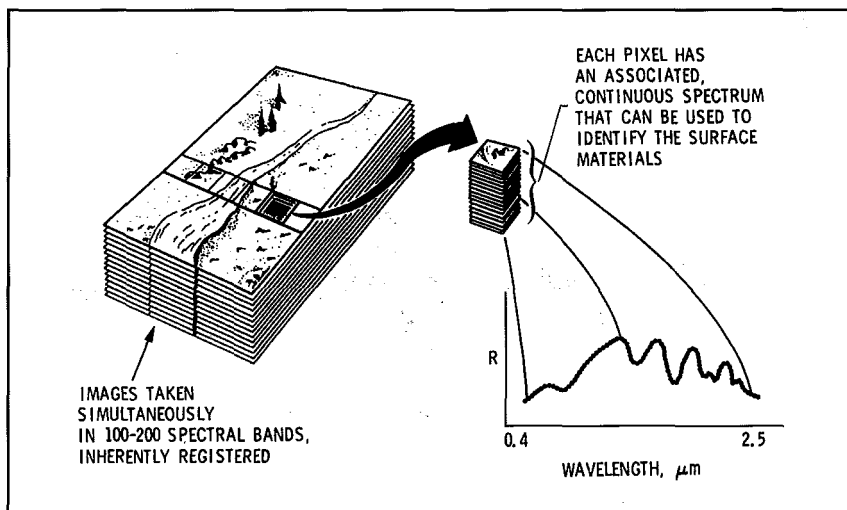


Fig. 1 - Concetto di immagini iperspettrali (o imaging spectrometry) (da Vane e Goetz, 1988).

la terra e, anche in condizioni di densa copertura vegetale, una parte della radiazione solare incidente su di essa arriva fino alla coltre pedologica sottostante. L'influenza di quest'ultima sulla riflettanza spettrale aumenta, ovviamente, nelle regioni coperte da vegetazione scarsa o senescente e domina in aree prive di vegetazione, dove è possibile l'analisi diretta delle proprietà spettrali superficiali dei suoli (Irons et al., 1989).

Nelle aree appenniniche del sud Italia, il telerilevamento può fornire un utile contributo allo studio, alla mappatura e al monitoraggio dei suoli: direttamente, nelle aree prive di vegetazione, attraverso l'analisi della sua risposta spettrale, o indirettamente, attraverso l'analisi della risposta spettrale della copertura vegetale. In ogni caso, le elaborazioni di dati telerilevati non potranno mai sostituire il rilevamento pedologico tradizionale, nel quale, tuttavia, esse potranno essere utilmente integrate (Agbu et al., 1990), per esempio attraverso l'impiego di sistemi computerizzati di informazione geografica (*Geographical Information Systems, GIS*).

La possibilità di utilizzare vantaggiosamente il telerilevamento aero-spaziale in studi ambientali dipende, fra l'altro, dalla corretta scelta dei procedimenti di analisi delle immagini spettrali, tenuto conto delle caratteristiche dell'ambiente fisico inve-

stigato e del tipo di dati disponibili. Ad esempio, le immagini dei territori appenninici meridionali sono frequentemente caratterizzate da percentuali più o meno rilevanti di pixels misti, composti cioè da mescolanze di materiali diversi, prevalentemente suolo e vegetazione. In tali condizioni, i metodi "classici" di elaborazione (assistita, automatica o ibrida) delle immagini spettrali non sempre forniscono risultati soddisfacenti. Più rispondenti alle caratteristiche di tali ambienti potrebbero invece risultare i procedimenti basati sulla utilizzazione di indici spettrali empirici - corrispondenti a rapporti più o meno complessi di singole bande - e di modelli semi-empirici di inversione della riflettanza spettrale. Tra questi ultimi, uno dei più promettenti è quello noto come *Spectral Mixture Analysis* (SMA) (Adams et al., 1985; Smith et al., 1990; Roberts, 1991), già utilizzato, con risultati soddisfacenti, in ecosistemi del bacino del Mediterraneo (Es.: Hill, 1993, 1995.a, b). La SMA utilizza gli interi spettri di riflettanza, pertanto, se l'elaborazione riguarda le immagini iperspettrali, essa è preferibile agli indici empirici, che, invece, utilizzano solo parte (singole bande) delle informazioni contenute negli stessi (Batson e Curtiss, 1996).

La SMA modella ciascuno spettro di un'immagine come una combinazione lineare di un numero finito di distinte "firme" spettrali, o *endmembers*, la cui selezione rappresenta il punto cruciale dell'intero procedimento di elaborazione dei dati. L'analisi statistica multivariata può fornire un utile contributo alla risoluzione di tale problema (de Jong, 1992; Galvao e Vitorello, 1995; Vitorello et al., 1995). Una volta individuati gli *endmembers*, il computo delle loro abbondanze relative è facilmente realizzabile, per inversione del modello di SMA (Boardman, 1990). La selezione degli *endmembers* può essere realizzata a partire da banche dati spettrali pre-esistenti o appositamente realizzate attraverso campagne di misure radiometriche di campo e/o di laboratorio.

Nel 1996, l'*Istituto Irrigazione* del CNR di Ercolano e lo *Space Applications Institute* del JRC di Ispra hanno avviato un programma comune di ricerca per testare e migliorare metodi di analisi di dati telerilevati per il monitoraggio e la mappatura dello stato di degrado dei suoli e della vegetazione in un'area di studio dell'Appennino meridionale, il Fortore beneventano (Fig. 2). Gli specifici obiettivi della ricerca sono stati individuati a) nella ottimizzazione di linee concettuali e metodologiche per la derivazione di coerenti indicatori dell'abbondanza della vegetazione

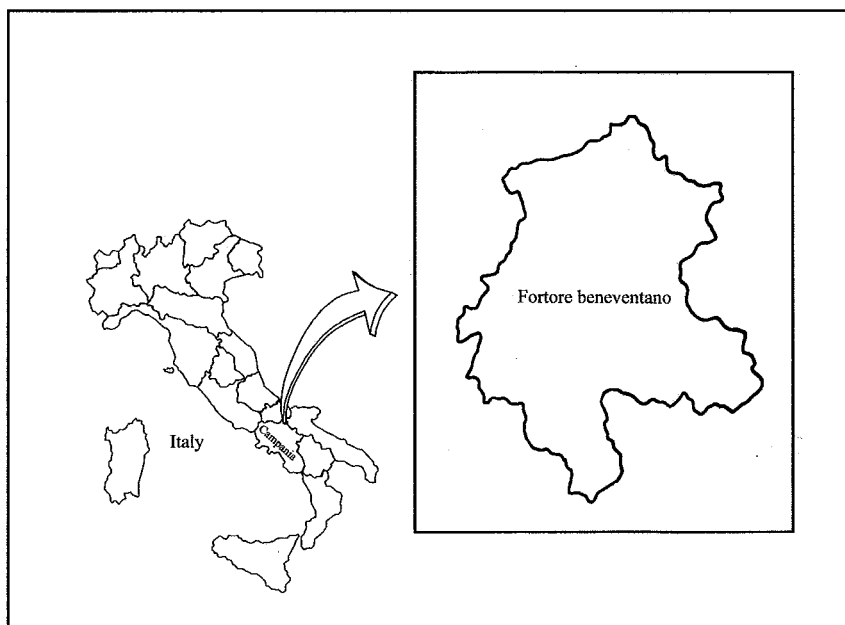


Fig. 2 - Area di studio.

e dello stato di degrado dei suoli da immagini iperspettrali MIVIS; *b*) nella definizione di una estesa banca dati spettrale, espressione della massima variabilità spettrale dei suoli e della vegetazione della scena di studio; *c*) nella ulteriore validazione delle potenzialità della SMA per la valutazione dello stato di degrado ambientale nel contesto delle specifiche condizioni fisiografiche del Fortore.

Obiettivi

La prima fase della ricerca – sintetizzata nella Fig. 3 – ha prevalentemente riguardato l'analisi spettrale dei suoli e la sua utilizzazione in un iniziale esercizio di *pre-processing* ed elaborazione dei dati MIVIS disponibili, secondo l'approccio della SMA, applicato a una sub-scena dell'area di studio. Nella presente nota verranno soprattutto sintetizzate le linee metodologiche e concettuali relative a questa prima fase, con un accenno ai risultati intermedi ottenuti, per una più approfondita discussio-

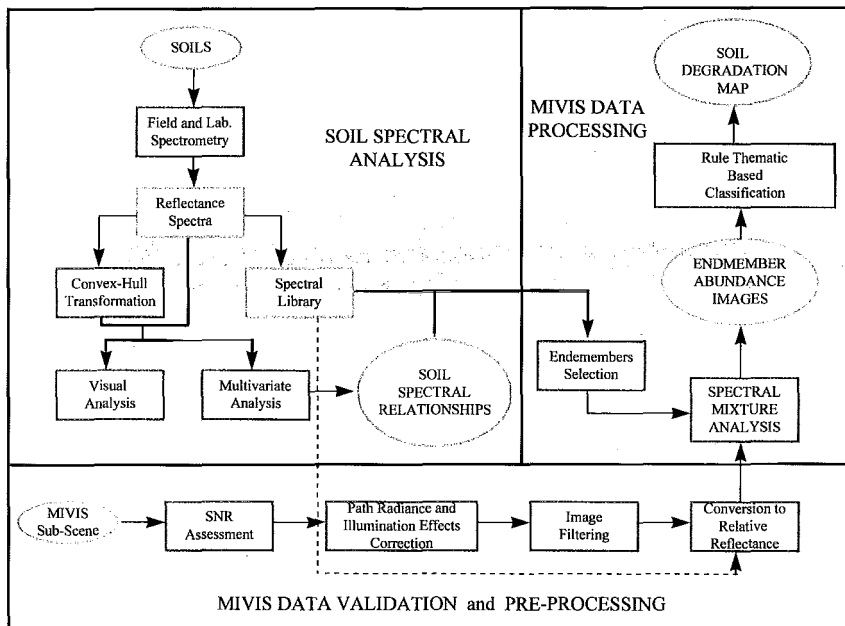


Fig. 3 - Rappresentazione schematica della sequenza di analisi dei dati relativa alla prima fase della ricerca.

ne dei quali si rimanda a specifiche pubblicazioni degli autori (es.: Sommer, Leone e Mehl, 1996; Leone e Sommer, 1997).

L'area di studio

L'area di studio (Fig. 2), rappresentativa di un più vasto territorio appenninico circostante (Quaglietta et al., 1986), corrisponde al territorio della Comunità Montana Fortore beneventano, localizzato nella parte nord-orientale dell'Appennino Campano (Sud Italia), tra le montagne della Daunia e del Sannio. Il clima manifesta le caratteristiche tipiche dell'ambiente Mediterraneo (Leone et al., 1989). Le precipitazioni totali variano tra 700 e 850 mm e sono principalmente concentrate tra il tardo autunno e l'inizio della primavera; temperatura ed evapotraspirazione seguono un andamento opposto, manifestando i valori più alti in estate. Nel corso del tempo, i boschi hanno progressivamente ceduto il posto alle colture, prevalentemente erbacee, la-

sciando incolte solo quelle aree dove le condizioni pedologiche e topografiche non consentivano le lavorazioni. Le caratteristiche chimiche, fisiche e mineralogiche dei suoli riflettono considerevolmente quelle del substrato litologico (Buondonno et al., 1989.a, b, c), caratterizzato dalla prevalenza di argille e marne terziarie, argille quaternarie, arenarie più o meno intercalate da livelli marnosi, calcareniti e materiali alluvionali di fondovalle (Ortolani e Pagliuca, 1989). I principali tipi di suolo rinvenuti nell'area (Buondonno et al., 1989.a) sono ascrivibili agli *Eutric Vertisols*, *Eutric* e *Calcaric Regosols*, *Eutric* e *Lithic Leptosols* e *Calcaric Fluviols* (FAO, 1988).

Analisi spettrale dei suoli

La quantità di radiazione elettromagnetica (EMR) registrata da un sistema di telerilevamento dipende dalle sue modalità di interazione con i materiali che essa incontra durante il suo percorso dalla sorgente radiativa al sensore remoto. In particolare, l'energia, ad una determinata lunghezza d'onda, può essere *trasmessa* attraverso il materiale, *assorbita* da questo, *riflessa* dalla sua superficie, *diffusa* dalle particelle che lo costituiscono, o irradiata ad un'altra lunghezza d'onda, dopo il suo assorbimento (Drury, 1993). Pertanto, l'interazione della luce con un materiale può essere studiata con riferimento a tre tipi di spettri: di assorbanza (o, dal suo inverso, di *trasmissione*), di *riflettanza* e di *emittanza*. Gli spettri di *riflettanza* sono quelli maggiormente utilizzati nello studio dei suoli (Irons et al., 1989).

La riflettanza – definita come il rapporto tra l'energia radiante riflessa da un corpo e quella incidente su di esso in uno specifico intervallo di lunghezza d'onda (Mulders, 1987) – può essere misurata con precisione, in laboratorio, utilizzando uno spettrofotometro. Tuttavia, le misure spettrofotometriche di laboratorio possono essere realizzate soltanto su piccoli campioni di materiali, finemente suddivisi. Inoltre, l'intero procedimento di raccolta, preparazione e scansione dei campioni richiede tempi piuttosto lunghi (Escadafal, 1994).

Un considerevole numero di nuovi strumenti per le misure spettrometriche di campo e di laboratorio è emerso negli anni '80. Tali strumenti sono in grado di registrare, in brevissimo tempo (da pochi secondi a qualche minuto), la risposta spettrale di superfici disturbate ed indisturbate, di dimensioni variabili da

pochi centimetri a decine di metri quadrati. Alcuni di questi strumenti, chiamati **spettroradiometri** permettono l'acquisizione di misure di radianza, ad elevata risoluzione spettrale (3-10 nm), nell'intervallo di lunghezza d'onda compreso tra il visibile e le onde corte infrarosse. Altri, invece, definiti **spettrometri multibande**, forniscono dati relativi a poche bande larghe, corrispondenti a quelle dei principali sensori orbitali e aeroportati (Milton et al., 1995; Hill, 1994). I dati di radianza vengono normalmente convertiti in *fattori di riflettanza bidirezionale* (BRF) (Silva, 1978), rapportando gli stessi a quelli di un pannello standard di riferimento (es. *Solfato di Bario*; *Spectralon*, ecc.). Per gli scopi della nostra ricerca sia le misure spettroradiometriche di laboratorio che di campo, relative ai suoli ed altri materiali di interesse, sono state realizzate utilizzando uno *spettroradiometro* modello S-IRIS.

Campionamento e classificazione dei suoli

Per il presente studio sono stati utilizzati 59 campioni superficiali di suolo, raccolti nell'area di studio, nel corso di una campagna pedologica appositamente realizzata nell'estate-autunno 1994. I siti di campionamento sono stati accuratamente selezionati, in modo da rappresentare al meglio la variabilità dei suoli e delle loro condizioni superficiali, in gran parte influenzate da intensi processi erosivi (Buondonno et al., 1993). Sui campioni, setacciati ed essiccati all'aria, sono state realizzate le analisi di laboratorio, eseguite secondo i metodi normalizzati della SISS (1985), per la determinazione di alcuni comuni costituenti chimici e fisici (sostanza organica, carbonato di calcio equivalente, ferro totale, manganese, tessitura), notoriamente correlati alla risposta spettrale dei suoli nella regione ottica 400-2.500 nm. I suoli corrispondenti ai siti di campionamento sono stati classificati in accordo con lo schema FAO (FAO, 1988), preferito ad altri sistemi di classificazione in quanto largamente utilizzato in indagini a scala regionale e per la realizzazione di database spettrali in ecosistemi degradati del bacino del Mediterraneo (Hill, 1994; Hill et al. 1995a, b). Inoltre, dati gli scopi della ricerca, i suoli studiati sono stati suddivisi in quattro gruppi principali di "livello di sviluppo" (o degradazione): *soddisfacente*, *degradato*, *severamente eroso*, *denudato* (Hill, 1995a, b). Tale suddivisione è stata realizzata sulla base dei risultati di precedenti indagini (Buondonno et al. 1989a, 1993) e di specifiche osservazioni di

campagna effettuate nel corso del rilevamento pedologico. Infine, una ulteriore suddivisione è stata realizzata all'interno di ciascuno dei predetti gruppi in relazione alla litologia dei siti di campionamento, tenuto conto della influenza della stessa sulle caratteristiche chimiche, fisiche e mineralogiche dei suoli del Fortore (Buondonno et al.), e quindi, probabilmente, sulla loro risposta spettrale superficiale. Secondo questo schema, 55 dei 59 campioni sono stati classificati nei primi tre gruppi; quattro degli stessi, corrispondono alle più frequenti litologie affioranti nell'area di studio, sono stati invece classificati come "denudati".

Misure di riflettanza spettrale

Come accennato in precedenza, sui 59 campioni selezionati, non setacciati ed essiccati all'aria, sono state realizzate misure di radianza in laboratorio, utilizzando un *Single Field of View Infra-Red Intelligent Spectroradiometer* (S-IRIS). Per ogni campione sono state realizzate quattro misure di radianza (dopo ogni misura, il campione è stato ruotato di 90°), dalle quali è stata poi derivata un'unica curva media. I valori di radianza media sono stati quindi convertiti in *fattori di riflettanza bidirezionale*, rapportando gli stessi a quelli di radianza di un pannello bianco, standard di *Spectralon*. Nominalmente, lo spettrometro S-IRIS misura la radianza di 986 bande, con una risoluzione spettrale di 2-10 nm, nella regione ottica compresa tra 300 e 3.000 nm. Tuttavia, per problemi strumentali, nella nostra indagine è stato possibile utilizzare soltanto una porzione della predetta regione spettrale: quella compresa tra 400 e 2.450 nm.

La disposizione della strumentazione utilizzata per le misure spettrali in laboratorio è riportata nella Fig. 4. Le operazioni spettrali sulle curve di radianza sono state realizzate utilizzando un software dedicato, denominato SPEX (*Spectral Explorer*, Loecher, 1996), operante in ambiente IDL (*Interactive Data Language*, 1995).

In aggiunta alle predette misure di laboratorio, sono state realizzate - in coincidenza con una ripresa MIVIS, effettuata nell'area di studio, nell'estate del 1995 - anche diverse misure di campo su materiali di varia natura (superfici calcaree, vegetazione, ecc.), successivamente utilizzate per le correzioni radiometriche delle immagini MIVIS e l'elaborazione delle stesse secondo l'approccio della SMA.

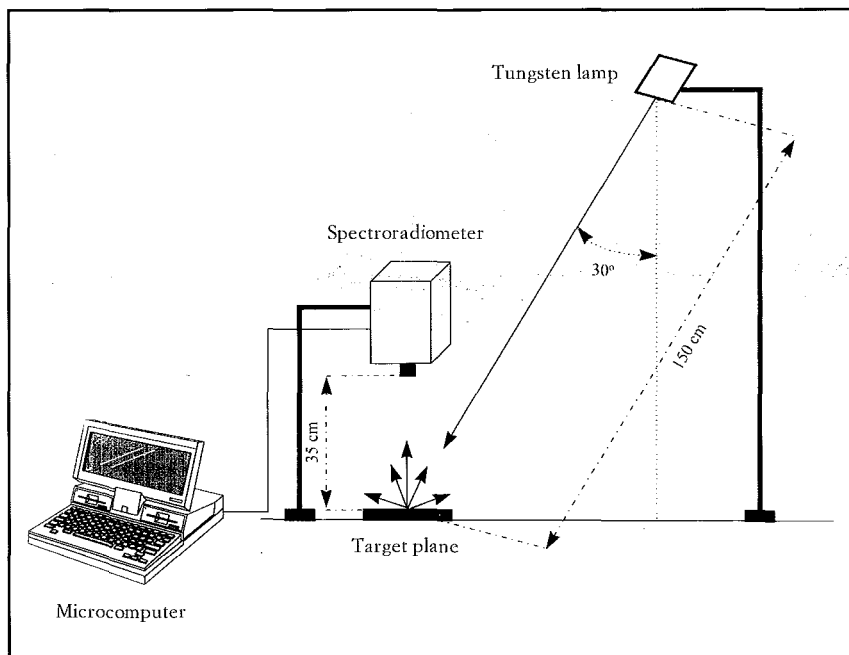


Fig. 4 - Configurazione di laboratorio per la realizzazione delle misure spettroradiometriche S-IRIS.

Convex-Hull Transformation, ricerca ed interpretazione delle bande di assorbimento

La riflettanza spettrale dei suoli è una proprietà cumulativa derivante dal comportamento spettrale intrinseco di combinazioni eterogenee di minerali, sostanza organica ed acqua tellurica (Baumgardner et al., 1985; Irons et al., 1989). Gli assorbimenti spettrali ed i cambiamenti di riflettanza nell'intervallo 400-2.500 nm dello spettro elettromagnetico danno luogo a bande di assorbimento (diagnostic features) che possono essere utilizzate per identificare importanti costituenti del suolo. Tali bande risultano da processi di transizione elettronica e vibrazione molecolare nel reticolo cristallino dei minerali (Drury, 1993).

Normalmente, gli spettri di riflettanza dei suoli mostrano una forma convessa che rende difficile l'interpretazione delle bande di assorbimento. Tuttavia, esse possono essere facilmente riconosciute e quantificate se la forma convessa delle curve vie-

ne normalizzata. Un procedimento di normalizzazione largamente utilizzato è quello noto come *convex-hull transformation* (Fig. 5). Una *convex-hull* è una curva che “avvolge” lo spettro originale di riflettanza. Rapportando i valori di questa curva a quelli dello spettro originale si ottiene una nuova curva definita come “*convex-hull quotient*”. Attraverso tale procedimento, dove non esistono bande di assorbimento, gli spettri di riflettanza originali vengono riscaliati a 100 (van der Meer, 1995); quindi, le caratteristiche delle bande di assorbimento (profondità; larghezza massima a metà della banda, area e asimmetria) possono essere facilmente individuate e quantificate.

Una *Convex-Hull Transformation* è stata applicata ai 59 spettri di riflettanza dei suoli del Fortore, utilizzando il software SPEX, già citato. Sulle curve da essa risultanti (*convex-hull quotients*) sono state individuate nove bande di assorbimento. Cinque di queste sono risultate localizzate nel VIS-NIR, centrate intorno a 488, 530, 670, 880 e 949 nm e poste in relazione alla presenza di ossidi-idrossidi di ferro (Sherman e Waite, 1985), specificamente: ematite (530 e 880 nm), goethite (488 e 949 nm) ed ematite+goetite (670 nm). Quattro importanti bande sono

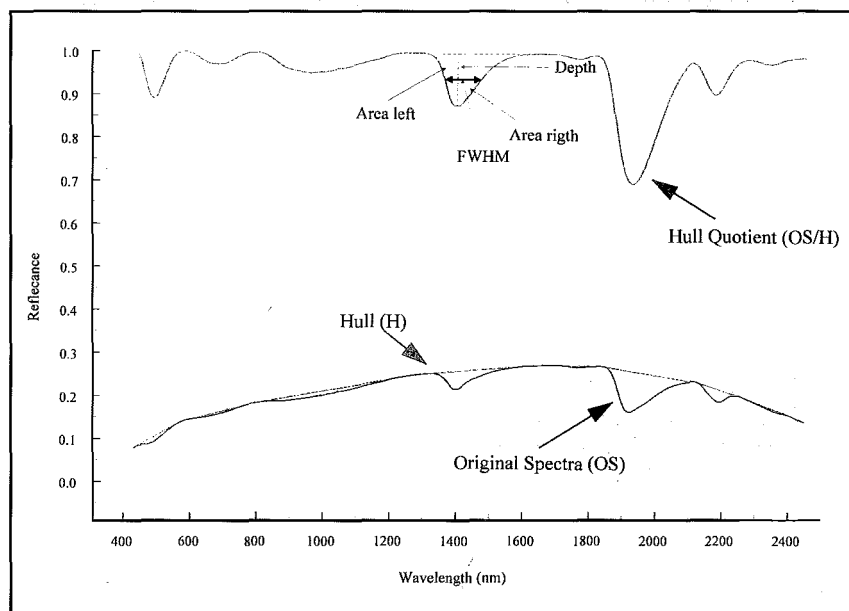


Fig. 5 - Convex-Hull Transformation.

state invece identificate e quantizzate nelle SWIR, intorno a 1.406, 1.920, 2.190 e 2.330 nm. Sulla base di quanto riportato nella letteratura specialistica (es.: Baumgardner et al., 1985; Irone et al., 1989), le prime due di esse (1.406 e 1.920 nm) sono state attribuite agli ioni ossidrilici presenti nei reticoli cristallini di minerali argillosi e alle molecole di acqua inglobate nella struttura degli stessi. Entrambe queste bande sono, altresì, particolarmente sensibili alla presenza di acqua libera nel suolo (e nell'atmosfera), per cui esse sono generalmente ritenute di minore utilità rispetto a quella centrata intorno a 2.190 nm, i cui parametri caratteristici sono significativamente e prevalentemente influenzati dalla concentrazione di materiali argillosi nei suoli (Hunt and Salisbury, 1971). Infine, la banda individuata a 2.330 nm è stata senza dubbio attribuita alla presenza di carbonati (Mulders, 1987).

Analisi statistica multivariata dei dati spettroradiometrici

Gli spettri di riflettanza dei suoli possono essere analizzati e raggruppati sulla base delle loro caratteristiche (riflettanza totale, forma delle curve, presenza e caratteristiche delle bande di assorbimento) (Valeriano et al., 1995). Tuttavia, l'analisi visuale risulta normalmente lunga e tediosa, particolarmente quando il numero delle osservazioni e delle variabili è elevato. In tale situazione, l'analisi statistica multivariata può risultare un utile strumento (de Jong, 1992). Tra i metodi statistici multivariati, quello noto come Analisi in Componenti Principali (*Principal Component Analysis*, PCA) occupa una posizione di rilievo (Escofier and Pagès, 1991). Esso è stato impiegato con successo in numerosi studi di spettrometria (es.: Sasaky et al., 1983; Smith et al., 1985; Csillag et al., 1993; Galvao et al., 1995) e, per questo, applicato anche ai 59 spettri di riflettanza (originali e normalizzati) dei suoli del Fortore. L'analisi è stata realizzata in tre passaggi successivi, utilizzando il software SPSS (*Statistical Software for Social Science*, 1993). Una descrizione dettagliata dell'intero procedimento analitico e dei risultati ottenuti è oggetto di uno specifico articolo (Leone e Sommer, 1997). In questa sede ci limiteremo ad illustrarne i contenuti essenziali, riducendo al minimo il numero delle figure e delle tabelle.

In un primo passaggio, la PCA è stata applicata ad un numero minimo di bande originali (27 bande), posizionate lungo gli spettri di riflettanza in modo tale da rappresentarne adeguatamente le caratteristiche (Galvao e Vitorello, 1995). La riduzio-

ne delle bande è stata necessaria soprattutto per garantire che il numero delle variabili (bande) fosse inferiore a quello delle osservazioni (suoli) (Hair et al., 1995).

Secondo i risultati ottenuti, il primo componente principale ha espresso il 93.9% della varianza totale dei dati originali ed è stato designato, sulla base dei coefficienti della matrice di correlazione, come fattore 'riflettanza totale' (o 'fattore albedo'). Gran parte della rimanente varianza (4.8%) è risultata invece espressa dal secondo fattore, definito, attraverso l'analisi della matrice fattoriale, come fattore 'pendenza' delle curve spettrali nella regione VIS-NIR (rapporto NIR/VIS).

Numerosi studi empirici hanno evidenziato l'influenza di diversi costituenti del suolo sui valori dei parametri spettrali espressi attraverso le predette componenti principali (Mulders, 1987; Irons et al, 1989; Escadafal, 1994) in differenti condizioni pedoclimatiche. Con riferimento alla nostra area di studio, è stato possibile definire alcune importanti correlazioni tra le "stime" (*scores*) (Hair et al., 1995) relative ai fattori 'riflettanza totale' e 'pendenza' e le caratteristiche chimiche e fisiche dei suoli. In particolare, a parte alcuni *outliers* (Hair et al., 1995), il fattore 'riflettanza totale' è risultato significativamente correlato alle percentuali di carbonato di calcio ($r = 0.73$) e ferro totale ($r = -0.71$) nei suoli ed alla concentrazione di particelle argillose nella terra fine ($r = -0.71$). La pendenza nel VIS/NIR, espressa attraverso il secondo fattore principale, è invece risultata sensibilmente condizionata dalla percentuale di sostanza organica nei suoli ($r = -0.78$) e dalla loro tessitura, in particolare dalla concentrazione di sabbia ($r = -0.77$).

La distribuzione delle osservazioni sul piano definito dai primi due assi principali (98.7% della varianza) (Fig. 6.a) ha evidenziato una considerevole capacità della riflettanza totale e della pendenza nella discriminazione dei suoli dell'area di studio oltre che, come ipotizzato, una significativa corrispondenza tra la risposta spettrale di questi ultimi e la natura del loro substrato litologico. Infatti, benché non fosse stata possibile una suddivisione netta dello sciame di punti (corrispondenti ai 59 campioni) in gruppi geometricamente distanti, è comunque risultata evidente una chiara tendenza all'aggregazione dei campioni analizzati, in relazione alle caratteristiche evolutive dei suoli che essi rappresentavano ed alle tipologie litologiche caratteristiche dei siti di campionamento. Ciò ha consentito di delimitare, arbitrariamente, quattro raggruppamenti principali di suoli, indicati come 'A', 'B', 'C' e 'D', le cui reciproche differenze generali e la

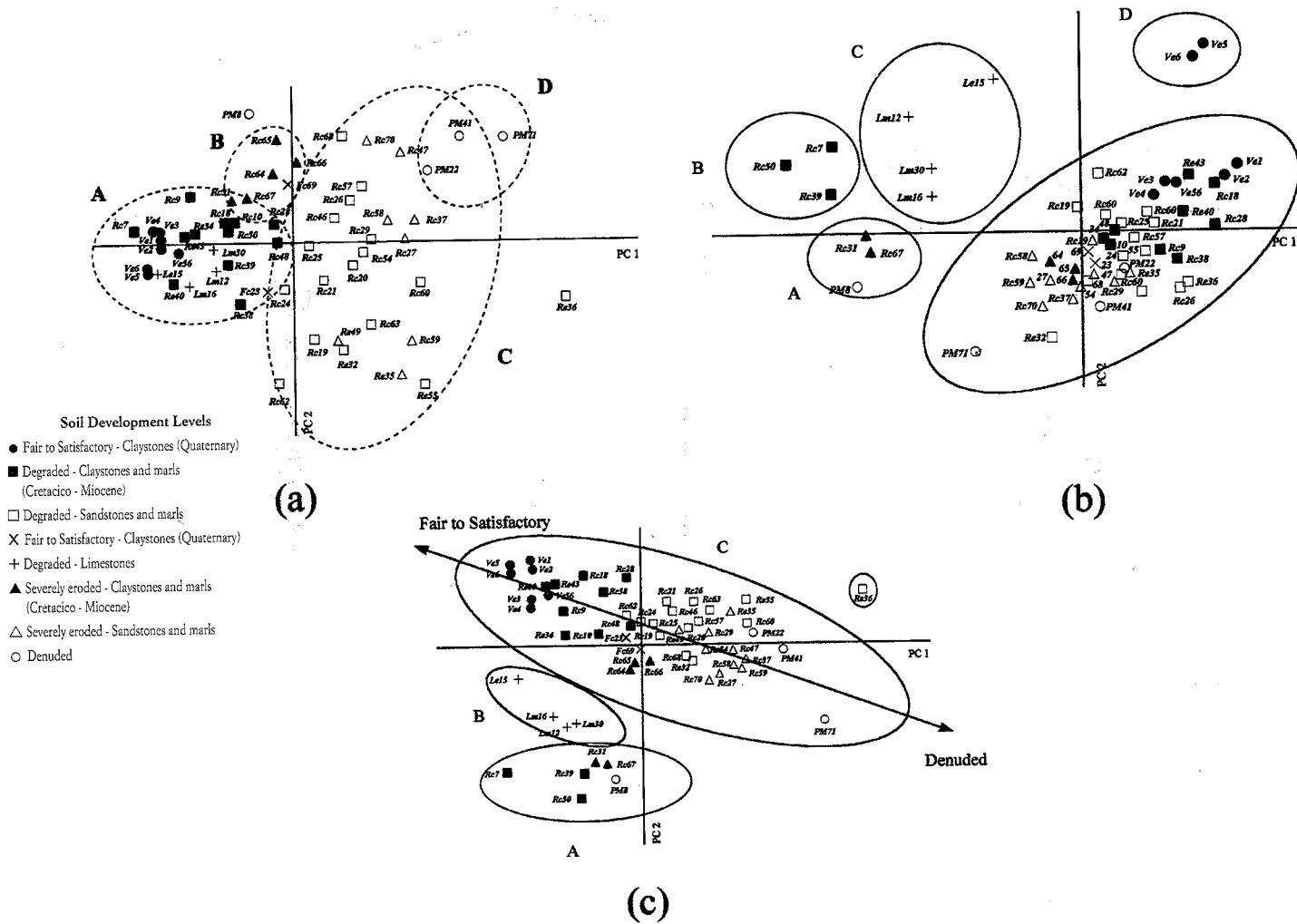


Fig. 6 - Distribuzione spaziale dei suoli negli spazi bidimensionali definiti dagli assi dei primi due fattori principali risultanti dalla PCA applicata alle bande originali (a), alla profondità delle bande di assorbimento calcolate attraverso la convex-hull-transformation (b) e dalle bande originali e trasformate utilizzate contemporaneamente (c).

cui variabilità interna (distribuzione dei diversi tipi di suolo nei gruppi) sono state interpretate sia in relazione alle caratteristiche spettrali della popolazione che a quelle chimiche, fisiche e litologiche ad esse correlate. Così, ad esempio, i suoli su litologie argillose e marnose (gruppi 'A' e 'B') hanno mostrato una netta tendenza a distribuirsi nella parte sinistra del diagramma (più bassa riflettanza totale), mentre i campioni rappresentativi dei suoli su arenarie, più o meno intercalate da livelli marnosi, (gruppo 'C') sono risultati prevalentemente concentrati nella sua parte destra. I suoli più evoluti del gruppo 'A' (minore pendenza delle curve di riflettanza nel VIS-NIR, correlata a più elevati contenuti di sostanza organica e tessitura più fine), associati a litologie argillose e marnose, sono risultati ben distinti, lungo il secondo asse principale, da quelli meno evoluti, raccolti nel gruppo 'B', appartenenti alle medesime litologie. All'interno del gruppo 'A', gli *Eutric Vertisols* hanno mostrato una chiara tendenza ad aggregarsi nella parte sinistra dello stesso, rispetto ai rimanenti suoli, meno evoluti (principalmente *Regosols* e *Leptsols*), prevalentemente distribuiti tra i predetti *Vertisols* e l'origine degli assi, lungo il primo asse principale. Come ricorderemo, variazioni lungo questo asse erano risultate associate ai valori di riflettanza totale degli spettri, a loro volta significativamente correlati alla percentuale di carbonato di calcio ed alla proporzione di argilla nella terra fine.

In un secondo momento, la PCA è stata applicata alla profondità delle nove bande di assorbimento, individuate attraverso la *convex-hull transformation*. Il parametro "profondità" è stato preferito agli altri, caratteristici delle bande di assorbimento, in quanto, rispetto a questi è generalmente meglio correlato alle caratteristiche mineralogiche del suolo (Galvao e Vitorello, 1995; Vitorello et al., 1995), rispetto agli altri.

I primi quattro fattori risultanti dall'analisi hanno espresso l'88,2% della varianza totale della popolazione e tutte le bande sono risultate significativamente correlate ai primi tre fattori. Pertanto, la proiezione delle osservazioni sui diagrammi bidimensionali definiti alternativamente dai primi tre assi principali ha consentito di valutare in maniera soddisfacente l'effetto delle bande di assorbimento sulla discriminazione dei suoli. Il risultato più importante è emerso dall'analisi della distribuzione spaziale dei suoli nel piano definito dai primi due assi principali (63,4% della varianza totale) (Fig. 6.b), espressione delle bande di assorbimento degli ossidi-idrossidi di ferro e delle due bande OH-H₂O, a 1.400 e 1.900 nm. In particolare, la reciproca dispo-

sizione dei punti nel diagramma ha evidenziato la capacità dei dati spettrali ad elevata risoluzione nella discriminazione dei suoli ricchi di ematite (caratterizzati da bande di assorbimento a 480 e 880 nm) (gruppi 'A', 'B', 'C') nel contesto delle specifiche condizioni ambientali del Fortore beneventano.

Infine, in un terzo momento, l'analisi in componenti principali è stata applicata, contemporaneamente, a tutte le variabili spettrali utilizzate nei passaggi precedenti. Secondo i risultati ottenuti, il maggior numero di informazioni relativo al set di dati iniziali è risultato contenuto nelle prime quattro componenti principali (93.2% della varianza totale). Ancora una volta il primo fattore (74.2% della varianza) è risultato chiaramente una espressione della riflettanza totale. Il secondo (10% della varianza), invece, è risultato particolarmente influenzato dalle bande di assorbimento degli ossidi di ferro, a 480-950 nm (goethite) e 530-870 nm (ematite), e dalle due bande OH-H₂O, a 1.400 e 1900 nm, nonché, subordinatamente, dalla pendenza degli spettri nel VIS/NIR. Le bande di assorbimento dell'argilla (2.200 nm) e dei carbonati (2.300 nm) sono invece risultate quelle meglio correlate al terzo e quarto fattore, rispettivamente.

Pertanto, tenuto conto della elevata incidenza percentuale (84.2%) dei primi due fattori principali sulla varianza totale della popolazione, considerato il peso significativo di tutte le variabili considerate su tali fattori, ad eccezione di quelle intorno a 2.200 e 2.300 nm, e ricordando che le caratteristiche espresse da queste ultime (carbonato di calcio e argilla) erano già risultate correlate ai valori di riflettanza totale, l'interpretazione delle relazioni spettrali tra i suoli è stata fondamentalmente basata sulla loro distribuzione nel piano definito dai primi due assi principali (Fig. 6.c). In tale distribuzione sono risultati condensati, in gran parte, i risultati parziali derivanti dai due precedenti momenti di analisi. In particolare, essa ha innanzitutto evidenziato una netta separazione dei suoli ricchi di ematite (gruppi 'A', 'B') dal resto della popolazione (gruppo 'C'), che, a sua volta, è risultata distribuita secondo un andamento tale da porre in risalto l'effetto discriminatorio dei parametri spettrali espressi dalle prime due componenti in relazione alle tipologie evolutive dei suoli del Fortore. Con maggior precisione, e con riferimento al gruppo 'D', è risultato particolarmente efficace l'effetto combinato della riflettanza totale, delle bande di assorbimento (in particolare quelle a 1.400 e 1.900 nm) e, subordinatamente, della pendenza delle curve nel VIS-NIR sulla separazione dei diversi tipi di suolo, anche in relazione al loro stadio evolutivo.

Conclusioni

I risultati dell'analisi spettroradiometrica di laboratorio hanno posto in risalto le potenzialità del telerilevamento ottico, nella regione compresa tra 400 e 2.500 nm, e dei parametri spettrali 'riflettanza totale' e 'pendenza nel VIS-VIR' (rapporto VIR/VIS) nella discriminazione delle tipologie pedologiche caratteristiche dell'area di studio, soprattutto in relazione al loro stadio di sviluppo (o di degrado). Tali caratteristiche sono risultate significativamente correlate ad alcuni importanti costituenti chimici e fisici del suolo (carbonati, ferro totale, sostanza organica e tessitura) ed hanno mostrato di risentire in maniera evidente delle caratteristiche del substrato litologico, che, nel Fortore, rappresenta un importante fattore di formazione del suolo.

L'esperimento ha altresì confermato la rilevanza delle bande strette di assorbimento per la identificazione di specifici tipi di suolo (es. suoli ricchi di ematite), in relazione ai costituenti mineralogici del substrato pedogenetico responsabili della presenza e delle proprietà di queste bande lungo il continuum spettrale.

Mentre la riflettanza totale e la pendenza nelle curve nel VIR-NIR possono in qualche modo essere colte attraverso le bande larghe dei principali sistemi satellitari, in particolare quelle del sensore TM del satellite Landsat, i dati ad elevata risoluzione possono essere registrati soltanto da sistemi iperspettrali aereotrasportati, quali il MIVIS.

Infine, i risultati dell'analisi statistica multivariata potranno fornire un importante contributo alla selezione di endmembers spettrali da utilizzare nel procedimento di *Spectral Mixture Analysis*, applicata ai dati iperspettrali telerilevati dal sistema aereotrasportato MIVIS, di cui di seguito si riporta - come precedentemente accennato - un esempio di applicazione relativo ad una sub-scena dell'area di studio.

Analisi di dati MIVIS

Dati disponibili

Il MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) è uno strumento modulare, di proprietà del progetto LARA (Laboratorio per la Ricerca Ambientale) del CNR, costituito da quattro spettrometri, che riprendono simultaneamente la ra-

diazione proveniente dalla superficie terrestre nel VIS (20 bande tra 430 e 830 nm, con una risoluzione di 20 nm), nel NIR-SWIR (8 bande tra 1.150 e 1.550 nm, con una risoluzione di 50 nm), nelle SWIR (64 bande tra 2.000 e 2.500 nm, con una risoluzione di 8 nm), e nell'infrarosso termico (*Thermal Infrared*, TIR) (10 bande tra 8.200 e 12.700 nm), per un totale di 102 canali. Maggiori dettagli relativi allo strumento MIVIS ed alla piattaforma aerea utilizzata dal progetto LARA sono riportati in Bianchi et al. (1996).

Nel mese di giugno 1995 è stato realizzato un volo MIVIS sul Fortore beneventano. Le immagini sono risultate caratterizzate da una eccellente risoluzione spaziale (dimensione dei pixels: approssimativamente 6 m x 6 m). L'intera scena è stata coperta con sei linee di volo, realizzate nella direzione NW-SE, della dimensione di 755 colonne * 512 righe di pixels. La sub-scena di seguito analizzata ha invece una dimensione di 512 colonne * 512 righe di pixels.

Validazione e Pre-Processing dei dati MIVIS

Le caratteristiche del sistema MIVIS sono dunque tali da cogliere tutti gli aspetti più importanti delle curve di riflettanza spettrale (riflettanza totale, pendenza nel VIS-NIR, specifiche bande di assorbimento) per la discriminazione dei suoli nel Fortore. Le reali possibilità di poter utilizzare il predetto sistema (come, d'altronde, ogni altro sistema) in maniera soddisfacente dipendono, tuttavia, dalla qualità dei suoi dati, sulla quale normalmente influisce, talvolta in modo rilevante, la funzionalità delle sue diverse componenti ottiche e meccaniche. Inoltre, il contenuto informativo dei singoli canali spettrali del MIVIS può essere sensibilmente alterato da una serie di fattori tecnici ed ambientali, tra cui: le modalità di funzionamento del congegno di rilevamento, l'altezza della linea di volo della piattaforma aerea, le condizioni di illuminazione della scena, gli effetti atmosferici, ecc. Pertanto, prima di procedere all'analisi dei dati per estrarne specifiche informazioni, è necessario valutarne la qualità, per poi cercare di correggerne (o almeno mitigarne) gli effetti indesiderati, ricollegabili alle cause predette. Tale correzione viene normalmente realizzata attraverso una serie di operazioni dette di pre-elaborazione. A queste ultime appartengono anche quelle normalmente utilizzate per la conversione dei dati

di radianza in valori di riflettanza relativa, specificamente richiesti da alcuni metodi di analisi, tra i quali la SMA, utilizzata nel presente studio. Tutte le operazioni di analisi della qualità, pre-elaborazione ed elaborazione dei dati MIVIS relativi alla sub-scena studiata sono state realizzate utilizzando il software ENVI (*Environment for Visualizing Images*), versione 2.5, operante in ambiente IDL.

L'analisi della qualità dei dati MIVIS ha evidenziato, per la maggior parte dei canali (1-92), un *Signal-to Noise-Ratio* – rapporto tra il livello di segnale ricevuto dal sensore ed il livello di rumore addizionale, causato da imperfezioni di natura meccanica e/o elettronica dello strumento (Mather, 1989) – calcolato sulla scena (rapporto media/deviazione standard dei valori di radianza di aree di riferimento omogene) di valore accettabile e in buona corrispondenza con le specificazioni fornite da Bianchi et al. (1996). I dati termici non sono stati presi in considerazione. Soltanto i canali al di sopra dei 2.420 nm (81-92) ed alcuni canali singoli (es.: 59, 63), al di sotto di tale lunghezza d'onda, sono risultati di qualità più scadente.

I dati grezzi MIVIS hanno mostrato distorsioni laterali (*off-nadir effects*) dipendenti dalle caratteristiche degli scanners del sistema, di tipo *whisk-broom*. Questi effetti, evidenti nella direzione ortogonale alla linea di volo (*across-track effects*), sono stati corretti applicando il seguente approccio statistico: innanzitutto è stata calcolata la media delle singole colonne (nella direzione della linea di volo) di ciascuna immagine (singolo canale). Quindi, per ciascun canale, è stata applicata una funzione binomiale di interpolazione ai valori spettrali medi relativi alle singole colonne. Successivamente, ciascuno spettro di interpolazione delle medie delle colonne è stato diviso per la media spettrale delle immagini relative. In tal modo è stata ottenuta, per ciascun canale, una linea di fattori moltiplicativi di correzione sia degli effetti di radianza (*path radiance*), dovuti alle caratteristiche dello scanner, sia di quelli relativi alle differenze di illuminazione, causate dalla posizione del sole rispetto alla linea di volo (Bach e Mauser, 1993). Una volta corretti tali effetti, per ottenere un accettabile SNR nella regione delle SWIR, tra 2.000 e 2.400 nm, è stato applicato ai canali relativi a tale regione un filtraggio spettrale, specificamente un *convolution filtering* (Mather, 1987). Infine, come ultima operazione di pre-processing, i dati di radianza sono stati convertiti in riflettanza relativa, utilizzando un procedimento noto come '*empirical line calibration*' (Kruse et al.,

1985), basato sulla regressione lineare tra dati spettrali grezzi della scena, relativi a specifiche aree di riferimento, e quelli di riflettanza, realizzati attraverso misure di campo e/o laboratorio, corrispondenti alle medesime aree.

Spectral Mixture Analysis

La Spectral Mixture Analysis (SMA) rappresenta uno degli approcci più promettenti per la valutazione dei dati iperspettrali. Essa è basata sull'assunzione che gran parte delle variazioni spettrali in un'immagine siano causate dalla mescolanza di un numero limitato di materiali superficiali, detti *endmembers*, che comunemente si mescolano a livello di sub-pixel producendo uno spettro misto. Questa miscela spettrale può essere modellata attraverso una combinazione lineare (*linear mixing*), degli *endmembers* spettrali, in modo che:

$$(1) \quad R_i = \sum_{j=1}^n F_j \cdot RE_{ij} + \varepsilon_i \text{ e } \sum_{j=1}^n F_j = 1$$

dove R_i rappresenta la riflettanza dello spettro misto nella banda i , RE_{ij} la riflettanza dello spettro dell'*endmember* j nella banda i ; F_j è la frazione dell'*endmember* j , e ε_i l'errore residuo nella banda i .

Il *linear mixing* assume che i componenti superficiali siano larghi e/o opachi abbastanza da consentire ai fotoni di interagire soltanto con un singolo componente. Assumendo che i processi di trasferimento radiativo siano additivi, gli spettri possono allora essere separati (*unmixed*) per inversione dell'equazione lineare di mescolanza (1). Con riferimento ad un'immagine multi o iperspettrale, il risultato della spectral unmixing è la produzione di altre immagini, una per ogni *endmember* utilizzato, in cui a ciascun pixel non corrisponde più un valore spettrale, bensì una percentuale di abbondanza di uno specifico *endmember*. Queste immagini possono essere poi ricombinate, normalmente attraverso sistemi computerizzati di informazione geografica, per derivarne carte tematiche (Adams et al., 1989), una volta definiti i criteri che associano specifici significati tematici a classi di abbondanza degli *endmembers* selezionati.

Per l'applicazione della SMA alla sub-scena MIVIS del For-tore sono stati selezionati, dalla base di dati contenente le 'firme

spettrali' dei campioni di suolo appositamente creati e tenuto conto dei risultati della PCA, due endmembers, corrispondenti ai suoli argillosi più evoluti della scena, gli *Eutric Vertisols* (EV) (generalmente decarbonatati o a basso contenuto di carbonati) e ai materiali carbonatici affioranti (CA) (ciottoli e ghiaia alluvionali di fondovalle). A questi sono stati poi aggiunti altri due *endmembers*, relativi alla vegetazione clorofilliana attiva (GV) ed alla vegetazione secca (paglia di grano, DV), derivati da misure di campo realizzate in concomitanza con il volo MIVIS, ed un *end-member* 'ombra' (SH), estratto da una pre-esistente banca dati. Per valutare la validità della scelta degli *endmembers*, è stato quindi calcolato un RMSE (Root-Mean-Squared Error) medio della scena (Adams et al., 1989), il cui valore (0.0145) ha fornito indicazioni soddisfacenti.

I risultati dell'*unmixing*, benché parziali, hanno evidenziato una significativa risposta del modello di SMA alle caratteristiche ambientali tipiche della sub-scena analizzata. Morfologicamente, questa è caratterizzata da un'area di altopiano (parte destra della scena), da un'area di fondovalle (parte sinistra) e da un versante di raccordo tra le due (Fig. 7.b). Dalle osservazioni di campagna effettuate nel corso del rilevamento è risultato che, muovendosi dall'altopiano verso il fondovalle, lo stato di degrado dei suoli aumenta, in relazione all'aumento dell'angolo di pendenza del versante. Nelle specifiche condizioni della sub-scena in esame, caratterizzata dalla associazione di suoli argillosi e materiali alluvionali calcarei di fondovalle, il livello di sviluppo dei suoli – così come emerso, indirettamente, anche attraverso l'analisi statistica multivariata – è risultato associato, entro certi limiti, al contenuto di carbonati nei loro orizzonti superficiali, maggiore nei suoli meno sviluppati rispetto a quelli più evoluti.

Al fine di confrontare le caratteristiche ambientali della scena studiata con i risultati dell'*unmixing* applicata ai dati MIVIS, le immagini di abbondanza degli endmembers 'vertisuoli', 'vegetazione secca' e 'carbonati' sono state combinate in una composizione RGB (Red-Green,Blue) (Fig. 7.a). La vegetazione densa (copertura > 50%) è stata invece mascherata in nero. I colori misti della composizione RGB indicano:

- verde-azzurro: vegetazione secca ± vertisuolo;
- verde-giallo: vegetazione secca ± suolo degradato;
- blu-magenta: vertisuolo ± carbonato;
- magenta-rossiccio: dominanza di vertisuoli;
- rosso puro: ciottoli calcarei di fondovalle.

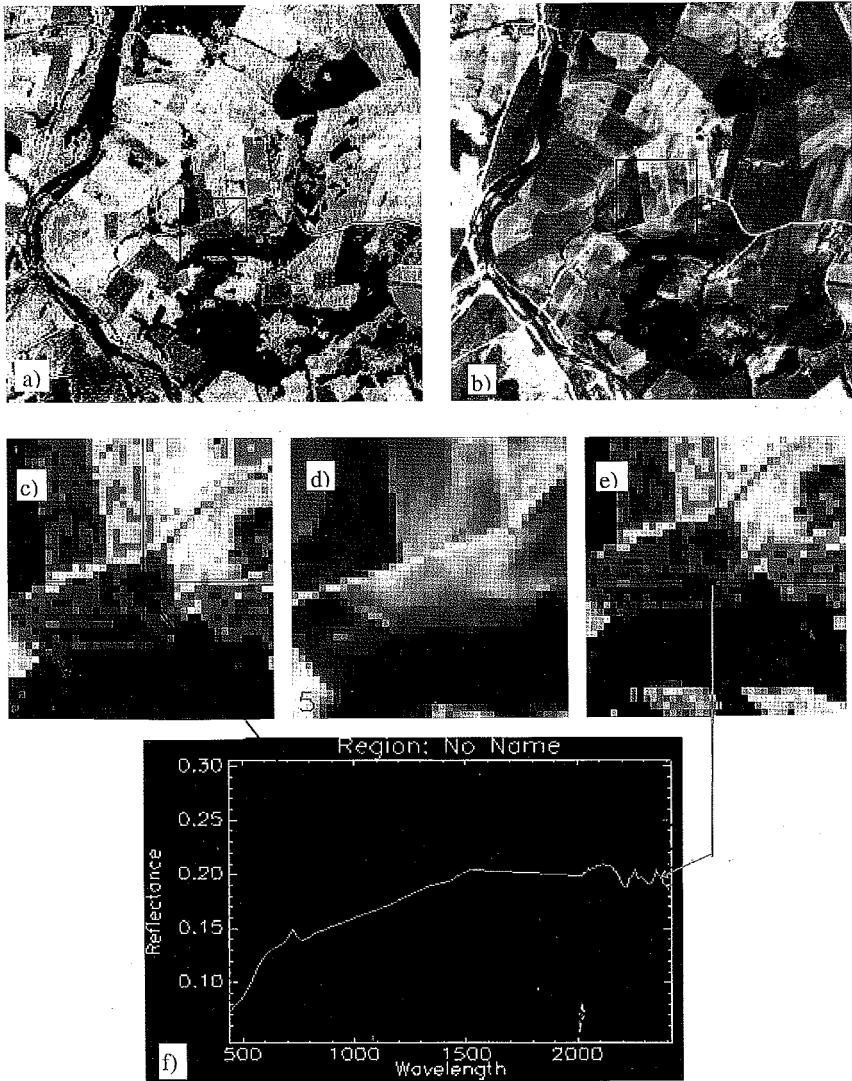


Fig. 7 - Esempio di applicazione della SMA ai dati MIVIS per la mappatura dello stato di evoluzione dei suoli e della loro mineralogia superficiale: a) immagine in RGB degli endmembers relativi ai materiali carbonatici ed argillosi ed alla vegetazione secca; b) immagine in falso colore della stessa scena; c-f) confronto di differenti pixels di suoli esposti in relazione alle frazioni di abbondanza degli endmembers calcarei ed argillosi e loro rispettive "firme" spettrali; c) spettro rosso: argilla 57%, carbonati 21%; e) spettro verde: argilla 88% e carbonati 6%.

Come si può osservare (Fig. 7.a), la metà superiore dell'immagine è dominata da colori verdastri (soprattutto stoppie di grano), mentre la sua metà inferiore, caratterizzata da una maggiore percentuale di suoli esposti (lavorati), principalmente classificati come *Calcaric Regosols*, presenta tinte variabili dal blu al magenta, fino al rosso, dove un incremento della quantità di rosso indica una maggiore abbondanza di materiale carbonatico. Pertanto, muovendosi dall'altopiano verso il fondovalle è possibile osservare un incremento dell'abbondanza di carbonati (rosso). Ciò è risultato in accordo con il trend di degradazione dei suoli, di cui abbiamo fatto cenno in precedenza.

Infine, confrontando gli spettri dei *pixels* blu (Fig. 7.e) (suoli a basso contenuto di carbonati) con quelli dei *pixels* magenta (suoli ad elevato contenuto di carbonati) (Fig. 7.c), la principale differenza che è stato possibile osservare tra i due è nelle relazioni tra le bande di assorbimento dei minerali argillosi e dei carbonati, tra 2.000 e 2.500 nm. Estruendo da questi spettri - attraverso un procedimento di *unmixing* applicato a singoli *pixels*, analogo a quello utilizzato per la scena intera - le frazioni normalizzate di abbondanza degli *endmembers* argillosi (Vertisuoli) e carbonatici (ciottoli di fondovalle), si sono ottenute le seguenti medie di abbondanza:

RGB pixel	Abbondanza di argilla	Abbondanza di carbonati
Blu	88%	6%
Magenta	57%	21%

Ponendo in relazione questi valori con quelli ottenuti attraverso le analisi chimiche di laboratorio è stato possibile accertare che le differenze tra le percentuali di abbondanza dei carbonati, stimate attraverso l'analisi degli spettri di riflettanza, ricadevano nello stesso intervallo di variazioni osservate tra Regosuoli Calcarei degradati e quelli fortemente erosi dell'area di studio. Questo risultato ha dimostrato ulteriormente le potenzialità dei dati MIVIS nella realizzazione di mappe semi-quantitative di componenti mineralogici (in questo caso dei contenuti di carbonati) nei materiali superficiali del suolo. Esso potrà essere ulteriormente utilizzato nella definizione e preparazione delle carte dello stato di degradazione dei suoli.

Conclusioni

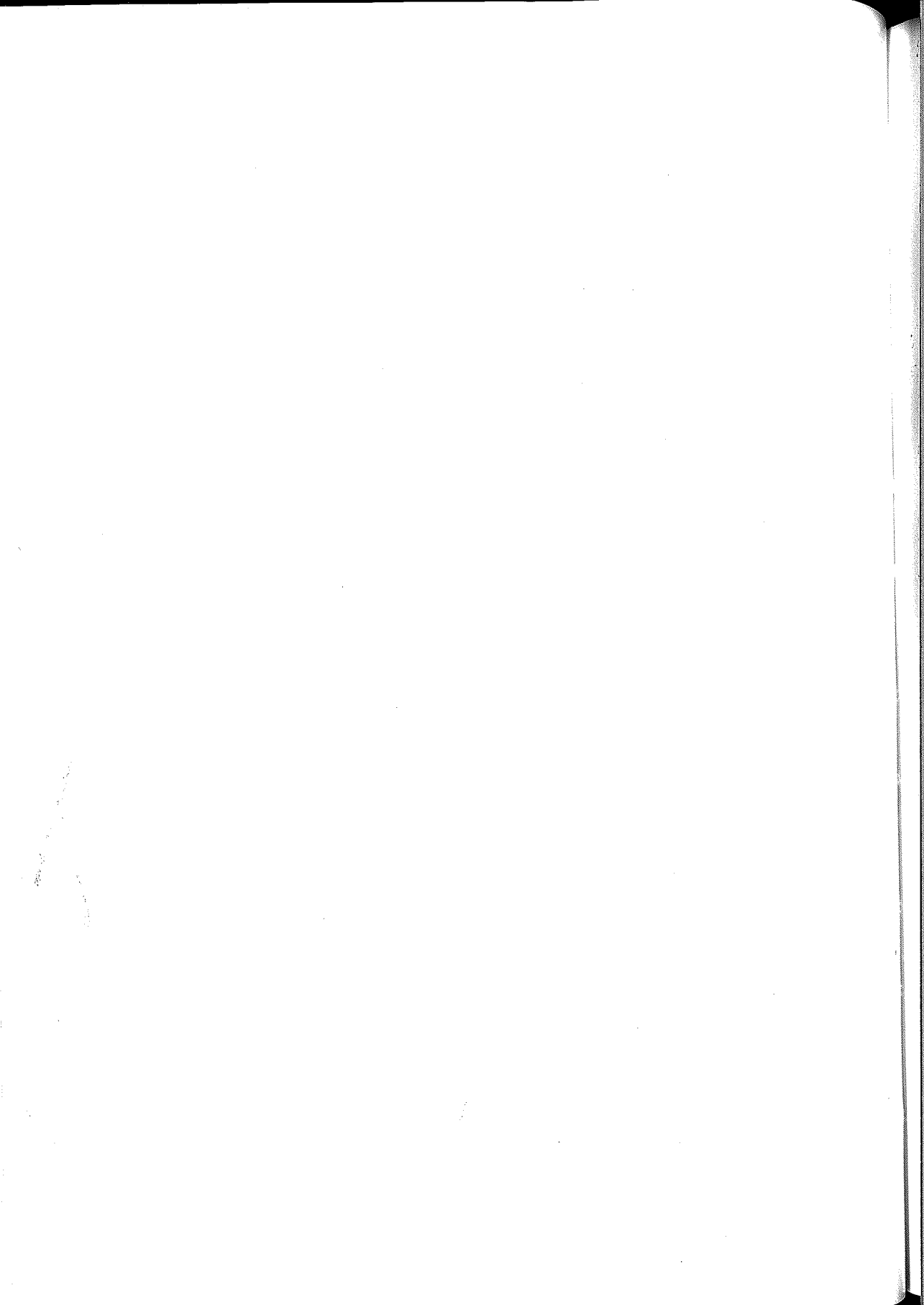
In conclusione i risultati di questo primo esercizio di analisi dei dati MIVIS hanno posto in risalto le potenzialità dell'approccio basato sulla SMA per l'osservazione dello stato di sviluppo del suolo e della copertura vegetale. Tuttavia, la metodologia adottata necessita di essere ulteriormente validata, con riferimento all'intera scena del Fortore (circa 46.000 ha), quindi ad un più largo ventaglio di litologie e condizioni superficiali dei suoli. Tale validazione rappresenterà la fase successiva della nostra ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- 1) AGBU, P.A., FEHRENBACHER, D.J., JANSEN, I.J. (1990): *Soil property relationships with SPOT satellite digital data in East Central Illinois*. Soil Sci. Soc. Am. J., 54: 807-812.
- 2) ADAMS J.B., SMITH M.O., GILLESPIE A.R. (1989): *Simple models for complex natural surfaces: a strategy for the hyperspectral era of remote sensing*. Proc. of the IGARSS '89 Symposium, July 10-14, Vancouver, Canada, 16-21
- 3) BACH H., MAUSER W. (1993): *Extraction of agricultural parameters from imaging spectrometry data and simulated MERIS data through red edge analysis*. ESA SP-360, ESA Publications Division, ESTEC, NL.
- 4) BAUMGARDNER M.F., SILVA L.F., BIEHL L.L., STONER R. (1985): *Reflectance properties of soils*. Advances in agronomy; 38: 1-44.
- 5) BIANCHI R., CAVALLI R.M., FIUMI L., MARINO C.M., PIGNATTI S., PIZZAFERRI G. (1996): *1994-1995 CNR LARA project airborne hyperspectral campaigns*. Presented at the Eleventh Thematic Conference and Workshops on Applied Geologic Remote Sensing, Las Vegas, Nevada, 27-29 February 1996.
- 6) BUONDONNO C., DANISE B., LEONE A.P., TEDESCHI P., TERRIBILE F., (1989.a): *Carta dei suoli della Comunità Montana Fortore beneventano*. Ann. Fac. Agr. Univ. Napoli; XXIII: 20-33.
- 7) BUONDONNO C., DI GIAIMO A., LEONE A.P., PAGLIUCA S., TEDESCHI P., TERRIBILE, F. (1993): *Carta dell'erosione potenziale massima della Comunità Montana "Fortore beneventano"*. Ann. Fac. Agr. Univ. Napoli; XXVII: 20-35.
- 8) BUONDONNO C., LEONE A.P., ORTOLANI F., PAGLIUCA S., TEDESCHI P., TERRIBILE F. (1989.b): *Carta delle capacità d'uso agricolo dei suoli della Comunità Montana "Fortore beneventano"*. Ann. Fac. Agr. Univ. Napoli; XXIII: 45-60.
- 9) BUONDONNO C., LEONE A.P., ORTOLANI F., PAGLIUCA S., TEDESCHI P. (1989.c): *Rapporti tra evoluzione geomorfologica e processi pedogenetici in aree significative della Campania*. Boll. Soc. Geolo. Ital. 1989; 44.
- 10) DE JONG S. (1993): *The analysis of spectroscopical data to map soil types and soil crusts of Mediterranean eroded soils*. Soil technology. 5: 199: 211.
- 11) DRURY S.A. (1993): *Image interpretation in geology*. Chapman & Hall, London, pp. 283.
- 12) ESCADAFAL R. (1994): *Soil spectral properties and their relationships with environmental parameters - Examples from arid regions*. In: J. Hill and J. Mégier (edr.), *Imaging Spectrometry - a tool for Environmental Observations*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 71-87.
- 13) FAO (1988): *"FAO-Unesco soil map of the world"*, FAO, Rome.

- 14) GALVAO L.S., VITORELLO I. (1995): *Quantitative approach in the spectral reflectance-lithostratigraphy of the Wind River and southern Bighorn basins*, Wyoming. Int. J. Remote Sensing, 9: 1617-1631.
- 15) HILL J. (1993): *Monitoring land degradation and soil erosion in Mediterranean environments*. ITC Journal, 4, 323-331.
- 16) HILL J. (1994): *Spectral properties of soils and the use of optical remote sensing systems for soil erosion mapping*. In G. Bidoglio and W. Stumm (ed.), *Chemistry and Aquatic Systems: Local and Global Perspectives*. 1994 ECSC, EEC, EAEC, Brussels and Luxembourg, 497-526.
- 17) HILL J., SMITH M.O., MEHL W., LACAZE B., SOMMER S. (1994): *The use of high spectral resolution imaging systems for mapping land degradation patterns in Mediterranean ecosystems*. MAC Europe, Final Results Workshop. Lenggries, Germany, 4-6 October 1994. 31-46.
- 18) HILL J., MÉGIER J., MEHL W. (1995.a): *Land degradation, soil erosion and desertification monitoring in Mediterranean ecosystems*. Remote Sensing Reviews, 12, 107-130.
- 19) HILL J., SOMMER S., MEHL W., MÉGIER J. (1995.b): *Towards a satellite-observatory for mapping and monitoring the degradation of Mediterranean ecosystems*. In 'Sensors and environmental applications of remote sensing', Askene Edr. 53-61.
- 20) HUNT G.R., SALISBURY J.W. (1971): *Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks*. II. Carbonates. Modern Geology, 2, 23-30.
- 21) IRON J.R., WEISMILLER R.A., PETERSEN G.W. (1989): *Soil reflectance*. In: G. Asrar Ed., *Theory and Applications of optical remote sensing*. Wiley, New York, 66-106.
- 22) KRUSE F.A., RAINES G.L., WATSON K. (1985): *Analytical techniques for extracting geologic information from multichannel airborne spectroradiometer and airborne imaging spectrometer data*. In 'Proc. Of the Fourth Thematic Conference on remote Sensing for Exploration Geology, ERIM, 1-4 April, S. Francisco, USA, 309-324.
- 23) LEONE A.P., OLIVIERI B., SCIACOVELLI N., TEDESCHI P., TERRIBILE F. (1989): *Carte dei deficit pluviometrici e della stagione di crescita del territorio appenninico compreso tra i fiumi Biferno ed Ofanto*. Astratto da "Agrometeorologia, Agricoltura e Ambiente". Firenze 21-23 Novembre 1989. 505-18.
- 24) LEONE A.P., SOMMER S. (1997): *Spectroradiometric discrimination of soils from an upland ecosystem of southern Italy*. (Sottomesso per la pubblicazione).
- 25) MULDER M.A. (1987): *Remote sensing in soil science*. Elsevier, Amsterdam 379 pp.
- 26) SASAKY K., KAWATA S., MINAMI S. (1983): *Constrained nonlinear method for estimating component spectra for multicomponent mixtures*. Applied Optics, 22, 3599: 3603.

- 27) SHERMAN D.M., WAITE T.D. (1985): *Electronic spectra of Fe³⁺ oxides and oxide hydroxides in the near IR to near UV*. American Mineralogist, Vol. 70, 1262: 1269.
- 28) SISS - SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO (1985): *Metodi normalizzati di analisi del suolo*. Edagricole. pp. 100.
- 29) SMITH M.O., JOHNSON P.E., ADAMS J.B. (1985): *Quantitative determination of mineral types and abundances from reflectance spectra using principal component analysis*. Journal of Geophysical Research. 90, C797: C804.
- 30) SMITH M.O., USTIN S.L., ADAMS J.B., GILLIPSE A.R. (1990): *Vegetation in deserts. I A regional measure of abundance from multispectral images*. Remote Sensing of Environment; 31, 1-26.
- 31) SOMMER S., LEONE A.P., MEHL W. (1996): *Application of MIVIS airborne imaging spectrometer data to the assessment of land degradation risk in the Southern Apennines (Fortore beneventano, Italy)*. EARSeL Symposium on 'Integrated applications for risk assessment and disaster prevention for the mediterranean' (A. Spite-ri edr.), Balkema, Rotterdam. 205-214.
- 32) VAN DER MEER F. (1995): *Imaging spectrometry and Ronda peridotites*. PhD Thesis, pp. 307.
- 33) VANE G., GOETZ A.F.H. (1988): *Terrestrial imaging spectroscopy*. Remote Sensing of Environment, 24: 1-29.
- 34) VITORELLO I., GALVAO L.S., EPIPHANIO J.N.C., FORMAGGIO A.R., VALERIANO M.M. (1995): *Principal component analysis of reflectance spectra of soils from southern Brazil*. Coloquio International: Propiedades espectrales y teledeteccion de los suelos y rocas del visible al infrarrojo medio. La serena 24-27 Abril 1995. 241-255.



RELAZIONI TRA COLORE E RISPOSTA SPETTRALE DEL SUOLO. APPLICAZIONI AD UN'AREA DI STUDIO DELL'APPENNINO MERIDIONALE

LEONE A.P.¹, AJMAR A.², ESCADAFAL R.³, SOMMER S.⁴

¹ Ricercatore c/o l'Istituto Irrigazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Ercolano (NA).

² Geologo, visitatore c/o lo Space Applications Institute, sez. Environmental Mapping and Monitoring del Joint Research Centre di Ispra (VA).

³ Direttore di ricerca c/o ORSTOM-Parigi, esperto distaccato c/o lo Space Applications Institute, sez. Environmental Mapping and Monitoring del Joint Research Centre di Ispra (VA).

⁴ Agente c/o lo Space Applications Institute, sez. Environmental Mapping and Monitoring del Joint Research Centre di Ispra (VA).

Riassunto

Il colore è un criterio largamente utilizzato dagli studiosi del suolo, ma non frequentemente discusso. Nel presente articolo saranno innanzitutto passate in rassegna le definizioni riguardanti il colore ed il suo uso nella scienza del suolo. La percezione del colore è un fenomeno complesso coinvolgente l'illuminazione della scena, il modo in cui l'oggetto riflette la luce, il modo in cui la retina trasforma questa in impulsi al cervello e quello in cui il cervello interpreta i segnali che riceve. Considerando tutti gli altri parametri costanti, un oggetto appare colorato poiché assorbe la luce in modo non uniforme in determinate parti dello spettro visibile.

Per la valutazione del colore possono essere utilizzate due tipi di tecniche: la stima visiva e la colorimetria. La prima viene realizzata confrontando l'oggetto studiato con un insieme di colori di un atlante. Questa è la tecnica più comunemente usata nella scienza del suolo, che, specificamente, utilizza le Carte Munsell dei Colori. La colorimetria è invece basata su leggi stabilite tra proprietà di riflettanza ed apparenza del colore dei suoli. In questo caso il colore non è stimato, ma calcolato sulla base di spettri di riflettanza. Recenti risultati relativi all'applicazione dei concetti della colorimetria ai suoli saranno riassunti nella prima parte dell'articolo.

Queste idee saranno quindi illustrate attraverso un caso di studio, utilizzando una collezione di campioni di suolo relativi ad un'area di studio dell'Appennino meridionale (il Fortore beneventano). Questi campioni sono stati sottoposti sia alla stima visuale del colore, realizzati da differenti osser-

vatori, che alle misure di riflettanza spettrale, realizzate attraverso un nuovo tipo di spettroradiometro portatile. La dispersione delle stime confrontata con la precisione dei colori calcolati dagli spettri di riflettanza mostra fino a che punto la valutazione del colore dei suoli può essere migliorata.

Infine, considerando l'importanza del colore nell'inventario e nello studio dei suoli, nelle conclusioni saranno discussi i futuri sviluppi della spettrometria di campagna e della colorimetria nella scienza del suolo.

Parole chiave: Colore del suolo, sistema C.I.E., sistema Munsell, spettrometria, telerilevamento.

Summary

Relationships between soil color and soil spectral response. Applications to a study area of the Southern Apennines.

Soil color is a criteria widely used by soil scientists but not frequently discussed. In this presentation we first review definitions concerning color and its use in soil science. Color perception is a complex phenomena involving the composition of the light illuminating the scene, the way the object reflects it, the way the retina transform this into impulses to the brain and the way the brain is interpreting these signals. Basically, considering all the other parameters as constant, an object appears colored because it is unevenly absorbing light in certain parts of the visible spectrum.

Two types of techniques can be used to assess color: visual estimation and colorimetry. The first is made by comparing the studied object to a set of samples of a color atlas, this is the common technique in soil science with the Munsell soil color charts. Colorimetry is based on established laws between reflectance properties and color appearance, here color is not estimated but computed from reflectance spectra. Recent results from the application of colorimetric concepts to soils will be summarized.

In the second part, these ideas are illustrated by a case study, using a collection of soil samples from the Fortore beneventano region (Apennines, Southern Italy). They have been subjected to both visual estimation of color by several observers and spectral reflectance measurement with a new portable spectroradiometer. The dispersion of the estimations compared to the precision of the colors computed from reflectance spectra show how far the color assessment of soil could be improved.

Considering the important rule of color in soils inventories and studies, future developments of field spectrometry and colorimetry in soil science is discussed in the conclusion.

Key words: Soil color, C.I.E. system, Munsell system, spectrometry, remote sensing.

Introduzione

Il colore rappresenta un rilevante dato di campagna per lo studio dei suoli e l'analisi della struttura della coltre pedologica (Bigham e Ciolkosz, 1993). L'importanza ad esso attribuita nella scienza del suolo è basata su numerose evidenze scientifiche che hanno consentito di correlare questo parametro ad importanti proprietà pedologiche (Schwertmann e Taylor, 1977; Torrent et al., 1983; Barron e Torrent, 1986; Leger et al., 1977; Mulders, 1987; Bedidi et al., 1992). I suoi cambiamenti riflettono anche, in modo più o meno evidente, le modifiche del mantello pedologico causate da fenomeni naturali e/o dall'attività antropica (Pickup e Nelson, 1984).

Per lungo tempo, il colore del suolo è stato descritto con termini generici, per esempio "marrone" o "bruno rossiccio scuro". Questo criterio ha mostrato ben presto delle limitazioni, per il fatto che era possibile attribuire significati differenti alle parole usate per la sua descrizione. Tale imprecisione ha rappresentato nel passato un severo *handicap* per l'uso del colore in un approccio scientifico alla conoscenza dei suoli.

Nei primi anni '50, la necessità di una valutazione più quantitativa del colore ha spinto gli studiosi del suolo verso la ricerca di sistemi di classificazione del colore. Tuttavia, già dagli inizi del secolo, Munsell, un artista, si stava occupando del problema della classificazione e della standardizzazione dei colori, sviluppando un 'Atlante dei colori' costituito da campioni organizzati in modo regolare. Questo sistema fu adottato anche dagli studiosi del suolo, che svilupparono uno speciale 'Atlante dei colori del suolo', in cooperazione con la *Munsell Color Company* (1950). Da quel momento, la valutazione del colore del suolo è stata normalmente realizzata per confronto con le carte Munsell di riferimento.

L'accuratezza e la precisione della stima del colore per confronto con le carte Munsell è influenzata, tuttavia, da numerosi fattori, tra cui le condizioni di illuminazione, le caratteristiche del campione e l'abilità dell'osservatore (Fernandez e Schulze, 1986). Valutazioni più accurate ed oggettive possono essere basate su misure colorimetriche del suolo, a partire dalla sua risposta spettrale, specificamente dal suo spettro di riflettanza (rapporto tra luce riflessa dal suolo e quella riflessa da un campione bianco di riferimento) nell'intervallo di lunghezza d'onda del visibile (370-770 nm) (Fernandez e Schulze, 1986; Barron e Torrent, 1993; Escadafal, 1994).

Il colore, anche se largamente usato in pedologia, è un parametro non frequentemente discusso tra gli studiosi del suolo. Nel presente lavoro, pertanto, si intende passare in rassegna i concetti della colorimetria ed analizzare i due metodi di valutazione del colore e le loro reciproche relazioni, per poi illustrare un caso di studio, che consentirà di valutare l'influenza delle condizioni di illuminazione e dell'osservatore sulla stima dei colori Munsell e di confrontare questi ultimi con i colori calcolati a partire dalle curve di riflettanza.

Che cos'è il colore: rassegna di alcuni concetti colorimetrici

Un fenomeno visivo

Il colore è una caratteristica della visione umana. Esso può essere definito come la risposta percettiva allo stimolo della luce. In realtà si tratta di un fenomeno abbastanza complesso la cui comprensione passa attraverso la conoscenza della fisica, della chimica, della fisiologia e della psicologia. Ciò va oltre gli scopi del presente articolo (vedi: Judde Wyszecski, 1975; Kowalisky, 1978; Wyszecski e Stiles, 1982). In questa sede, cercheremo semplicemente di sintetizzare i pochi concetti applicabili agli oggetti opachi che ci aiuteranno nella comprensione della natura del colore dei suoli.

La luce solare che arriva sugli oggetti che noi possiamo osservare è normalmente bianca. Dagli esperimenti di Newton, sappiamo che la luce bianca è una mescolanza bilanciata di tutti i colori. Essa può essere scomposta nei suoi componenti puri da un prisma ottico, mostrando così le differenti radiazioni nel campo del visibile. Queste radiazioni monocromatiche sono i colori puri dello spettro visibile, la cui lunghezza d'onda varia da 370 (violetto) a 770 nm (rosso).

Quando illuminati da una luce bianca, molti oggetti opachi appaiono colorati. La luce che essi riflettono non è più una combinazione bilanciata della radiazione visibile, in quanto la riflessione è più pronunciata in alcune parti dello spettro che in altre. Ad esempio, una superficie bianca riflette ugualmente tutte le radiazioni, mentre un oggetto rosso riflette principalmente le radiazioni alle lunghezze d'onda maggiori. In altre parole, questo oggetto appare rosso poiché assorbe le lunghezze d'onda più corte della radiazione elettromagnetica (es.: blu e verde). Sem-

plificando, si può interpretare il colore come l'espressione visibile di un assorbimento. Tale concetto può essere vantaggiosamente applicato allo studio dei suoli. Nella Fig. 1 sono illustrate alcune curve di riflettanza dei suoli dell'area di studio nell'intervallo spettrale 370-770 nm (visibile). Come si può osservare, i suoli più scuri (*Value* più bassi) presentano una riflettanza totale più bassa rispetto a quelli più chiari (*Value* più alti), i quali riflettono una maggiore quantità di luce in tutte le lunghezze d'onda dello spettro visibile. Ancora, ad esempio, il suolo (*b*), di colore bruno-rossiccio (5YR 5/3), è caratterizzato da una curva di forma sigmoidale, con un maggiore assorbimento nella regione spettrale del blu-verde rispetto a quello nella regione del rosso. In altri termini, i suoli appaiono di differente colore per effetto della loro variabilità spettrale.

Approccio scientifico al colore

Con lo sviluppo dell'industria, il bisogno di un approccio scientifico alla riproduzione del colore ha portato i fisici allo studio delle relazioni tra la composizione spettrale della luce, la ri-

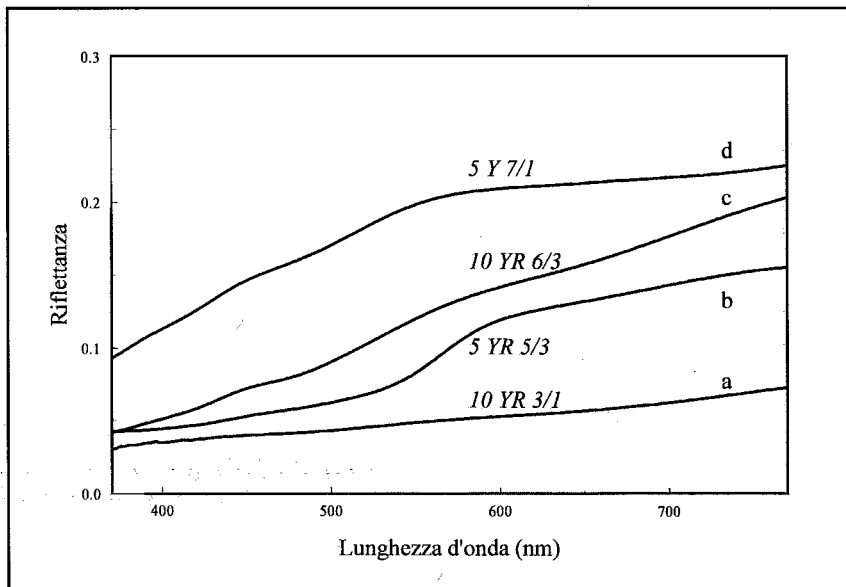


Fig. 1 - Esempi di spettri di riflettanza di quattro campioni di suolo dell'area di studio Fattore beneventano nel dominio del visibile (370-770 nm).

flettanza spettrale degli oggetti e la sensazione del colore risultante dalla interazione di entrambi.

La percezione del colore è influenzata dalle condizioni ambientali e dalle caratteristiche genetiche dell'osservatore; pertanto la *Commission Internationale de l'Eclairage* (C.I.E.), mediante analisi statistica, ha definito il concetto di "osservatore di riferimento". Tale concetto specifica la visione umana normale del colore e le condizioni controllate per studiare gli stimoli e le uguaglianze del colore stesso (Wiszecki e Stiles, 1982).

Il sistema colorimetrico internazionale (C.I.E.)

La scienza del colore è basata sull'osservazione che tutti i colori possono essere riprodotti aggiungendo tre colori primari (rosso, verde e blu definiti nel sistema tricromatico C.I.E.). La funzione di distribuzione del colore di un *osservatore di riferimento* (\bar{r} , \bar{g} , \bar{b}) definito della C.I.E. descrive l'ammontare relativo dei colori monocromatici blue (b), verde (g) e rosso (r) per riprodurre qualsiasi colore dello spettro visibile (Fig. 2). Per esempio, dalla predetta figura è possibile osservare che mesco-

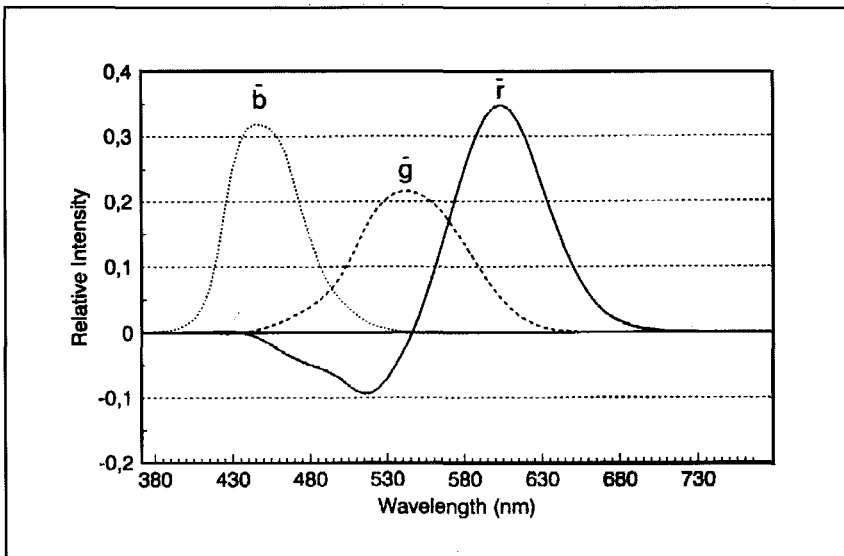


Fig. 2 - Funzioni di distribuzione del colore (\bar{r} , \bar{g} , \bar{b}) dell'osservatore di riferimento della C.I.E. del 1931 (esprimono l'ammontare della luce rossa, verde e blu necessario per riprodurre i colori monocromatici) (da: Wyszecki and Stiles, 1982).

lando rosso e verde in eguali quantità si ottiene uno stesso stimolo di colore corrispondente alla radiazione monocromatica gialla a 570 nm (incrocio delle curve \bar{r} e \bar{g}).

Le coordinate tricromatiche del colore giallo sono, allora, $R = 50\%$, $G = 50\%$, $B = 0\%$. In questo sistema tricromatico, i colori sono rappresentati da vettori in uno spazio tridimensionale. Di conseguenza, il risultato della mescolanza dei colori può essere previsto calcolando la somma dei due vettori corrispondenti. Quando si ha a che fare con oggetti reali, invece che con la radiazione monocromatica, l'additività delle coordinate del colore porta ad una più potente tecnica di integrazione. Considerando che una curva di riflettanza spettrale è una somma di riflessioni monocromatiche elementari, le coordinate del colore di ogni oggetto non trasparente possono essere facilmente calcolate. Anche la composizione spettrale della luce che illumina l'oggetto è parte del processo, pertanto le equazioni per la determinazione dei coefficienti del colore saranno espresse nel modo seguente:

$$\begin{aligned} R &= k \int_{380}^{770} C(\lambda) \cdot H(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d(\lambda) \\ (1) \quad G &= k \int_{380}^{770} C(\lambda) \cdot H(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d(\lambda) \\ B &= k \int_{380}^{770} C(\lambda) \cdot H(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d(\lambda) \end{aligned}$$

dove: R, G, B = coefficienti del colore, $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$ = funzioni di distribuzione del colore, k = fattore di normalizzazione, λ = lunghezza d'onda, $C(\lambda)$ = riflettanza spettrale e $H(\lambda)$ = flusso luminoso.

Dalle equazioni (1) appare altresì che oggetti caratterizzati da differenti curve di riflettanza spettrale possono produrre gli stessi stimoli del colore. Ciò è illustrato attraverso il semplice esempio precedente, dove la luce di due differenti composizioni spettrali, giallo e verde+rosso, produce la stessa sensazione di colore. Viceversa, due oggetti che appaiono dello stesso colore sotto una determinata illuminazione, potrebbero avere colori diversi sotto una luce di differente composizione spettrale (es.: luce solare e luce fluorescente artificiale).

Questo fenomeno, chiamato *metamerismo*, è ben conosciuto e largamente utilizzato nelle tecniche di riproduzione del colore (fotografia, immagini elettroniche, stampa a colori). Per i nostri scopi esso ha un'importante conseguenza: teoricamente la riflettanza spettrale di un oggetto non può essere desunta dal suo colore. Come sarà meglio discusso in seguito, questa limitazione non è generalmente applicabile ai suoli, consentendo così interessanti applicazioni.

Misura del colore

Il modo più facile per valutare il colore di un campione è quello di confrontarlo visualmente con il colore di campioni di riferimento presi da una collezione o da atlanti, cercando il colore corrispondente più vicino. Ciò è quello che normalmente viene fatto quando si utilizzano gli atlanti Munsell. Benché apparentemente banale, la precisione della valutazione dipende notevolmente dall'attenzione posta dall'operatore nella sua realizzazione (Melville e Atkinson, 1985).

Una maggiore accuratezza può essere ottenuta attraverso l'uso di colorimetri, strumenti che utilizzano specifici filtri. Numerosi modelli di questi apparecchi sono stati sviluppati fin dagli inizi della colorimetria. In sostanza, le misure colorimetriche calcolano gli stimoli del colore, mentre la valutazione visuale si occupa della sua percezione, che rappresenta un fenomeno più complesso (Billmeyer, 1988). Sotto la luce naturale, le condizioni di illuminazione possono differire in maniera significativa rispetto alla luce di riferimento giornaliera, in relazione all'elevazione del sole ed alle condizioni del cielo. La luce artificiale di una lampada fluorescente possiede una distribuzione spettrale molto particolare, cosicché i risultati della valutazione visuale del colore realizzata sotto questa luce possono deviare notevolmente da quelle ottenute in condizione di luce naturale.

Le misure colorimetriche assolute sono basate su misure della curva di riflettanza spettrale dell'oggetto studiato. Questa tecnica eseguita in laboratorio con l'ausilio di spettrofotometri è quella più largamente usata. Essa è già stata applicata per lo studio delle rocce e dei suoli (Cervelle et al., 1977; Escadafal et al., 1989). In breve, un piccolo campione di un determinato materiale viene piazzato nella sede della sfera di integrazione dello strumento. La parte interna della sfera è illuminata con una luce monocromatica e la radiazione riflessa dal campione è rapporta-

ta a quella riflessa da un campione bianco standard di riferimento, in modo da ottenere, in tal modo, la misura della *riflettanza diffusa*. Questa tecnica consente una misura precisa e standardizzata della riflettanza diffusa, con un'elevata risoluzione spettrale (al disotto di 1 nm), all'interno di un largo intervallo di lunghezza d'onda (Escadafal, 1994).

Una gamma di nuovi strumenti portatili di misura spettrale, chiamati spettroradiometri, è emersa negli anni '80. Il progressivo sviluppo della loro tecnologia consente oggi di utilizzarli con ottimi risultati sia in laboratorio che in campo. Il grande vantaggio che essi offrono, rispetto ai tradizionali spettrofotometri, è quello di poter registrare spettri di radianza in brevissimo tempo, sia su superfici disturbate che indisturbate, di dimensioni variabili da qualche centimetro a decine di metri quadrati. Il *fattore di riflettanza bidirezionale* (BRF) (Silva, 1978), può essere quindi calcolato rapportando la radianza misurata sull'oggetto (es.: suolo) a quella di un pannello bianco di riferimento (es.: *Solfato di Bario*, *Spectralon*, ecc.) (Escadafal, 1994).

Calcolo del colore dalla riflettanza spettrale

Il sistema R, G, B, che è stato alla base dello studio scientifico del colore, presenta l'inconveniente di utilizzare un qualunque sistema di riferimento e di introdurre dei valori negativi. Per esigenze di razionalizzazione, la C.I.E. ha definito un sistema cartesiano di riferimento basato sulle componenti tricromatiche X, Y, Z (*tristimulus values*), di modo che:

$$\begin{aligned} X &= 2.76659R + 1.751G + 1.13020B \\ (2) \quad Y &= R + 4.5909G + 0.06012B \\ Z &= 0.0565G + 5.59440B \end{aligned}$$

Queste componenti possono essere trasformate nelle 'coordinate di cromaticità', x ed y , dove: $x = X/(X+Y+Z)$ e $y = Y/(X+Y+Z)$. Pertanto, un determinato colore può essere usualmente caratterizzato da Y , che esprime la sua luminosità, e dalle coordinate di cromaticità x e y , convenientemente rappresentate nel diagramma di cromaticità della C.I.E. (Fig. 3). Tutti i colori reali cadono dentro questa figura geometrica, delimitata dai punti corrispondenti ai colori puri. Tra questi, i colori primari

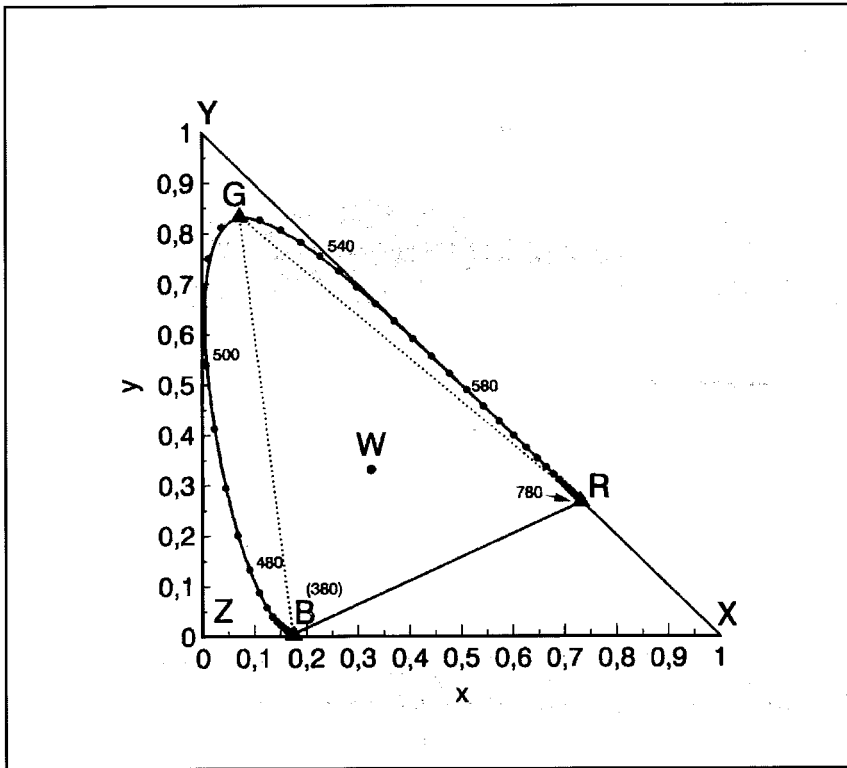


Fig. 3 - Diagramma di cromaticità della C.I.E. (1931) basato sugli X, Y, Z primari (W rappresenta il punto acromatico, le linee tratteggiate mostrano il triangolo RGB) (da Wyszecki and Stiles, 1982).

R, G, B, che formano un triangolo. Nella Fig. 4, il dominio dei colori del suolo è raffigurato nell'area tratteggiata all'interno del triangolo RGB. La notazione R, G, B ha un significato più ovvio delle coordinate x, y, in quanto esprime l'ammontare relativo di rosso, verde e blu di un determinato colore. Pertanto, essa è più semplice da porre in relazione alle proprietà spettrali dei suoli. Di ciò sarà riferito qui di seguito.

In sintesi, utilizzando la definizione di "Osservatore Standard", gli stimoli del colore di un determinato oggetto possono essere calcolati dalle curve di riflettanza spettrale e dalla densità spettrale della sorgente luminosa. Si ottengono in tal modo tre parametri del colore, che possono essere espressi in differenti coordinate C.I.E., tutte funzionalmente equivalenti.

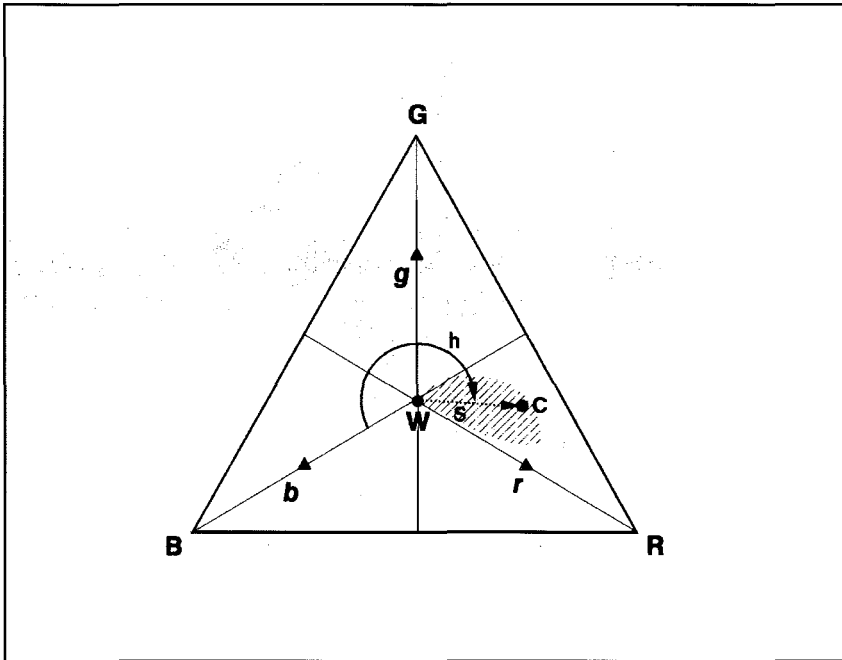


Fig. 4 - Triangolo RGB (le linee tratteggiate corrispondono ai colori del suolo) (adattato da: Escadafal, 1993).

Colore e proprietà spettrali del suolo

Il sistema Munsell

Nel sistema Munsell i colori sono organizzati sistematicamente, utilizzando tre parametri, *hue*, *value* e *chroma* (coordinate cilindriche rappresentate in figura 5). Lo *hue* fa riferimento alla lunghezza d'onda dominante (tinta); la serie completa di *hue* forma un cerchio. I colori grigi, che non hanno uno specifico *hue*, formano l'asse del cilindro. Il *chroma* esprime la saturazione del colore; esso aumenta dal centro (*chroma* = 0) alla periferia del cilindro, luogo dei colori puri (massimo *chroma*). Il *value* corrisponde alla luminosità totale; l'asse grigio è definito da *value* variabili da 0 (nero) a 10 (bianco).

Il colore Munsell del campione di suolo è determinato attraverso il confronto visivo con un campione di riferimento di un

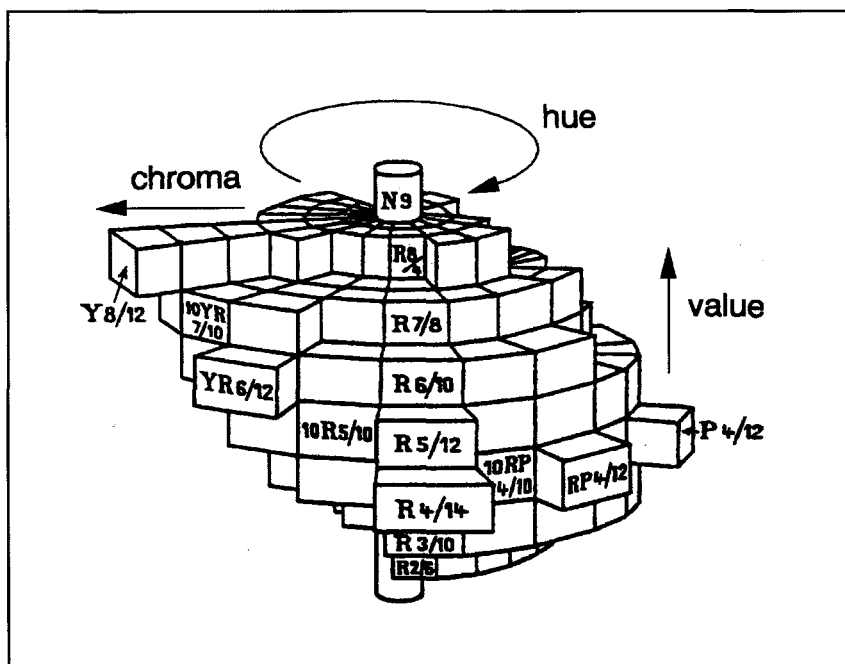


Fig. 5 - Geometria del sistema colorimetrico Munsell (da: Wyszecki and Stiles, 1982).

Munsell Soil Color Atlas. Lo hue, il value ed il chroma del campione di riferimento più vicino sono quindi assegnati al colore del suolo.

Legame tra i sistemi Munsell e C.I.E.

Il sistema Munsell è stato basato sulla suddivisione visuale regolare del colore, di conseguenza, la geometria del sistema non è simile a quella del sistema internazionale C.I.E.

Questi due sistemi non sono funzionalmente equivalenti, non è disponibile, pertanto, un insieme di semplici equazioni generali per calcolare le coordinate C.I.E. dai dati Munsell, o viceversa. Comunque, per una parte limitata dello spazio colorimetrico Munsell (quale quello relativo allo stretto intervallo di variazione dei colori del suolo), vedremo che è possibile stabilire semplici relazioni empiriche tra i predetti sistemi.

Calcolo dei colori Munsell del suolo dalle misure di riflettanza spettrale

Come precedentemente discusso, il colore può essere calcolato dalle misure di riflettanza spettrale realizzate con spettrofotometri o spettroradiometri. Il calcolo, tuttavia, non può essere realizzato direttamente. Prima occorre calcolare i coefficienti C.I.E. x , y e Y , quindi la conversione in colore Munsell, per una luce standard del giorno, può essere fatta manualmente, utilizzando apposite tavole e grafici pubblicati (Wyszecki e Stiles, 1982). Simon e Frost (1987) hanno evidenziato una tecnica più comoda, che utilizza un algoritmo di interpolazione per l'elaborazione di un data-base simile a queste tavole. Altri algoritmi meno rigorosi, basati sulla trasformazione geometrica, sono stati implementati in colorimetri commerciali disponibili.

A differenza della classica stima visiva, usualmente realizzata in campo, l'intero processo qui descritto consente una valutazione Munsell accurata, sulla base delle misure spettrali. In letteratura sono altresì riportate tecniche semplificate di stima del colore sulla base di dati di riflettanza ottenuti da dati telerilevati (Escadafal, 1993).

Inversione della relazione: riflettanza dal colore del suolo

Abbiamo visto in precedenza che non è generalmente possibile invertire il processo di determinazione della riflettanza spettrale dai dati del colore, a causa del metamerismo. L'aspetto teorico di questo fenomeno è abbastanza complesso e ancora in corso di studio. Tuttavia, utilizzando tecniche di simulazione, Ohta e Wyszecki (1977) hanno già ottenuto interessanti risultati, mostrando che le curve di riflettanza di oggetti i cui colori sono metamericici devono necessariamente intersecarsi, almeno tre volte.

A causa della loro forma, caratterizzata da un incremento monotono (vedi Fig. 1), è improbabile che le curve di riflettanza di suoli di colore simile si intersechino l'un l'altra e, pertanto, il metamerismo ha una probabilità molto bassa di verificarsi tra i suoli. Lo studio di una serie di 84 campioni di *topsoils* di varia origine ha mostrato che il metamerismo si è verificato solo per un campione e che, di conseguenza, le curve di riflettanza spettrale potrebbero essere generalmente ricavate dalle coordinate

del colore R, G, B (Escadafal et al., 1989a,b). In un più recente esperimento è stato evidenziato che le curve di riflettanza possono essere modellate da colori Munsell, osservati in campo, convertiti in coefficienti C.I.E. (Escadafal et al., 1990).

Analisi visuale e spettroradiometrica del colore: un esempio di applicazione.

Su un campione di suoli relativo ad un'area Appenninica meridionale, il Fortore beneventano, è stato realizzato un esercizio di confronto tra i risultati dell'analisi visuale del colore (basata sul sistema Munsell) e quelli derivanti dalla sua analisi colorimetrica (basata su misure spettroradiometriche di riflettanza). Il Fortore beneventano è un territorio da tempo studiato dall'Istituto Irrigazione del CNR, per la sua rappresentatività ambientale (Buondonno et al. 1989a,b,c; Ortolani e Pagliuca, 1990). Per maggiori dettagli, si rimanda ad un altro articolo pubblicato nel presente numero della stessa rivista (Leone e Sommer, 1997).

Metodologia

Per l'esercizio in questione sono stati utilizzati 70 campioni superficiali di suolo, rappresentativi della variabilità spaziale della copertura pedologica dell'area di studio. La determinazione del colore Munsell è stata realizzata da quattro osservatori (una donna e tre uomini), appositamente istruiti, in tre differenti condizioni di illuminazione: luce naturale, luce alogena e luce neon. Sugli stessi campioni sono state realizzate anche le misure di riflettanza, in laboratorio, in condizioni *standard* di illuminazione (lampada alogena da 1.000 W), utilizzando uno spettrodiflettometro modello 350-2500 ASD *Field-Spec*. Per ciascun campione sono state effettuate 10 misure di riflettanza, ad intervalli di 5", le quali sono state successivamente mediate, al fine di ridurre il rumore strumentale, non sistematico dell'apparecchio e, in tal modo, migliorare ulteriormente la qualità degli spettri. Gli spettri medi così ottenuti sono stati ricampionati nell'intervallo di lunghezza d'onda compreso tra 370 e 770 nm, successivamente utilizzato per il calcolo dei coefficienti colorimetrici C.I.E. (x , y e Y).

Le operazioni sulle curve di riflettanza sono state realizzate utilizzando un programma dedicato, denominato SPEX (*Spec-*

tral Explorer, Loecher, 1996), operante in ambiente IDL (*Interactive Data Language*, 1995). I coefficienti colorimetrici x , y e Y sono stati invece calcolati utilizzando un programma, appositamente scritto, denominato REFCOLOR (*Reference Color*). La conversione dei coefficienti colorimetrici x , y e Y nelle notazioni Munsell *Hue*, *Value* e *Chroma* è stata realizzata utilizzando i diagrammi di cromaticità della C.I.E. (Wyszecky and Stiles, 1982). La conversione opposta di queste ultime nei primi è stata invece realizzata attraverso le tavole di Newhall, Nickerson e Judd (1943).

I parametri colorimetrici, calcolati e osservati, sono stati analizzati statisticamente per valutare l'influenza delle diverse sorgenti luminose sulla loro variabilità e confrontare i risultati dei due procedimenti di analisi adottati.

Risultati

Value

L'analisi di correlazione lineare (Fig. 6) tra i dati relativi ai *value Munsell* calcolati e a quelli osservati (valori medi dei quattro osservatori) ha evidenziato una significativa corrispondenza tra le due variabili considerate, nelle tre diverse condizioni di illuminazione ($r = 0.915$, 0.930 e 0.933 , rispettivamente) ed una rilevante somiglianza delle loro equazioni di regressione. Essa ha pertanto consentito di porre in risalto l'influenza sostanzialmente trascurabile del tipo di sorgente luminosa sulla stima del predetto parametro colorimetrico. Tuttavia, i coefficienti angolari delle rette di regressione hanno indicato una evidente sotto-stima dei valori calcolati rispetto a quelli stimati. Tale effetto è probabilmente dovuto alle condizioni sperimentali nelle quali le misure spettroradiometriche sono state realizzate: campioni di suolo non setacciati, con presenza di aggregati strutturali di dimensioni millimetriche e centimetriche, illuminati da una lampada inclinata di circa 30° rispetto al piano di misura. Tale configurazione genera, normalmente, un "effetto rugosità" che produce una riduzione della riflettanza totale del campione, per cui il suo *value* risulta di valore inferiore al suo livello effettivo.

Coefficienti C.I.E. x ed y

A differenza del *value*, direttamente deducibile dai valori del coefficiente Y (Wyszecki e Stiles, 1982), lo *hue* ed il *chroma* non possono essere direttamente ricollegabili ad uno dei due

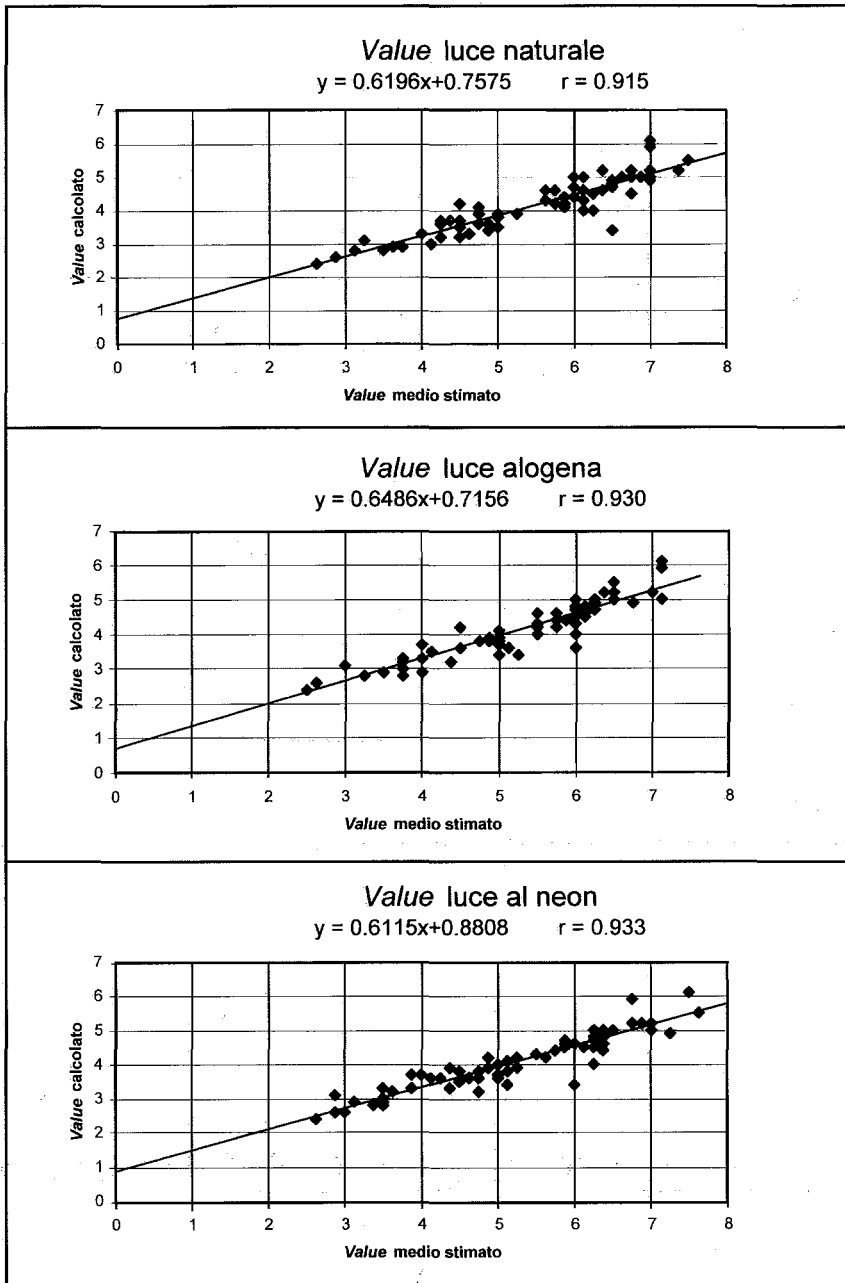


Fig. 6 - Variazioni dei value osservati (media delle quattro osservazioni) in relazione a quelli calcolati dalle curve di riflettanza. ($r =$ coefficiente di correlazione).

coefficienti CIE x ed y . La loro stima è infatti realizzata attraverso le già citate tavole di Newhall, Nickerson e Judd (1943), tenendo conto contemporaneamente di entrambi i predetti coefficienti x ed y . Pertanto, al fine di valutare le relazioni tra i parametri Munsell *hue* e *chroma*, calcolati e stimati, anche in relazione alle diverse condizioni di illuminazione, occorre adoperare procedimenti di analisi statistica e rappresentazione grafica che considerino entrambi simultaneamente.

Ciò premesso, i valori medi x ed y direttamente calcolati dalle curve spettrali (cerchi vuoti) e quelli derivati dalla conversione dei parametri *hue* e *chroma* osservati (rettangoli pieni), relativi ai 70 campioni esaminati, sono stati proiettati sui tre piani cartesiani corrispondenti alle diverse condizioni di illuminazione (Fig. 7). Si è preferito utilizzare i coefficienti x ed y , invece dei parametri *hue* e *chroma*, essendo i primi variabili continue, quindi più agevolmente analizzabili dal punto di vista statistico.

Il confronto tra le distribuzioni dei punti nei piani definiti dai coefficienti x ed y ha consentito di approfondire ulteriormente l'effetto delle condizioni di illuminazione sulla valutazione del colore.

In tutti e tre i grafici lo sciame dei punti corrispondenti ai valori osservati ha mostrato una chiara tendenza a posizionarsi in avanti, lungo l'asse diagonale di maggiore variabilità, rispetto a quello corrispondente ai valori calcolati. Poiché la posizione di quest'ultimo è costante, lo spostamento dello sciame relativo ai valori osservati è stato attribuito alle condizioni di illuminazione. Per confrontare l'incidenza di tali condizioni sulla valutazione dei coefficienti colorimetrici x e y , per ciascuna delle tre coppie di sciami definite dai valori calcolati ed osservati di tali coefficienti, sono stati calcolati i relativi indici di somiglianza (d), secondo la seguente formula:

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^{70} (x_{i(obs)} - x_{i(cal)})^2 + (y_{i(obs)} - y_{i(cal)})^2}$$

dove x e y rappresentano, appunto, i due parametri CIE.

I valori degli indici così calcolati sono risultati molto simili (Fig. 7), due addirittura uguali: quelli relativi alle misure realizzate in condizioni luce naturale e di illuminazione con lampada alogena. Tale risultato ha evidenziato, anche per le due variabili CIE x e y , l'effetto poco rilevante delle condizioni di illumina-

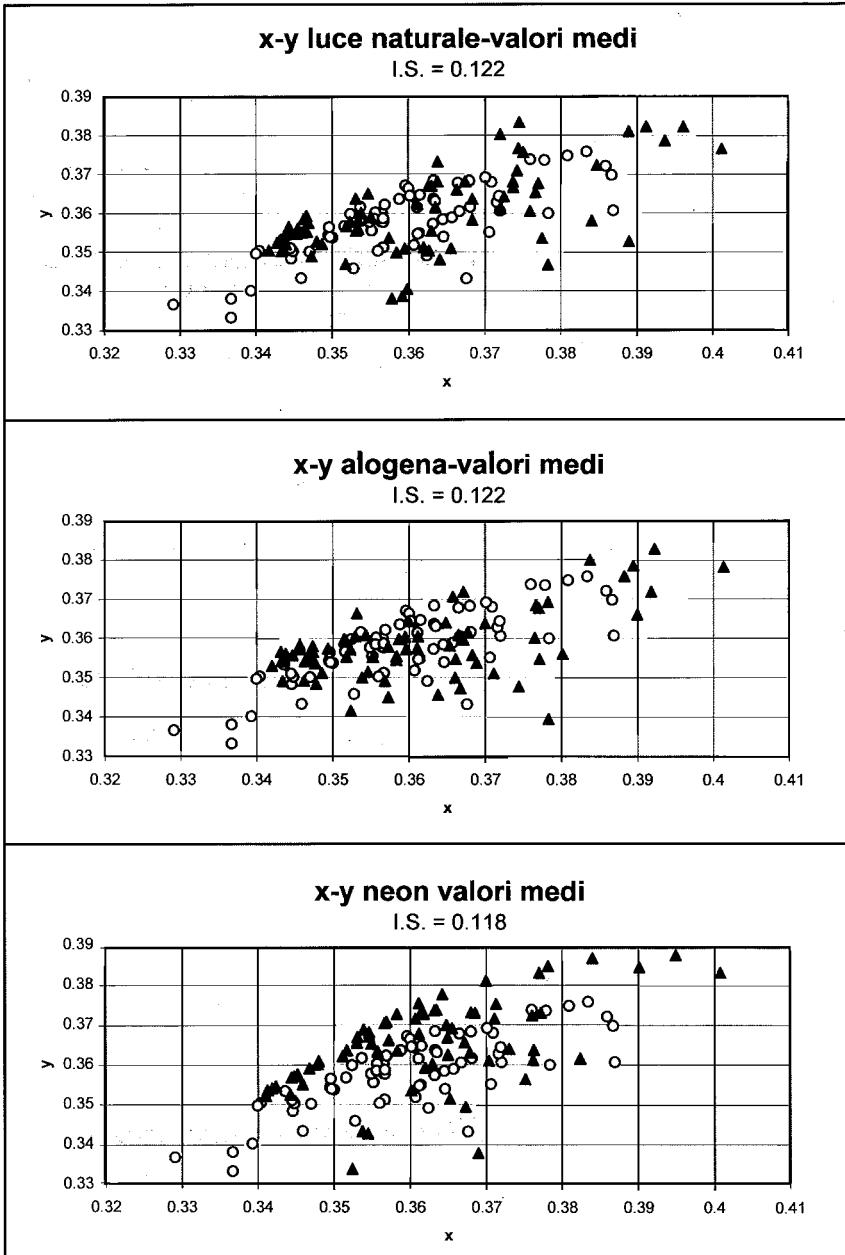


Fig. 7 - Variazioni dei coefficienti di cromaticità x osservati e calcolati in relazione al coefficiente y osservati e misurati (I.S. = *Indice di Somiglianza*. Valori osservati: triangolo pieno; valori calcolati: cerchio vuoto).

zione sulla loro determinazione, così come realizzata dai quattro osservatori prescelti, sulle tipologie di suoli della nostra area studio.

Hue e chroma

Accertata la scarsa influenza delle condizioni di illuminazione sulla determinazione dei coefficienti x e y medi della popolazione, il passo successivo è consistito nell'analisi della variabilità

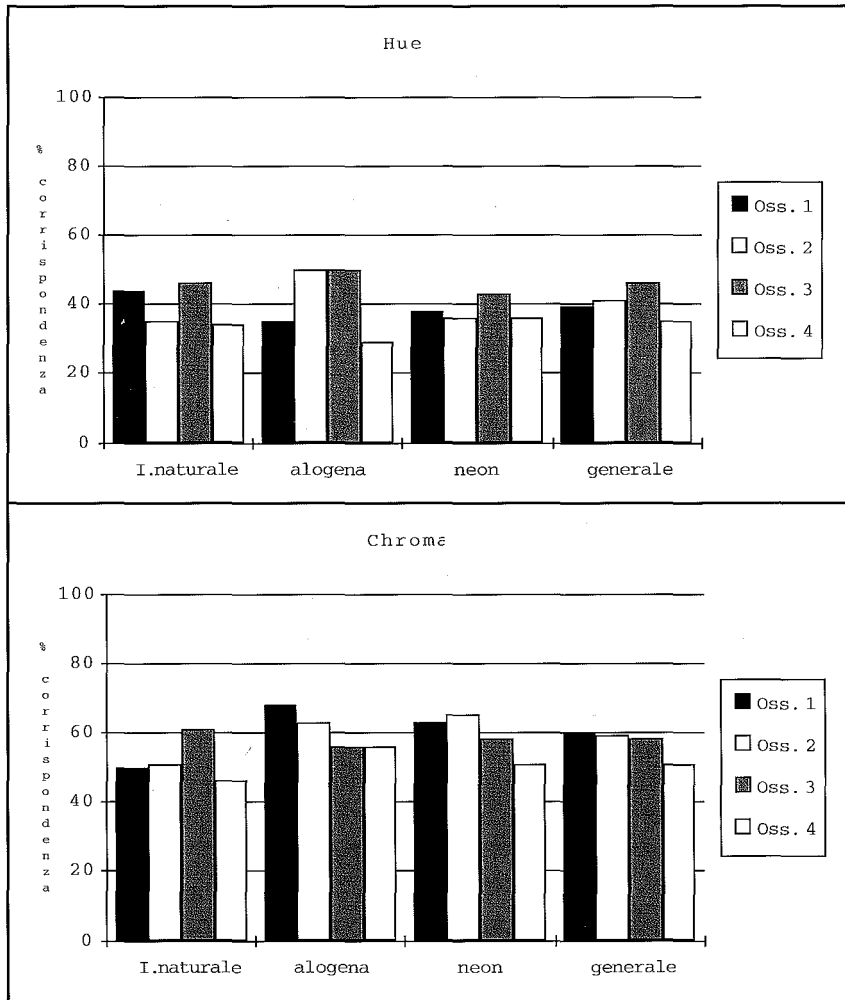


Fig. 8 - Analisi della percentuale di corrispondenza tra i parametri *bue* (a) e *croma* (b) stimati dai quattro individui prescelti e quelli calcolati attraverso le curve di riflettanza spettrale).

del comportamento individuale degli osservatori nella determinazione dei parametri *hue* e *chroma*. A tal fine, sono state confrontate le percentuali di corrispondenza tra le stime fatte dagli osservatori ed i valori calcolati di *hue* e *chroma* attraverso la trasformazione dei dati spettroradiometrici e successiva utilizzazione dei diagrammi di cromaticità. Non è stato invece considerato il *value* in quanto la sua sotto-stima, già menzionata, ha causato una percentuale molto bassa di esatta corrispondenza. I risultati ottenuti (Fig. 8), hanno innanzitutto confermato (Fig. 8.a) le migliori capacità dell'apparato visivo femminile (osservatore 3), rispetto a quello maschile (osservatore 1, 2, 4) nella distinzione delle tinte (*hue*) dei colori, ma, soprattutto, essi hanno posto in risalto la notevole variabilità nella interpretazione dei due parametri Munsell in questione. Così ad esempio, gli osservatori 1 e 4 che sotto illuminazione alogena avevano mostrato le peggiori capacità di stima del *hue*, hanno invece evidenziato minori problemi nella stima del *chroma*, nelle stesse condizioni di illuminazione. La percentuale relativamente bassa di esatta corrispondenza tra *hue* calcolato e *hue* stimato (dal 32.9 al 47.1% nella valutazione generale) è probabilmente ricollegabile alla non trascurabile percentuale (10%), nel campione, di suoli scuri, con valori massimi di *value* e *chroma* pari a 3, che rendono difficile la stima del predetto parametro Munsell.

Conclusioni

In conclusione, i risultati dell'applicazione riportati nella presente nota hanno posto in risalto una evidente variabilità nella stima visiva dei parametri del colore, ricollegabile soprattutto alle caratteristiche genetiche dell'osservatore, piuttosto che alle condizioni di illuminazione del campione. Inoltre, il confronto tra i parametri stimati del colore e quelli calcolati ha posto in risalto le migliori capacità dell'unico osservatore di sesso femminile rispetto ai tre di sesso maschile. Tale risultato, anche se statisticamente poco rappresentativo (un solo osservatore femminile), è tuttavia in accordo con le conoscenze disponibili, che attribuiscono alle donne maggiori capacità di discriminazione dei colori (soprattutto delle tinte) rispetto agli uomini (Wyszecki e Stiles, 1982).

La variabilità nella determinazione del colore per confronto con le notazioni Munsell, indica che tale approccio, anche se so-

stanzialmente adeguato per scopi di classificazione, è poco adatto per lo sviluppo di relazioni tra colore e tipo ed ammontare di importanti costituenti del suolo (es.: ossidi di ferro, sostanza organica, ecc.), che invece necessitano di dati colorimetrici più accurati e precisi, basati su misure di riflettanza spettrale (Fernandez e Schulze, 1984). Per lungo tempo, è stato possibile realizzare tali misure soltanto in condizioni di laboratorio, su piccoli campioni di suolo, attraverso l'impiego di spettrofotometri. Ciò, presumibilmente ha limitato non poco l'approccio spettrale alla valutazione del colore dei suoli. I potenti spettroradiometri oggi disponibili (come il FieldSpec utilizzato nel presente studio), capaci di operare non solo in laboratorio, ma anche in condizioni di campo, in maniera routinaria, in tempi brevi e su campioni disturbati ed indisturbati di dimensioni estremamente variabili lasciano intravedere interessanti prospettive per la realizzazione di misure del colore su base spettrale.

Il passaggio ad una fase operativa di determinazione spettroradiometrica del colore necessita, ovviamente, di ulteriori approfondimenti per il controllo delle condizioni ambientali di misura. Condizioni esterne quali la sorgente di illuminazione e le caratteristiche del campione potrebbero portare ad imprecisioni significative nella determinazione dei parametri del colore. Nel nostro caso di studio, per esempio, i valori del parametro *Y* della notazione C.I.E. (corrispondente al *Value* del sistema Munsell) sono risultati sottostimati, probabilmente a causa della rugosità del campione e della conseguente riduzione della riflettanza totale della superficie misurata, in relazione all'inclinazione della sorgente luminosa. Pertanto, in prospettiva, pensiamo di intensificare le indagini sulla spettroradiometria applicata al colore dei suoli, nella convinzione che tale tecnica possa risultare utile non solo alle tradizionali indagini di tipo pedologico, ma anche a procedimenti di analisi di immagini telerilevate per lo studio della coltura pedologica (Escadafal, 1993; Madeira, 1991).

BIBLIOGRAFIA

- 1) BARRON V., TORRENT J. (1986): *Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour*. J. Soil Sc., 37: 449-510.
- 2) BARRON V., TORRENT J. (1993): *Laboratory measurements of soil color: theory and practice*. In: J.M. Bigham and Ciolkosz (eds): Soils color. SSSA Special Publication number 31.21: 33.
- 3) BEDIDI A., CERVELLE B., MADEIRA J., POUGET M. (1992): *Moisture effects on visible spectral characteristics of lateric soil*. Soil Science, 153(2): 129-141.
- 4) BIGHAM, CIOLKOSZ (1993): *Soil color*. SSSA Special Publication number 31. 159 pp.
- 5) BILLMEYER F.W. JR. (1988): *Quantifying color appearance visually and instrumentally*. Color Res. Appl., 13 (3): 140-145.
- 6) BUONDONNO C., DANISE B., LEONE A.P., TEDESCHI P., TERRIBILE F. (1989.a): *Carta dei suoli della Comunità Montana Fortore beneventano*. Ann. Fac. Agr. Univ. Napoli; XXIII: 20-33.
- 7) BUONDONNO C., LEONE A.P., ORTOLANI F., PAGLIUCA S., TEDESCHI P., TERRIBILE F. (1989.b): *Carta delle capacità d'uso agricolo dei suoli della Comunità Montana Fortore beneventano*. Ann. Fac. Agr. Univ. Napoli; XXIII: 45-60.
- 8) BUONDONNO C., LEONE A.P., ORTOLANI F., PAGLIUCA S., TEDESCHI P. (1989.c): *Rapporti tra evoluzione geomorfologica e processi pedogenetici in aree significative della Campania*. Boll. Soc. Geolo. Ital. 1989; 44.
- 9) CERVELLE B., MALEZIEUX J. M., CAYE R. (1977): *Expression quantitative de la couleur liée à la réflectance diffuse de quelques roches et minéraux*. Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristall., 100: 185-195.
- 10) ESCADAFAL R. (1989a): *Caractérisation de la surface des sols arides par observations de terrain et par télédétection*. Etudes et thèses, Orstom, Paris, 317 p.
- 11) ESCADAFAL R. (1989b): *Remote sensing of arid soil surface color with Landsat Thematic Mapper*. Adv Space Res., 9 (1): (1) 159-(1) 163.
- 12) ESCADAFAL R. (1993): *Remote sensig of soil color: principles and applications*, Rem. Sens. Reviews, 7: 261-279.
- 13) ESCADAFAL R. (1994): *Soil spectral properties and their relationships with environmental parametres - Examples from arid regions*. In J. Hill and J. Megiér (eds), Imaging Spectrometry - a Tool for Environmental Observations. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 71-84.
- 14) ESCADAFAL R., GIRARD M.C., COURAULT D. (1989): *Munsell soil color and soil reflectance in the visible spectral bands of Landsat data (MSS and TM)*. Rem. Sens. Environ., 27: 37-46.

- 15) ESCADAFAL R., HUETE A.R., POST D. (1990): *Estimating soil spectral properties (visible and NIR) from color and roughness field data*. Proc. 23rd Int. Symp. Rem. Sens. Envi., Bangkok, Thailand, April 18-25, 1990.
- 16) ESCADAFAL R., HUETE A.R. (1991): *Improvement in remote sensing of low vegetation cover in arid regions by correction vegetation indices for soil 'noise'*. C.R. Acad. Sc. Paris, 312, Sér. II, 1385-1391.
- 17) FERNANDEZ R.N., SCHULZE D.G. (1987): *Calculation of soil color from reflectance spectra*. Soil Sci. Soc. Am. J., 51: 1277-1282.
- 18) GILLESPIE A.R., KAHLE A.B., WALKER R.E. (1986): *Color enhancement of highly correlated images. I. Decorelation and HSI contrast stretches*. Remote Sens. Environ., 20: 209-235.
- 19) JUDD D.B., WYSZECKI G. (1975): *Color in business, science and industry*. John Wiley and Sons, New York, 533 p.
- 20) KOWALISKI P. (1978): *Vision et mesure de la couleur*. Masson, Paris, 197 pp.
- 21) LEGER R.G., MILLETTE G.J.F., CHOMCHAN S. (1979): *The effect of organic matter, iron oxides and moisture on the colour of two agricultural soil of Quebec*. Can. J. Soil Sci., 59: 191-202.
- 22) LEONE A.P., SOMMER S. (1996): *Analisi spettrale dei suoli applicata al telerilevamento ambientale. Un caso di studio: il Fortore beneventano (Appennino meridionale)*. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo, 107-133.
- 23) LEONE A.P., WRIGHT G.G., CORVES C. (1995): *The application of satellite remote sensing for soil studies in pland areas of Southern Italy*. Int. J. Remote Sensing, 16: 1087-105.
- 24) LIU J.G., MOORE J. MCM. (1990): *Hue image RGB colour composition. A simple technique to suppress shadow and enhance spectral signature*. Int. J. Rem. Sens., 11 (8): 1521-1530.
- 25) MADEIRA J. (1991): *Etude quantitative des relations constituans minéralogiques-reflectance diffuse des latosols brésiliens. Application à l'utilisation pédologique des données satellitaires TM (région de Brasilia)*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 232 p.
- 26) MELVILLE M. D., ATKINSON G. (1985): *Soil colour: its measurement and its designation in models of uniform colour space*. J. Soil Sci., 36: 495-512.
- 27) MULDER M.A. (1987): *Remote sensing in soil science. Developments in soil science*, vol. 15, Elsevier, Amsterdam, 379 p.
- 28) MUNSELL COLOUR COMPANY (1950): *Munsell soil colour charts. Kollomorgen Corporation*, Baltimore, 17 pl., revised 1971.
- 29) OHTA N., WYSZECKY G. (1977): *Location of the nodes of metameric color stimuli*. Color Res. Appl., 2, 183-186.

- 30) ORTOLANI F., PAGLIUCA S. (1990): *Carta geologica della C.M. Fortore beneventano. Note illustrative ed inquadramento regionale*. Boll. Soc. Natur. Napoli, vol. 98: 99, 1-20.
- 31) PICKUP G., NELSON D.J. (1984): *Use of Landsat radiance parameters to distinguish soil erosion, stability and deposition in arid central Australia*. Rem. Sens. Environ., 16: 195-206.
- 32) SCHWERTMANN V., TAYLOR R.M. (1977): *Iron oxides*. In: *Mineral in soil environment*, Dixon and Weed, ed., Soil Sc. Soc. Am., Madison (USA), pp. 145-180.
- 33) SILVA L.F. (1978): *Radiation and instrumentation in remote sensing*. In P.H. Swain and S.M. Davis (eds): *Remote Sensing. The Quantitative Approach*. McGraw-Hill. 121-135.
- 34) SIMON F.T., FROST J.A. (1987): *A new method for the conversion of CIE colorimetric data to Munsell notations*. Color Res. Appl., 12(5): 256-260.
- 35) TORRENT J., SCHWERTMANN U., FECHTER H., ALFEREZ F. (1983): *Quantitative relationship between soil color and hematite content*. Soil Sci., 136: 354-358.
- 36) WYSZECKI G., STILES W.S. (1982): *Color science: concept and methods, quantitative data and formulae*. Wiley, New York 2nd edition, 950 p.

PRIME INDICAZIONI PER LA STANDARDIZZAZIONE DELLE VOCI DI DESCRIZIONE E CODIFICA PEDOLOGICA

AMEDEO D'ANTONIO¹, LORENZO GARDIN², MAURO PIAZZI³,
ROMANO RASIO⁴, PAOLO TAROCCO⁵, IALINA VINCI⁶

¹ Regione Campania, Assessorato Agricoltura, Via Gianturco, 92/H, Napoli.

² Istituto Sperimentale per la Difesa del Suolo, Piazza D'Azeglio, 30, Firenze.

³ Istituto Piante Legno Ambiente, Corso Casale 467, Torino.

⁴ Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia, Pal. Canova, Milano 2.

⁵ Regione Emilia-Romagna, Assessorato Territorio Programmazione ed Ambiente,
Viale Silvani 4/3, Bologna.

⁶ Confederazione Italiana Agricoltori, sott. Teatro Dolfin, 4, Treviso.

Premessa

Nel marzo 1995 l'Associazione Italiana Pedologi (A.I.P.) ha promosso un seminario di lavoro sul tema "La descrizione del suolo nel rilevamento pedologico" al fine di giungere ad un primo confronto organico tra le singole voci presenti all'interno delle schede per la descrizione dei profili rappresentativi predisposte da alcuni Enti regionali impegnati ormai da anni in programmi di rilevamento del proprio territorio.

Alla luce dei risultati emersi durante il seminario (D'Antonio A., 1995), l'A.I.P. ha ritenuto di costituire un gruppo di lavoro, denominato DE.S.RI.P. (dall'acronimo del titolo del seminario stesso), che avrà il compito di sviluppare le linee concettuali fondamentali per giungere ad una standardizzazione delle informazioni che vengono raccolte durante un rilevamento pedologico.

In questa nota vengono fornite le prime indicazioni emerse dall'attività del gruppo DE.S.RI.P. dell'A.I.P.

Gli obiettivi e le attività del gruppo DE.S.RI.P.

Uno dei primi obiettivi fissati dal gruppo DE.S.RI.P. è stato quello di individuare un *livello minimo comune dell'informazio-*

ne all'interno delle voci che descrivono caratteri o qualità che è possibile raccogliere mediante il solo rilevamento di campagna. Tale livello è definito e proposto come *Standard AIP* (Associazione Italiana Pedologi - DE.S.R.I.P., 1995a).

Viene comunque evidenziato che la costruzione degli standard deve presentare caratteri di flessibilità. Ciò permetterà di stratificare sia le informazioni supplementari che devono essere rilevate per specifici scopi operativi locali, sia i caratteri o le qualità e/o i test di campo che è necessario effettuare per il riconoscimento di nuovi *requirements* del sistema tassonomico utilizzato, per funzioni di pedotransfer o per l'inserimento in nuovi schemi di valutazione.

È stato inoltre stabilito di individuare dei protocolli, sia di tipo generale che specifico e definiti come *Codici AIP*, necessari non solo ai fini della più rapida compilazione della scheda di rilevamento, ma anche ai fini della gestione informatica del dato. Sotto questo aspetto l'approccio del gruppo DE.S.R.I.P. tiene conto della riconosciuta importanza che riveste l'inserimento delle informazioni pedologiche in una data base o, più in generale, in un sistema informativo sui suoli (Associazione Italiana Pedologi - DE.S.R.I.P., 1995b).

Sono state inoltre tracciate alcune linee guida, a carattere pragmatico, da perseguire durante la definizione degli standard:

- effettuare la compilazione della voce mediante la stima numerica diretta in campo del valore osservato piuttosto che la stima di un range di classi precodificato entro cui far cadere l'osservazione stessa, ad eccezione dei parametri che presentano una affidabilità della stima decisamente bassa e poco correlabile fra i diversi rilevatori;

- estrema semplicità nella compilazione delle voci al fine di ottimizzare il tempo di rilevamento di campagna lasciando che la compilazione di voci che devono essere "elaborate" sia affidata a procedure successive, anche informatizzate (ad esempio l'AWC, la CSC, la conducibilità idraulica satura, la lavorabilità, la percorribilità);

- considerare la possibilità di utilizzare strumenti hardware di piccole dimensioni durante il rilevamento di campagna. Informazioni e procedure di lavoro che attualmente appaiono lente potranno essere accelerate dallo strumento informatico.

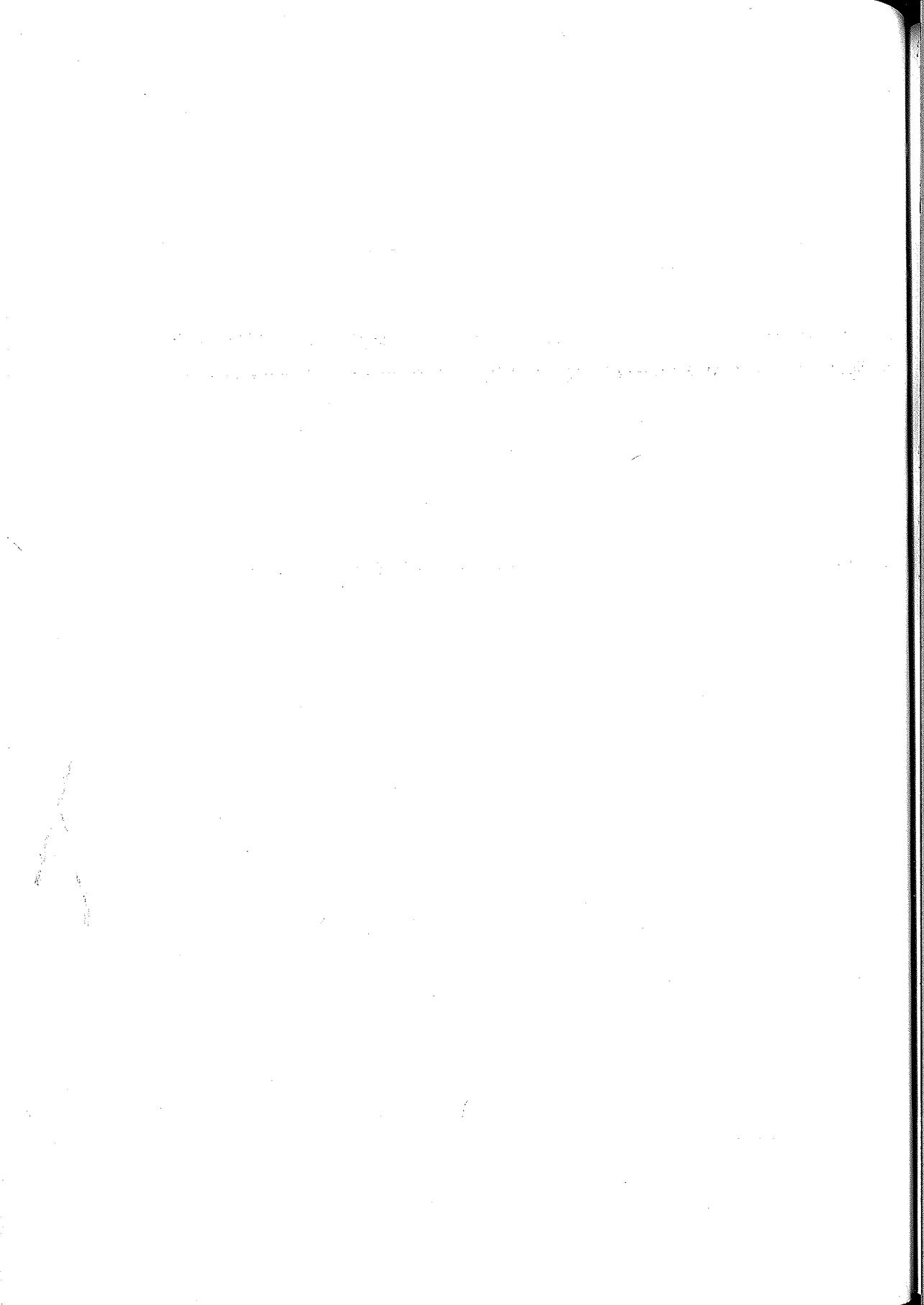
Uno dei punti di maggiore importanza è quello delle terminologie appartenenti ad altre discipline scientifiche, quali ad esempio la geologia, la geomorfologia e la botanica, utilizzate

per la descrizione di alcune delle voci di rilevamento. Si sostiene la necessità di aprire il confronto con geologi e botanici che siano in grado di fornire indicazioni sulla corrente e corretta terminologia scientifica del settore. Ciò dovrà essere commisurato alle capacità conoscitive del pedologo rilevatore individuando, pertanto, diversi livelli di approfondimento della voce.

A supporto dei lavori sono state elaborate delle tabelle di confronto tra tutte le singole voci attualmente utilizzate per la descrizione dei profili rappresentativi nelle schede di rilevamento di enti territoriali impegnati nello sviluppo di cartografia pedologica a scala di dettaglio (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia, 1995; I.P.L.A., 1995; Regione Emilia-Romagna, 1993; Regione Toscana, 1990).

Lo schema di lavoro individua per ogni voce analizzata le codifiche regionali attualmente in uso e le proposte di standard A.I.P. Quest'ultimo è suddiviso in una proposta di denominazione della voce, nell'articolazione della proposta e dei codici A.I.P., nelle voci complementari e nelle annotazioni.

Attualmente il gruppo DE.S.R.I.P. ha elaborato una proposta di normativa A.I.P. per le modalità di effettuazione delle osservazioni di campagna, ovvero per la descrizione del suolo mediante trivellata e mediante profilo e lavora alla standardizzazione delle informazioni necessarie per la descrizione della stazione di rilevamento.



LOSI: UN DATABASE GEOGRAFICO DEI SUOLI DI LOMBARDIA

L. ANDREOLI, M. BRIGATTI, R. RASIO, A. RUDINI, U. ZECCA

ERSAL, Ufficio del Suolo

Riassunto

Il sistema informativo pedologico costituisce il naturale sviluppo e strumento di aggiornamento del programma cartografico dei suoli lombardi. Esso si rapporta in modo orizzontale con gli altri tre settori organizzativi di tale programma (classificazione, interpretazioni, divulgazione) e ne favorisce l'integrazione dinamica.

Nel lavoro viene presentata la struttura informativa che descrive i suoli cartografati in ogni area di rilevamento, illustrando la componente semantica e quella geometrica.

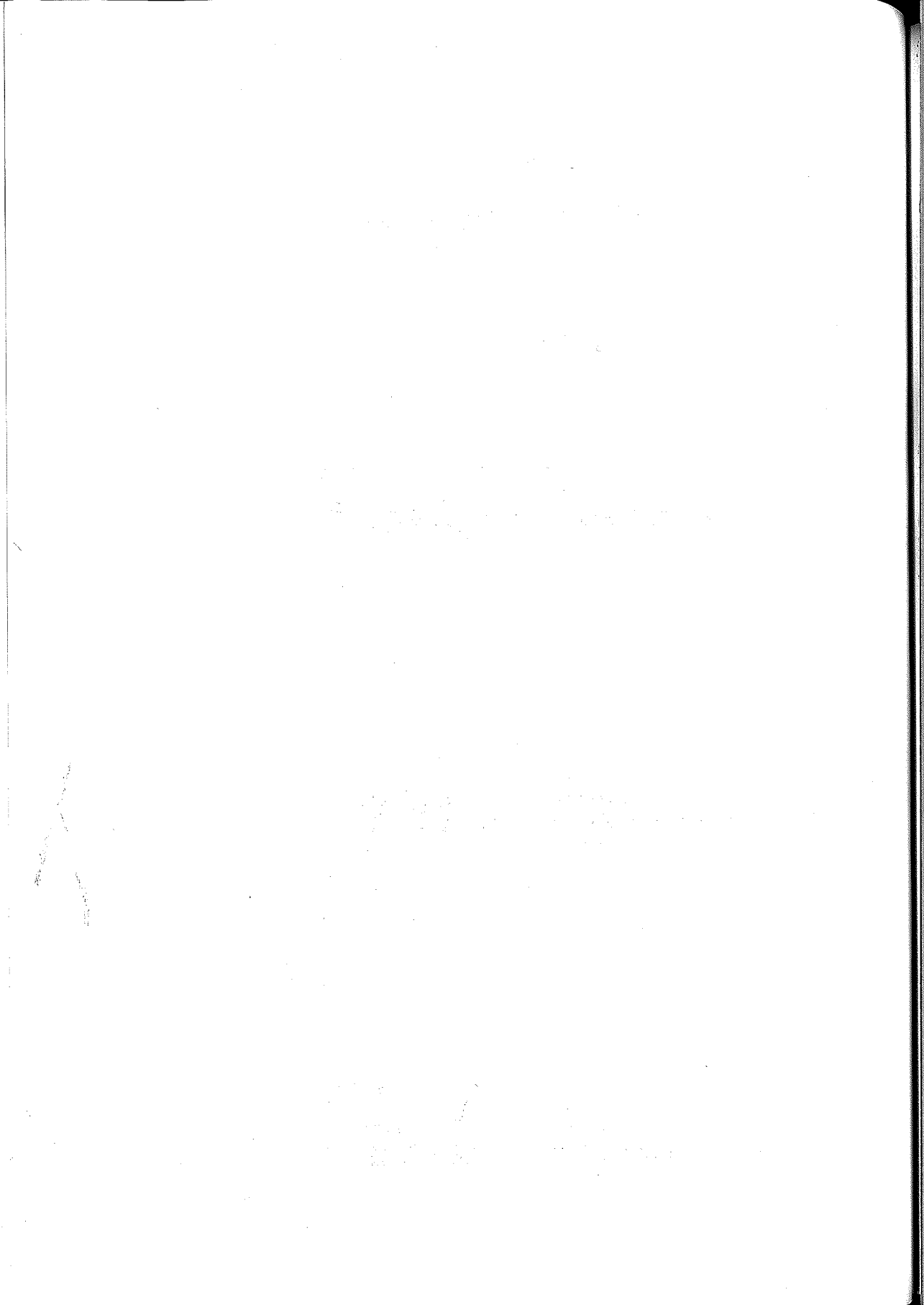
Vengono presentati i quattro archivi che costituiscono la componente semantica, e le loro interrelazioni:

- unità di campionamento;
- unità tassonomiche;
- unità cartografiche;
- catalogo regionale dei suoli.

Un programma informatico connette la componente semantica con quella geometrica, rendendo concretamente consultabili ed utilizzabili i prodotti del sistema informativo; la connessione è attualmente limitata all'archivio "unità cartografiche". Vengono illustrati alcuni di questi prodotti, disponibili sia da video che mediante la stampa su carta:

- rappresentazione georeferenziata delle unità di campionamento;
- cartografie derivate;
- interrogazione e selezione di poligoni pedologici;
- applicazione di modelli al database pedologico.

Vengono infine illustrati gli elementi costitutivi degli archivi propri del "metadatabase" pedologico.



ARCHITETTURA DI UN DATABASE RELAZIONALE PER UN SISTEMA INFORMATIVO PEDOLOGICO

LORENZO GARDIN¹, ROSARIO NAPOLI²,
EDOARDO A.C. COSTANTINI²

¹ Borsista presso la Sez. di Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo - Firenze.

² Ricercatore presso la Sez. di Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo - Firenze.

Riassunto

Gli studi pedologici comportano l'acquisizione di un grande numero di informazioni, difficilmente gestibili con i metodi tradizionali. Per migliorare l'efficacia del rilevamento è attualmente possibile avvalersi di sistemi informativi per la corretta acquisizione e gestione delle informazioni. Il Progetto "Sviluppo della Divulgazione Agricola e delle Attività Connesse" (Reg. CEE 2052/88 Obiettivo 1 - misura 4) di rilevamento di quattordici aree sperimentali nelle Regioni meridionali, ha consentito all'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo di creare applicazioni software adatte allo scopo.

L'applicazione presentata è stata creata per la raccolta e la gestione dei dati pedologici puntuali (profili, trivellate e osservazioni speditive), areali (delineazioni e unità cartografiche) e tipologici (unità e sottounità pedologiche). La struttura concettuale si basa su un modello di tipo Entità-Relazione (ER) che consente di raccogliere informazioni sulle singole entità e sul rapporto tra di esse.

Le novità introdotte nel sistema, disponibile su richiesta, riguardano la possibilità di recuperare e registrare un numero di osservazioni più elevato che con il rilevamento tradizionale, di valorizzare le osservazioni provenienti da altri settori di indagine, di esplicitare l'attendibilità delle informazioni pedologiche e cartografiche.

Parole chiave: pedologia, database, sistema informativo pedologico

Summary

Soil studies involve the collection of such a great number of data, that is hard to manage them with traditional methods. In order to make more

powerful entry and management of soil survey data, it's necessary to use some tools as Geographic Information System and database. The Project "Development of Agricultural Extension Services and Connected Activities" (Reg CEE 2052/88 Objective 1 - issue 4) concerning the soil survey of fourteen experimental areas in the southern Regions of Italy, allowed the Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo to create suitable software tools for data informatization. The described model consists of a database for data collection and management including point information (profiles, control drills and quick observations), polygons (delineation and map units) and typological entities (soil units and subunits). This structure is based on an Entity-Relationship (ER) model and allows to collect information coming from both entities and their relationships. The novelties introduced in the system, available on request, concern the possibility to retrieve and record more observations than a traditional survey, to utilize observation coming from different surveys, to test the reliability of pedological and cartographic information.

Introduzione

L'approccio pedologico allo studio del territorio è caratterizzato dall'essere multidisciplinare, dall'utilizzare cioè conoscenze di molte discipline (geologiche, agronomiche, forestali, naturalistiche, ingegneristiche, chimico-agrarie, ecc.) ed è per tale motivo che durante un rilevamento dei suoli si acquisiscono e si elaborano una notevole quantità di informazioni; di queste però solo una parte viene utilizzata per la redazione delle carte dei suoli e derivate, nonché delle note illustrative. Di conseguenza, l'impostazione tradizionale del rilevamento pedologico si caratterizza per l'onerosità dell'impegno richiesto, sia in termini di tempi che di risorse finanziarie, cui consegue un rendimento relativamente limitato.

Per di più, la difficile gestione e aggiornamento dei risultati hanno spesso confinato l'indagine pedologica nell'ambito delle Istituzioni di ricerca, oppure in quello dei lavori professionali, in molti casi assumendo connotati esclusivamente descrittivi o collaterali.

Gli sviluppi dell'informatica sia in termini di materiale hardware - oggi sono disponibili PC molto potenti nella capacità di immagazzinare dati e nella velocità di gestirli - sia in termini di software, in particolare come sviluppo di sistemi di gestione dei dati e di connessione con i GIS, possono consentire una gestione delle informazioni pedologiche più veloce, più ra-

zionale e più consona alle richieste degli utenti siano essi pedologi, pianificatori, o utenti generici, che può contribuire ad aumentare l'efficacia dell'indagine pedologica.

L'utilizzazione degli strumenti informatici, inoltre, produce una nuova impostazione del rilevamento, il quale non è più finalizzato principalmente alla produzione di carte dei suoli e derivate, bensì alla creazione di un sistema informativo pedologico dal quale poter ricavare in ogni momento tutte le informazioni territoriali desiderate in termini numerici, logici e cartografici: un sistema aperto a nuove immissioni di dati, che consente sempre nuove elaborazioni ed è compatibile con i GIS messi a punto da altri settori delle amministrazione pubbliche per finalità diverse (gestione agrotecnica delle colture, programmazione territoriale, ecc.).

Questo sistema è articolato fondamentalmente in due settori principali: il database e il GIS, tra loro interconnessi; nella presente comunicazione si esporranno i risultati ottenuti nella realizzazione ed elaborazione del database relazionale che compone la prima parte del sistema informativo pedologico in corso di realizzazione presso l'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo. Il lavoro è stato svolto nell'ambito dei progetti "Realizzazione di un modello informatico di cartografia pedologica a supporto del piano nazionale sui servizi di sviluppo agricolo", finanziato dal Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, e "Sviluppo della divulgazione agricola e delle attività connesse", finanziato dall'Unione Europea, dalle Regioni interessate e dallo stesso Ministero.

Lo sviluppo dei database pedologici in campo nazionale ed internazionale

Lo sviluppo dei database per l'acquisizione dei dati è stato affrontato nell'ambito di molti progetti dalla scala regionale a quella mondiale. In Italia, progetti regionali di cartografia pedologica (ERSAL Lombardia, Regione Emilia Romagna, Istituto per le Piante ed il Legno - Consorzio Sistema Informativo Regione Piemonte), per esempio, hanno sviluppato, attraverso delle fasi di informatizzazione progressiva, dei database per la gestione dei dati pedologici (suoli, unità pedologiche ed unità di mappa) di vario tipo, differenziate a seconda delle impostazioni delle logiche di rilevamento e delle scale di progetto. Altre e

molteplici esperienze sono state sviluppate su scala nazionale in ambito europeo (Francia, Olanda, Regno Unito, Germania tra le principali), in genere sulla base di progetti di rilevamento legati a particolari aree di interesse agricolo o ambientale. In campo nazionale il problema principale nella diffusione di tali sistemi è rappresentato dalla scarsa flessibilità nell'adattarsi a scale (e di conseguenza contenuti informativi) diverse da quella per cui sono stati progettati, se non a costo di onerose riconversioni dei dati in termini di impegno di risorse umane ed economiche.

Negli USA vi è una struttura articolata in livelli diversi di mappatura, di raccolta e di interpretazione dei dati. L'USDA (United States Department of Agriculture) possiede infatti un servizio di raccolta dati in GIS e annesso Database a livello locale (SSURGO - scale 1:12.000, 1:63.000), a livello di stato (STATSGO - scala 1:250.000) ed a livello nazionale (NATSGO - scala 1:7.500.000), e di un sistema informativo geografico che racchiude le informazioni dei tre livelli NASIS (National Soil Information System). A questi sistemi sono affiancati anche il MUIR (Map Unit Interpretation Record Database) riferito alla interpretazione delle unità di mappa (scale da 1:12.000 ad 1:31.680) ed il SIR (Soil Interpretation Record Database), che raccoglie i dati riferiti alle caratteristiche dei suoli, in accordo con l'OSD (Official Soil Series Description) che contiene gli standards di definizione delle serie e delle loro fasi.

Infine sono presenti altri sistemi, quali l'UE Soil Geographic Database in scala 1:1.000.000, su cui si basa il progetto di realizzazione della carta dei suoli d'Europa, e il World Soil and Terrain Digital Database, commissionato dalla FAO - UNESCO (SOTER - scala 1:1.000.000) e testato in varie aree pilota del mondo (Argentina, Brasile, Uruguay, USA e Canada).

Materiali e metodi

Nello sviluppo dell'architettura del sistema, suddiviso negli schemi logico e fisico, è stato fatto riferimento a dei modelli che potevano essere più funzionali alla nostra impostazione.

Lo schema logico proposto si basa sul modello Entità-Relazione (Chen, 1976; Fernandez e Rusinkiewicz, 1993; King et al., 1995), comunemente usato nell'architettura di molti database a supporto di GIS per l'assetto del territorio, in particolare per la gestione del suolo nel settore agro-ambientale.

Per la parte di strutturazione fisica, l'organizzazione dei dati è stata modellata secondo la struttura proposta nel progetto DONESOL (Gaultier et al., 1993) sviluppato dall'INRA francese, successivamente modificata tenendo conto del UE Soil Geographic Database (King et al., 1995).

Il software utilizzato come base per la implementazione del modello è stato "Microsoft Access", personalizzato attraverso l'uso di interfacce guidate di semplice utilizzo. Per l'accesso al sistema sono stati definiti due distinti livelli di utenza: il più basso permette di accedere all'inserimento dati, alla loro interrogazione e alla realizzazione di query; il livello più alto, riservato all'amministratore, consente di modificare la struttura tabellare delle entità e dei legami tra di esse.

La piattaforma hardware per la gestione del sistema è costituita da Personal Computer (versione minima CPU 486, 50 MHz, 8 MB Ram, 400 MB HD), con sistema operativo DOS, WIN95.

La scelta del sistema su PC si contrappone all'uso di piattaforme più potenti e con sistemi operativi di livello superiore, indirizzandosi verso una organizzazione informatica di tipo "bottom-up". Tale approccio configura una metodica di lavoro partendo dal basso, su esigenze particolari, in modo da poter essere gestita autonomamente da gruppi di lavoro che operano direttamente sul territorio agricolo a scale di intervento generalmente adatte alla divulgazione e pianificazione locale (dettaglio e semi-dettaglio). Nello stesso tempo è necessario tenere conto che il gestore del sistema è, nella maggior parte dei casi, una figura di tecnico territoriale (pedologo) piuttosto che un informatico. L'utilizzazione di software di largo uso e la facilità di apprendimento consentono infine l'uso di questa applicazione da parte del rilevatore anche direttamente in campo, per mezzo di Personal Computer portatili.

Il sistema che viene descritto in questa sede è stato calibrato per le parti riguardanti la gestione delle osservazioni puntuali e delle tipologie pedologiche. In particolare è stato utilizzato con i dati delle 14 aree sperimentali afferenti al progetto delle Unità Operative Territoriali delle regioni meridionali per complessive 5.000 osservazioni circa (profili, trivellate ed osservazioni) e circa 400 unità tipologiche. La validazione complessiva del sistema informativo pedologico, comprendente cioè sia l'informazione alfanumerica che geografica, è in corso di realizzazione nell'area test dell'Alta val d'Elsa (Toscana centrale), su complessivi 500 kmq circa.

Definizione dei concetti principali

I concetti che hanno condizionato l'impostazione della struttura del database e delle relazioni al suo interno sono riassumibili in cinque criteri guida fondamentali, schematicamente rappresentati in figura 1:

1. *Separazione tra livello cartografico e livello tipologico*: le banche dati delle unità di mappa (unità cartografiche e delimitazioni) devono essere distinte dalla banca dati delle tipologie di suolo. Con tale sistema si possono associare all'unità di mappa generica più tipologie, indicandone la presenza percentuale.

2. *Differente grado di generalizzazione delle informazioni cartografiche*: deve essere presente un livello più generale (corrispondente alle unità cartografiche) e un livello più specifico (corrispondente alle delimitazioni), all'interno dei quali può essere diversa la distribuzione dei suoli secondari e delle inclusioni.

3. *Valorizzazione di tutte le informazioni disponibili*: deve essere possibile archiviare le osservazioni puntuali accessorie (trivellate, osservazioni speditive) e le osservazioni di altro tipo, eseguite fuori dagli standard di rilevamento.

4. *Oggettivazione della qualità delle informazioni cartografiche*: deve essere possibile effettuare controlli di qualità sul lavoro svolto e applicare un giudizio differenziato per aree nell'interpretazione cartografica.

5. *Versatilità di input e di output*: deve essere possibile acquisire informazioni provenienti da scale cartografiche diverse e produrre informazioni ed elaborazioni a scala sintetica.

Caratteristiche del sistema

Lo schema concettuale proposto (Fig. 2), si rifa al modello Entità-Relazione che usa i concetti entità, attributo e relazione per la rappresentazione dei dati: le entità sono cose od oggetti del mondo reale con un'esistenza indipendente e sono indicate nello schema con rettangoli; le relazioni, indicate con rombi, descrivono dei legami, delle associazioni fra le entità; gli attributi, visualizzati con gli ovali, sono le proprietà che descrivono le entità e le relazioni.

Le entità e gli attributi

Alcune entità sono state raggruppate secondo i concetti con i quali abitualmente ci intendiamo in pedologia, quali le osserva-

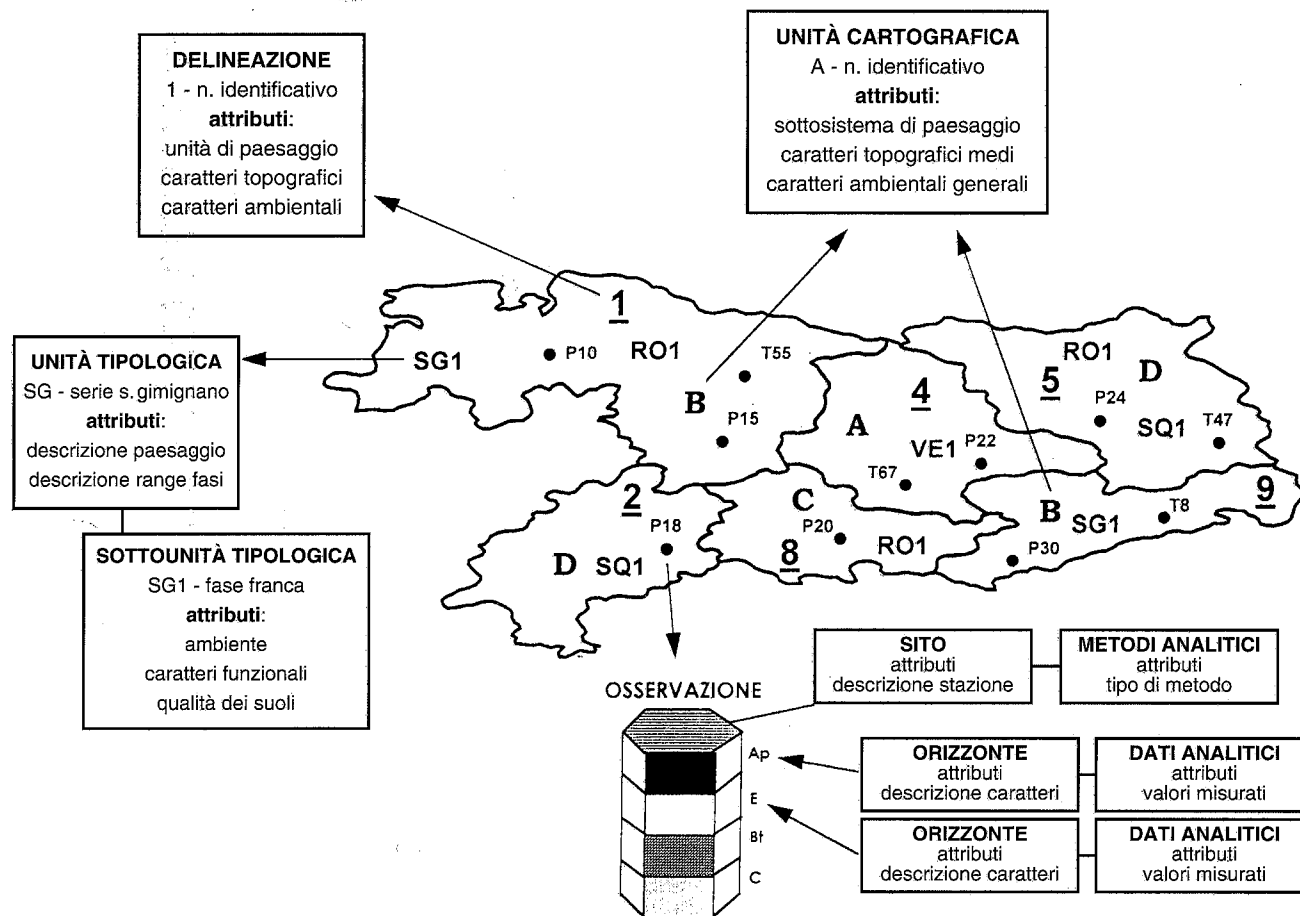


Fig. 1 - Rappresentazione schematica dei rapporti fra le entità pedologiche nel sistema informativo proposto.

Fig. 1 - Schematic view of the relationships among pedological entities in the proposed information system.

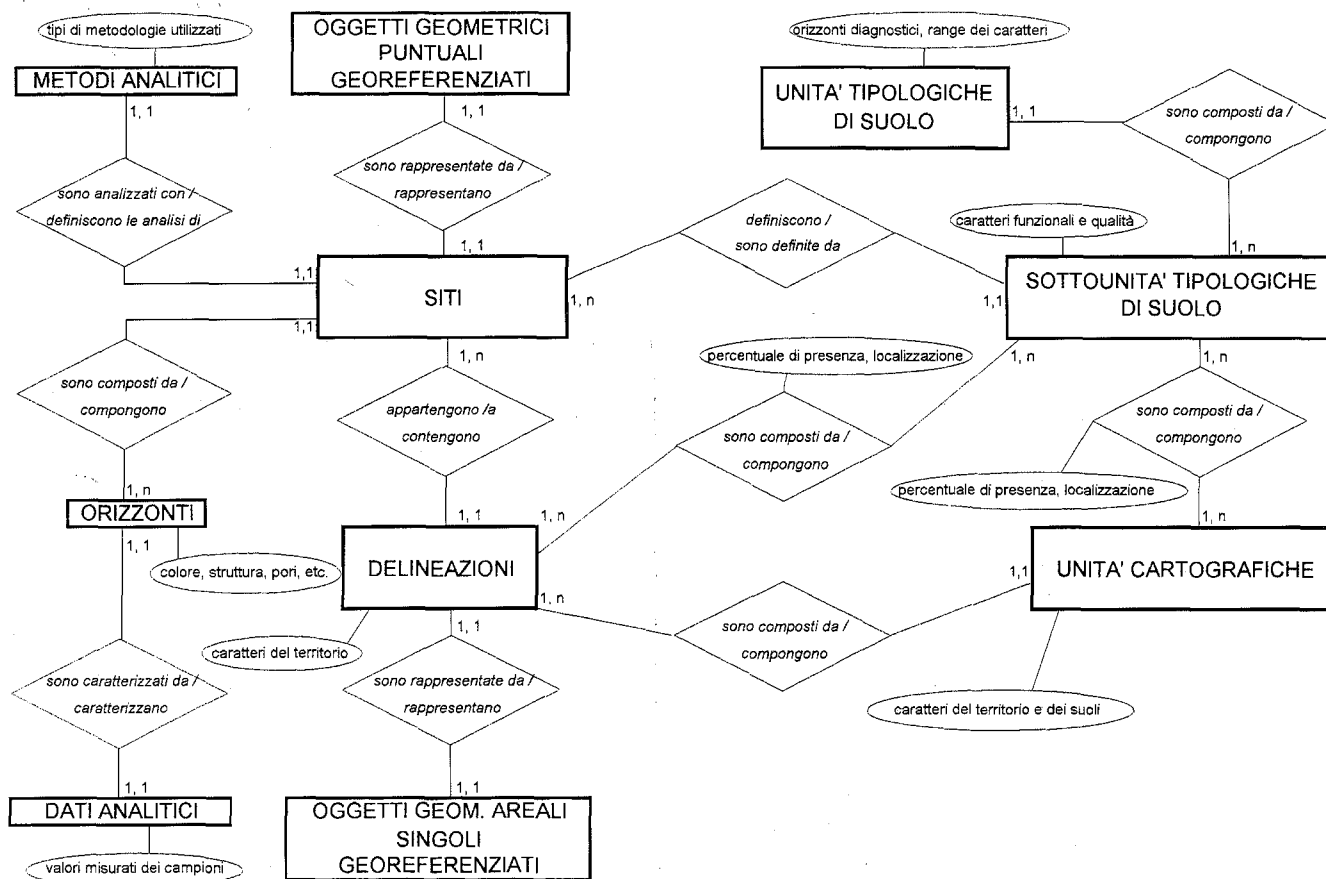


Fig. 2 - Lo schema concettuale rappresentato da entità (rettangoli), attributi (ovali) e relazioni (rombi).

Fig. 2 - The conceptual schema represented by entities (rectangles), attributes (ovals) and relationships (diamonds).

zioni, le tipologie pedologiche, le delimitazioni e le unità cartografiche.

Le osservazioni

Si intendono per osservazioni le unità di descrizione e di campionamento dei caratteri del suolo che vengono abitualmente svolte in campagna durante il rilevamento (profili, trivellate, osservazioni speditive). Per la descrizione dei caratteri delle osservazioni si è fatto riferimento alle specifiche della "Guida al rilevamento dei suoli" messa a punto dall'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo nell'ambito del progetto U.O.T. e studiata appositamente per la completa informatizzazione dei dati pedologici (Gardin et al., 1995). Ciascuna osservazione è univocamente codificata da un codice di rilevamento, da un tipo e da un numero di osservazione, campi che costituiscono una chiave primaria multipla; per ogni osservazione si archivia inoltre la delimitazione di cui fa parte e la tipologia pedologica a cui afferisce. Questi sono i campi che legano le osservazioni agli altri archivi come chiavi esterne (Fig. 3).

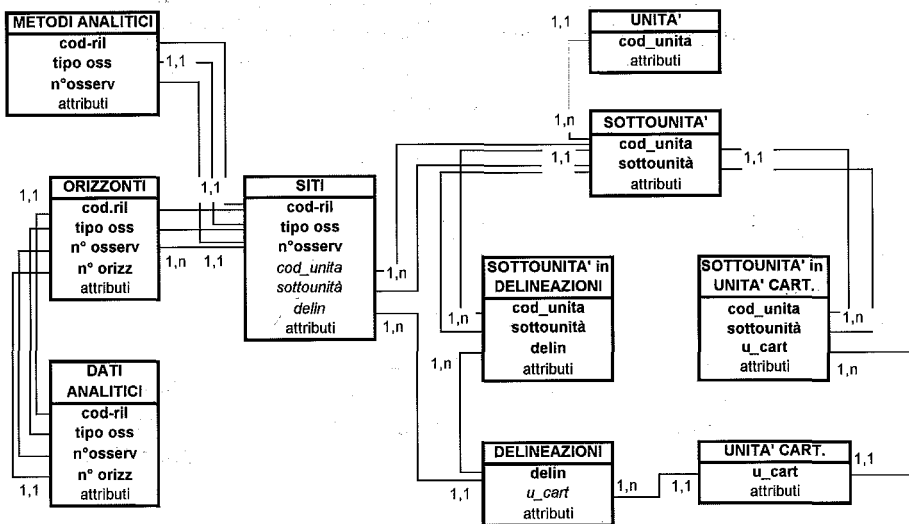


Fig. 3 - I legami fra i campi delle tabelle (in neretto le chiavi primarie, in corsivo le chiavi esterne).

Fig. 3 - The relations among the table fields (primary keys in bold, foreign keys in italics).

Le osservazioni sono composte da quattro tipi di entità, corrispondenti a quattro tabelle del database:

a) *tabella siti*: contiene i dati inerenti alla stazione, per la quale si descrivono le caratteristiche topografiche (quota, pendenza, esposizione), dell'ambiente, (uso del suolo, fisiografia, litologia del parent material e del substrato, erosione, etc.), i dati relativi alle qualità del suolo (drenaggio, permeabilità, etc.) e alla sua classificazione.

b) *tabella orizzonti*: contiene la descrizione dei caratteri di un numero variabile di orizzonti di cui si compone il suolo (spessore, colore, screziature, concrezioni, etc.);

c) *tabella dati analitici*: vi si archiviano i dati analitici di laboratorio relativi a ciascun campione prelevato;

d) *tabella metodi analitici*: descrive le metodologie analitiche usate per la determinazione dei caratteri chimici e fisici dei campioni di suolo.

Le osservazioni pedologiche hanno rappresentazione georeferenziata nel GIS come entità puntuali.

Le tipologie pedologiche

Le tipologie pedologiche sono composte da due tipi di entità corrispondenti a due tabelle:

a) *tabella delle unità pedologiche*: queste possono essere di due tipi: la serie (USDA, Soil Survey Manual, 1993) e l'unità generica, tipologia pedologica che ha un grado di definizione inferiore, classificata a livelli tassonomici in genere più elevati. Si archiviano le caratteristiche ambientali, la classificazione, la definizione degli orizzonti diagnostici, il range di variazione dei principali caratteri del suolo. Ciò consente di archiviare informazioni relative ad aree a diversa scala di rilevamento e di far coesistere tipologie pedologiche create con differenti finalità applicative.

b) *tabella delle sottounità pedologiche*: si intendono le fasi, le unità aggiuntive, le varianti e i suoli accidentali (USDA, Soil Survey Manual, 1993, Van Wambeke A. et al., 1986, Gardin et al., 1996) per le quali si descrivono i caratteri funzionali e le qualità del suolo necessari per le valutazioni in campo agronomico e ambientale; tali caratteri e qualità sono archiviati per classi, sia per lo strato superficiale del terreno (topsoil) che per lo strato sottostante (subsoil). Si intendono per topsoil gli orizzonti soggetti a frequente lavorazione agricola fino ad una profondità massima di circa 50 cm o i primi 20-30 cm di suolo

dalla superficie; il subsoil comprende l'intervallo di profondità fra il topsoil e la profondità di 100 cm. (Sanchez et al., 1981).

La scelta di definire i caratteri delle sottounità pedologiche secondo la precedente metodologia, nasce dall'esigenza di fornire anche delle risposte sintetiche sui suoli; ciò si allinea inoltre ad alcune scelte intraprese in campo europeo soprattutto per quanto riguarda l'applicazione delle pedofunzioni di trasferimento (King D. et al., 1995).

In accordo con la metodologia adottata diffusamente in ambito nazionale, ogni tipologia pedologica è identificata da una sigla di tre lettere derivante dal nome dell'unità; le tre lettere seguite da una cifra costituiscono l'identificativo delle sottounità.

Le delimitazioni

Si intende per delimitazione l'unità minima cartografabile, spazialmente definita, che contiene una certa informazione sui suoli o sul "non-suolo" presente al suo interno. L'archivio delle delimitazioni contiene i singoli poligoni della carta pedologica, per ciascuno dei quali si archiviano certe informazioni territoriali che possono essere importate da altri strati tematici (geologia, litologia, uso del suolo, fisiografia) e informazioni ereditate da modelli numerici del terreno (quota massima, quota media, quota minima, pendenza ed esposizione media); vi sono inoltre attributi riguardanti informazioni di tipo strettamente cartografico (grado di attendibilità della presenza dei suoli segnalati nella delimitazione, stima della validità dei limiti della delimitazione).

Le delimitazioni sono univocamente codificate da un numero progressivo e sono definite dalla sigla dell'unità cartografica a cui appartengono.

L'archivio, per mezzo di un legame con la tabella delle sottounità pedologiche consente di archiviare l'elenco delle tipologie presenti in ciascuna delimitazione, descrivendo la percentuale di presenza e la localizzazione all'interno della delimitazione stessa.

Le delimitazioni sono rappresentate graficamente da entità areali singole.

Le unità cartografiche

L'unità cartografica è l'insieme delle delimitazioni che hanno la stessa composizione di suoli principali, la cui tabella contiene

la descrizione dell'ambiente, dei caratteri e delle qualità dei suoli in essa presenti.

Anche in ogni unità cartografica è possibile archiviare, per mezzo della relazione complessa con la tabella delle tipologie pedologiche, l'elenco di quelle rilevate al suo interno, indicando la percentuale di presenza e la localizzazione nell'unità cartografica stessa. Occorre specificare che, diversamente da quanto avviene per le delimitazioni, in questo caso la composizione percentuale dei suoli subordinati si riferisce all'intera unità cartografica, mediando cioè le composizioni delle singole delimitazioni che ad essa appartengono e, per lo stesso motivo, la descrizione della localizzazione è generale, di tipo paesaggistico ambientale.

Le relazioni

Nella Fig. 3 è riportato lo schema del database che evidenzia con un maggiore dettaglio le relazioni fra i campi delle singole tabelle; sono in neretto i campi che costituiscono la chiave primaria della tabella e in corsivo le chiavi primarie esterne.

Le relazioni semplici

Per relazioni semplici si intendono i legami di tipo uno a uno, quando cioè ad un record di una tabella corrisponde un solo record di un'altra tabella, e di tipo uno a molti, quando ad un record ne possono corrispondere uno o più. Del tipo uno a uno è, per esempio, il legame fra la tabella siti, ove viene creata l'osservazione, e la tabella delle metodologie di analisi usate per analizzare i campioni di suolo. Del tipo uno a molti è il legame tra la tabella siti e quella degli orizzonti; infatti ad ogni osservazione possono appartenere molti orizzonti, ma un orizzonte appartiene solo ad una osservazione.

Le relazioni complesse

Nella Fig. 1 sono riportate delle relazioni che hanno esse stesse degli attributi e da un punto di vista informatico rappresentano dei legami di tipo molti a molti; per esempio, in una delimitazione vi possono essere più sottunità pedologiche e una sottunità pedologica può essere contenuta in più delimitazioni.

Per poter archiviare gli attributi propri di una relazione, riferiti cioè al rapporto fra due archivi, è stato necessario creare una tabella del tipo "sottounità in delineazioni", nella quale si raccolgono le informazioni relative al modo di combinarsi delle due entità. Le tabelle di questo tipo sono ombreggiate nella Fig. 3.

La gestione dei dati

La complessa architettura del sistema consente notevoli possibilità nel gestire le informazioni pedologiche; innanzitutto occorre sottolineare l'importanza che essa assume nell'immagazzinamento dei dati poiché, grazie all'interfaccia grafica guidata, è possibile selezionare le voci da immettere con minime possibilità di errore e, per mezzo delle relazioni create, controllare la coerenza delle informazioni immesse. È possibile per esempio verificare a quali sottounità pedologiche appartengano le osservazioni che ricadono in una determinata delineazione.

Per quanto riguarda la gestione delle informazioni, è da evidenziare l'utilità del sistema durante la fase di costruzione della cartografia pedologica: si potranno cercare i profili presenti su certi substrati e/o su certe morfologie e visualizzarne la classificazione, oppure altri caratteri degli orizzonti; è possibile estrarre le delineazioni che hanno suoli con certe caratteristiche in superficie o in profondità e così via, con un'ampia combinazione di richieste.

Si possono creare inoltre delle procedure automatiche per selezionare le osservazioni, unità tipologiche o unità cartografiche che rispondono a determinati requisiti per la valutazione atitudinale dei suoli alle colture agricole, o per stime gestionali su alcune problematiche ambientali.

Vi è inoltre la possibilità di stampare in versione prosaica, cioè non codificata, la descrizione dei profili e delle sottounità pedologiche.

Il sistema è stato creato per recepire il maggior numero possibile di informazioni che i rilevatori acquisiscono o interpretano nel territorio durante e dopo il rilevamento, ed è in grado per la sua versatilità di gestire porzioni di territorio con diverso grado di informazione.

Nel sistema informativo pedologico infatti l'informazione è circostanziata: consultando l'archivio delle unità cartografiche si

può osservare che un suolo secondario è presente su di un'unità cartografica per una percentuale bassa, ma significativa, ad esempio il 10%, e si colloca in corrispondenza di determinati ambienti. Questo dato racconta della presenza del suolo, ma non dice dove esattamente si trova, dove è maggiormente diffuso e quali percentuali può arrivare a coprire localmente: è un tipo di informazione che può essere utilizzata a livello di programmazione comprensoriale. Se interessano ulteriori informazioni su quel suolo, adatte a una pianificazione più locale, come quella a livello aziendale, si può consultare l'archivio delle delimitazioni e conoscere l'area in cui è maggiormente presente, la relativa percentuale, ad esempio il 20%, e la località dove più facilmente si riscontra.

Nel rilevamento tradizionale il processo di attribuzione della tipologia pedologica ad una delimitazione parte dall'esame di tutte le osservazioni appartenenti ad una data unità di paesaggio per arrivare all'individuazione di un certo schema di distribuzione dei suoli all'interno dell'unità cartografica, realizzato dal confronto con le altre informazioni territoriali e con la fotointerpretazione. Lo schema viene quindi esteso a tutte le delimitazioni dell'unità di mappa, dando per scontato che funzioni allo stesso modo in tutte le delimitazioni. Per cui se una certa associazione ha una percentuale di suoli del primo tipo del 40%, del secondo del 30% e di altri suoli del rimanente 30%, si assume che tutte le delimitazioni di quell'unità abbiano le stesse percentuali di distribuzione di suoli, cosa che molto spesso non è vera. Un discorso analogo si può fare per le consociazioni riguardo la presenza e la distribuzione delle inclusioni di altri suoli. In questo modo si tende a "depurare" l'informazione pedologica di molte informazioni locali, ritenute non significative, per privilegiare quelle ritenute maggiormente utili a rappresentare il "concetto centrale" del contenuto pedologico di un'unità cartografica; in alcuni lavori pedologici le informazioni aggiuntive riguardo l'ubicazione dei cosiddetti "altri suoli" vengono riportate nelle note illustrative, difficilmente però in modo esaustivo.

La possibilità di "ricordare" e georeferenziare ogni informazione fa sì che ogni singola delimitazione possa avere il suo modello di distribuzione dei suoli. In questo modo appare chiaro come diventi importante poter registrare più osservazioni per delimitazione. D'altra parte, solo gestendo un gran numero di osservazioni il sistema informativo pedologico è veramente efficace e conveniente.

Conclusioni

L'uso di questi strumenti informatici negli studi pedologici comporta dei cambiamenti nelle logiche organizzative delle fasi di lavoro. Le logiche con le quali si è costruito il sistema informativo condizionano infatti il modo di acquisire i dati e sono legate intimamente alla fase di rilevamento, in particolare per i seguenti punti:

- *quantità delle osservazioni*: il rilevamento che si integra con l'approccio informatico consente di recuperare e registrare, un numero di osservazioni sicuramente più elevato che con il rilevamento tradizionale, data la capacità di gestione superiore a quello manuale. In tal modo sono rese esplicite tutta una serie di informazioni qualitative accessorie che spesso il rilevatore ha in mente e che solitamente non vengono trasmesse agli utenti delle cartografie.

- *distribuzione delle osservazioni*: oltre a quelle di regola realizzate in modo intensivo in "finestre", ai fini della comprensione del modello generale di distribuzione delle unità tipologiche, bisognerà rispettare un certo grado di copertura di ogni delimitazione.

- *qualità delle osservazioni*: è importante sottolineare che con l'ausilio del database è possibile valorizzare tutti i tipi di osservazione, anche quelle speditive, incomplete, dubitative o provenienti da indagini di altro tipo (chimico-agrarie, ecologiche, ecc.). Se è vero quindi che con questo approccio il numero complessivo dei dati da gestire aumenta, è anche vero che dal punto di vista dei tempi e dei costi del rilevamento è possibile realizzare dei notevoli risparmi, riducendo il numero delle osservazioni più impegnative.

- *oggettivazione della valutazione delle informazioni pedologiche e cartografiche*: è possibile esplicitare la validità dei limiti di mappa e delle percentuali di presenza dei suoli all'interno delle delimitazioni, associare determinate metodiche analitiche ad osservazioni puntuali e determinare i range di variazione dei caratteri dei suoli.

Riconoscimenti

La realizzazione dell'architettura e l'elaborazione della struttura fisica del software sono state fatte congiuntamente dai tre

autori, la sua implementazione e calibrazione è stata curata dal dott. Gardin.

L'applicazione software per la gestione delle osservazioni e tipologie di suolo è disponibile, su richiesta, presso l'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo.

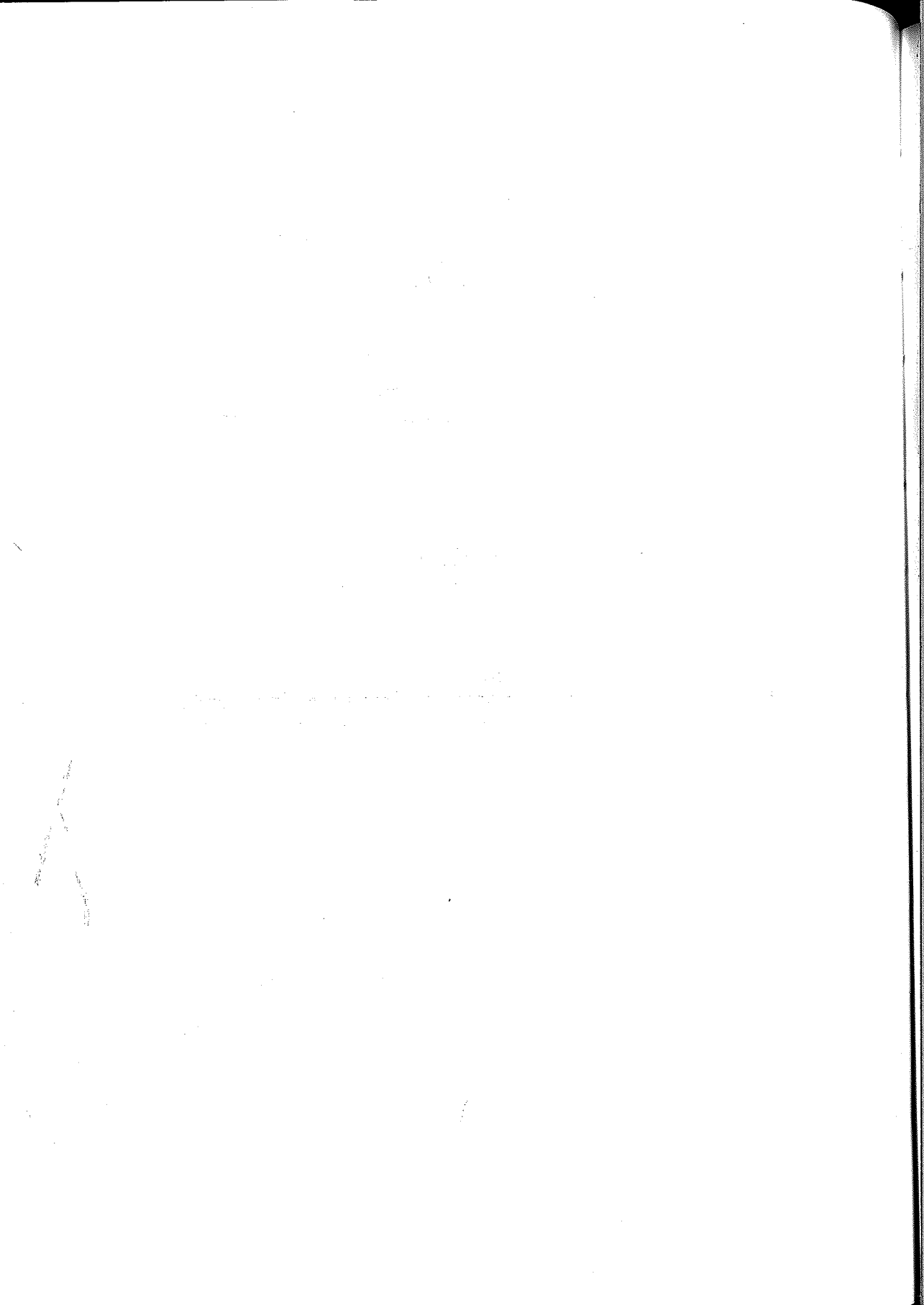
BIBLIOGRAFIA

- 1) BORNAND M., LEGROS J.P., ROUZET C. (1994): *Les banques régionales des données-sols - exemple du Languedoc-Roussillon*. Etude et Gestion des Sols, 67-82.
- 2) CHEN P.P. (1976): *The Entity-relationship model: toward an unified view of data*. AMC Transactions on database system, 1, 9-36.
- 3) ERNSTROM D.J., LYTLE D. (1993): *Enhanced soil information systems from advances in computer technology*. Geoderma 60, 327-341.
- 4) FERNANDEZ R.N., RUSINKIEWICZ M. (1993): *A conceptual design of a soil database for a geographical information system*. IJGIS, vol. 7, n. 6, 525-539.
- 5) GARDIN L., COSTANTINI E.A.C., NAPOLI R., GREGORI E., PRIMAVERA F. (1995): *Guida al rilevamento dei suoli*. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Progetto UOT.
- 6) GARDIN L., NAPOLI R., COSTANTINI E.A.C. (1996): *ISSDS Database osservazioni e unità pedologiche* - Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Progetto UOT.
- 7) GAULTIER J.P., LEGROS J.P., BORNAND M., KING D., FAVROT J.C., HARDY R. (1993): *L'organisation et la gestion des données pédologiques spatiales: le projet DONESOL*. Revue de Géomatique vol. 3 n. 3.
- 8) ISRIC (1993): *Global and national soil and terrain digital Database (SOTER) Procedures manual*. UNEP-ISSS-ISRIC-FAO. ISRIC.
- 9) KING D., LE BAS C., DAUROSSIN J., THOMASSON A.J., JONES R.J.A.: *The EU map of soil water available for plants*. In: King D. Jones R.J.A. and Thomasson A.J. (eds) - European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring - Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, EUR 16232 EN, 131-141.
- 10) OLDEMAN L.R., VAN ENGELEN V.W.P. (1993): *A world soil and terrain digital database (SOTER) - An improved assessment of land resources* - Geoderma 60, 309-325.
- 11) RASIO R., VIANELLO G. (1995): *Classificazione e cartografia del suolo*. Ed. Clueb, Bologna.
- 12) REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1993): *Manuale per il rilevamento e la descrizione dei suoli*. Reg. Emilia-Romagna.
- 13) REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1993): *Guida alla descrizione delle serie e delle fasi*. Reg. Emilia-Romagna.
- 14) SANCHEZ P., COUTO W., BUOL S. (1982): *The fertility capability soil classification system: interpretation, applicability and modification*. Geoderma, 27, 283-309.

- 15) SOIL SURVEY STAFF SCS USDA (1994): *Keys to Soil Taxonomy* (sixth edition).
- 16) SOIL SURVEY STAFF SCS USDA (1993): *Soil Survey Manual*.
- 17) VAN WAMBEKE A., FORBES T. (1986): *Guidelines for using Soil Taxonomy in the names of soil map units*. SMSS Technical Monograph n. 10.

V SESSIONE

EROSIONE E CONSERVAZIONE DEL SUOLO



EVOLUZIONE DEI SUOLI E PROCESSI DI EROSIONE SU BIANCANE: IL CASO DELLE BIANCANE DE LA FOCE (VAL D'ORCIA, SIENA)

C. CALZOLARI¹, D. TORRI¹, M. DEL SETTE¹,
S. MACCHERINI², R. BRYAN³

¹ CNR - Istituto per la Genesi ed Ecologia del Suolo, Firenze.

² Dip. Biologia Ambientale, Siena.

³ Forestry Department, Univ. Toronto, Canada.

Riassunto

Con una serie di attività di ricerca, svolte in Val d'Orcia, in un paesaggio dominato dalla presenza di biancane, si è cercato di correlare i processi di erosione, la distribuzione dei suoli e le attività antropiche.

Le ricerche multidisciplinari, hanno portato innovazioni nel campo dello studio dell'erosione. Questi risultati, insieme a quelli di una serie di esperimenti ad hoc, hanno portato alla generazione di un modello che permette di valutare il rapporto fra l'evoluzione dei versanti erosi delle biancane ed i primi processi pedogenetici. Gli studi sulla dinamica della germinazione di specie erbacee pioniere hanno aggiunto nuovi tasselli per la comprensione della pedogenesi e delle sue interazioni con le altre componenti del pedo-ambiente.

L'analisi di dati storici (dal 1820 ad oggi) ha permesso la ricostruzione della dinamica dei principali processi avvenuti. Si è così potuto dimostrare che le biancane sono il risultato di processi di erosione attuale e non forme ereditate dal passato. Questo, insieme alla distribuzione spaziale dei pedotipi osservata durante il rilevamento di campagna e ai risultati degli altri studi, ha permesso di spiegare le fasi che hanno portato alla formazione di un versante a biancane.

Parole chiave: Biancana, distribuzione dei pedotipi, processi di erosione, pedogenesi, specie erbacee pioniere.

Summary

Soil evolution and erosion processes in a biancana field: the case of *la foce* (Val d'Orcia, Siena).

Links between soil erosion, soil spatial distribution and human activity have been sought in a landscape dominated by the Biancana erosion forms in the upper Orcia valley.

These multidisciplinary researches have brought new insights in the field of soil erosion. These results and the data obtained in other experiments were merged into a computer model which describes the interactions between the evolution of the biancana slopes and the first pedogenetic processes. The dynamics of some herbaceous pioneering species had shed further light on early pedogenetic processes and their interaction with other components of the pedo-environment.

The analysis of historical data (from 1820 to present) has allowed the reconstruction of the dynamics of the main processes that took place in the area. The main conclusion is that biancana fields are the results of present day processes. The combination of these processes with the results of present of the observed pedotypes and the other examined processes allowed to explain the phases that lead to the formation of a biancana landscape.

Key words: Biancana badland, pedotypes distribution, erosion mechanisms, pedogenesis, herbaceous pioneering species.

Introduzione

La valle del fiume Orcia, una delle zone a maggior intensità di erosione in Italia, è un bacino neogenico interno, con una tettonica recente e attuale di notevole intensità. I versanti, a litologia prevalentemente argillosa, sono interessati da vistose forme di erosione che prendono il nome di calanchi e biancane. I primi sono descritti come unità idrografiche di dimensioni ridotte, generalmente a forma di ventaglio o di penna, suddivise in diverse vallecole secondarie, separate le une dalle altre da creste più o meno affilate. Le biancane, o dorsi di elefante, invece, sono forme che nella loro espressione tipica si presentano come cupole alte fino a 20 m, radunate in "campi", con un versante, generalmente meridionale, denudato ed uno coperto da vegetazione, con i versanti asimmetrici, quello eroso avendo maggior pendenza (Rodolfi, 1991; Guasparri, 1978).

Recentemente, le opere di "bonifica" attuate dai coltivatori hanno notevolmente mutato l'aspetto della Val d'Orcia, con una

drastica riduzione delle aree a biancane e con un ridimensionamento di quelle a calanchi.

In questo contesto è da anni attiva una ricerca coordinata dall'ex Centro studio per la Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo, ora Istituto per la Genesi ed Ecologia del Suolo. Tale studio ha il fine di individuare le dinamiche attuali del paesaggio, i possibili processi che hanno portato alla sua formazione, e i legami tra il paesaggio stesso e le sue componenti naturali e socio-economiche.

In questo lavoro viene presentato un modello per la comprensione dei fenomeni che portano alla formazione e alla conservazione delle biancane. Questo si basa sull'analisi del modello di distribuzione dei suoli in un'area pilota, sullo studio dei primi stadi dei processi di pedogenesi e la dinamica dell'equilibrio fra questi e i processi di erosione e sulla ricostruzione dell'evoluzione storica dell'uso del suolo, dall'inizio del secolo scorso.

Inquadramento dell'area di studio

L'area di studio si trova all'interno del podere Baccanello (Fig. 1) dell'azienda La Foce-Chiarentana (Chianciano) ed è un quadrilatero irregolare di circa 20 ha, metà dei quali interessati da biancane.

Le altezze s.l.m. variano tra i 330 m e i 430 m. La litologia è costituita da argille plioceniche fortemente fratturate da una fitta rete di joints tettonici che disegnano sul terreno maglie romboidali (Colica & Guasparri, 1991), riconoscibili in campagna per la presenza di fasci di bande giallastre di alterazione.

Sulla base di 5 anni di funzionamento della capannina meteorologica sistemata nell'area sperimentale, i dati raccolti risultano intermedi tra quelli delle stazioni di Spedaletto (precipitazioni annue di 671 mm, e temperature medie annue di 14.4°C, su 50 anni) e de La Foce (835 mm, 12.6°C).

L'area sperimentale ha quindi un clima di transizione tra sub-umido e sud-arido, con un moderato deficit idrico estivo. Il regime di umidità del suolo, considerando una AWC media di 200 mm risulta essere di tipo Xerico con tendenza all'Ustico nelle stazioni meno aride e con caratteristiche di Aquico nelle situazioni più fresche (linee di impluvio). Il regime di temperatura è mesico al limite con il termico (Calzolari et al., 1993).

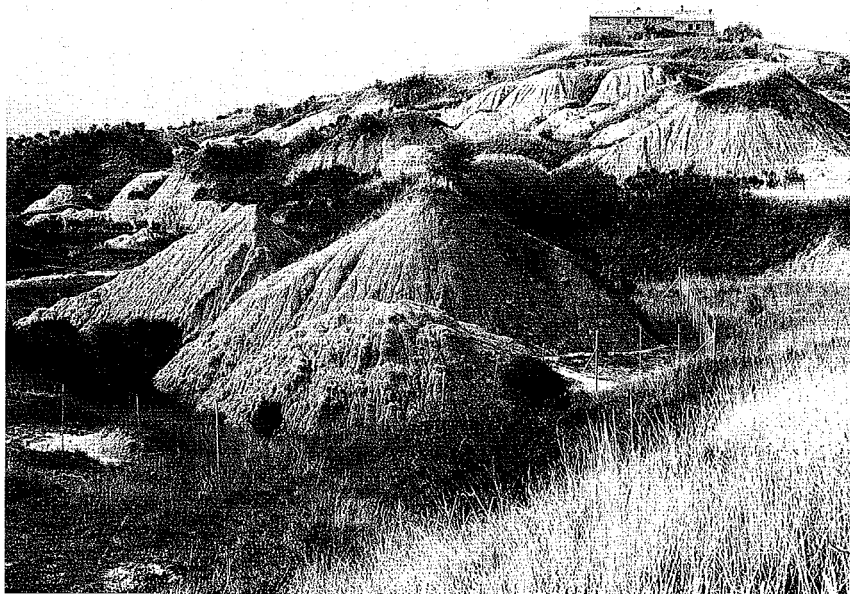


Fig. 1 - Veduta d'insieme del campo di biancane il località poggio Baccanello (Chianciano).

Fig. 1 - Study area biancana field (Baccanello, Chianciano).

La vegetazione naturale, nelle aree a biancane, è influenzata dal grado di disturbo antropico e dai processi di erosione (Chiarucci et al., 1995). Nei primi stadi di colonizzazione la vegetazione è caratterizzata da una copertura erbacea di specie mioalofite quali quelle della formazione del *Parapholido-Artemisietum cretaceae*. Dove le condizioni morfologiche sono più stabili si possono trovare altre formazioni quali il Brometo con o senza cespugli di *Spartium junceum*, che è la prateria più evoluta in condizioni di xericità. Questa formazione è localizzata sui colmi stabili di biancane e sui residui di superfici strutturali. Sui campi abbandonati la stessa formazione è arricchita di specie tipiche delle aree coltivate. Cespuglieti strutturati con *Ligustrum vulgare*, *Rosa agrestis*, *Crataegus monogyna*, *Juniperus communis*, *Ulmus minor* and *Quercus pubescens*, si ritrovano nelle zone meno disturbate dall'erosione e dall'azione dell'uomo.

La zona coltivata è ristretta ai depositi alluvionali dei due fossi (Gonzola e Giuncheto) e alle aree dove le biancane sono

state eliminate mediante livellamento. Usualmente viene coltivato grano duro, in rotazione a maggese, colza, favino.

I suoli e la morfologia

Da un punto di vista pedo-morfologico si possono distinguere alcune situazioni rappresentative:

1) aree propriamente a biancane nelle quali sono presenti diverse tipologie di suolo. Principalmente si riconoscono:

a) suoli poco evoluti, situati generalmente sul versante settentrionale delle singole biancane, in testa alle biancane più erose, e sui versanti privi o quasi di erosione superficiale, ma caratterizzati dalla presenza di numerose forme di piccoli movimenti di massa, quali reptazione, solifluzione, ecc. I suoli appartengono alla famiglia argillosa, mista (calcareo), mesica dei Typic Xerorthents (Calzolari et al., 1993). Nelle situazioni più degradate, la vegetazione è rada, caratterizzata da specie mioalofite, tipiche della formazione del *Parapholido-Artemisietum cretaceae*.

b) lembi di suolo più evoluti dei precedenti, sviluppatisi in condizioni di relativa stabilità morfologica: colmi di dossi o di grandi biancane. Si tratta di Typic Xerochrepts appartenenti alla famiglia argillosa, mista (calcareo), mesica, associati a Xerochrepts Vertici, con evidenze di self mulching, e Calcixerollici, quando l'accumulo di carbonati di calcio è più rilevante. Sui dossi più rilevati sono presenti lembi di vertisuoli (Chromic Calcixererts). Queste situazioni sono interpretate come residui delle antiche superfici a carico delle quali si è sviluppato l'attuale paesaggio a biancane. Qui domina la prateria a *Bromus erectus*, in genere con cespugli di *Spartium junceum*.

2) aree agricole, investite a seminativo, dove si riconoscono suoli di diverso spessore e a diverso grado di evoluzione. Vi si possono riconoscere, agli estremi della catena evolutiva:

a) suoli poco evoluti, su zone di troncatura di biancane e/o di intensa erosione (Typic Xerorthents)

b) lembi di suoli maggiormente espressi, riconducibili alla tipologia sopra individuata come 1 b (Typic Calcixerollic e Vertic Xerochrepts e, secondariamente, Chromic Calcixererts).

Il modello di distribuzione dei diversi tipi di suolo è fortemente influenzato dalle opere di livellamento che si sono succe-

dute nel tempo, dalla loro intensità e profondità. Spesso tuttavia i suoli più evoluti sono presenti nelle zone medio-alte dei versanti, mentre i suoli meno evoluti si ritrovano al piede degli stessi.

Questo fatto sembra indicare una forte erosione risalente dal basso capace di mantenere i suoli meglio conservati, testimoni del passato, nelle parti medio-alte dei versanti. Ciò trova riscontro nella distribuzione dei suoli di ambiente naturale, dove i suoli più evoluti si trovano più frequentemente su dossi situati in zone di crinale.

Processi di erosione e di alterazione

Per confermare le ipotesi scaturite dal rilevamento dei suoli occorre un breve esame dei processi di erosione in atto in un campo di biancane.

Per quanto riguarda i versanti delle biancane, bisogna operare una distinzione tra versante con suolo e vegetazione e versante nudo. Il versante pedogenizzato presenta un tipo di erosione basata fondamentalmente su reptazione e movimenti di massa superficiale. La presenza di vegetazione impedisce lo svilupparsi di rigagnoli mentre elimina l'impatto delle gocce. Anche i fenomeni di erosione ipodermica (micro-piping) sono pressoché assenti. Infatti non appena si sviluppa un suolo, anche di spessore molto limitato, il contenuto in sali, responsabili dei fenomeni di dissoluzione, cala fortemente, passando da valori di 1.1-1.3 dS/m del sedimento a valori di 0.15-0.30 dS/m negli orizzonti superficiali dei suoli (valori relativi alla sospensione suolo:acqua 1:5); in particolare il sodio, da più di 0.5% in peso nel sedimento, passa a 0.15% nel suolo (Torri & Monaci, 1991).

Sui versanti privi di vegetazione sono presenti alteriti poco profonde (10-15 cm) dove sono evidenti fenomeni di dissoluzione in superficie (dovuti all'azione disperdente delle gocce di pioggia ed al loro impatto), micro-rigagnoli (di circa 1 cm di larghezza e 2-3 cm di profondità), linee di affossamento (larghe parecchi cm e profonde 3-10 cm, e tanto più profonde quanto più larghe) in corrispondenza di canali sottosuperficiali (micro-pipe) (Fig. 2). Al di sotto dell'alterite si ritrova uno strato molto fratturato profondo 10-20 cm dove sono presenti micro-pipe di diversa dimensione. Alla base di tale strato il numero di fratture, pur mantenendosi alto, cala bruscamente. Si hanno così intensi processi di erosione che avvengono contemporaneamente in cir-

ca 10/20 cm di sedimento alterato e frammentato, con movimento del materiale asportato verso il piede della biancana e verso l'interno della stessa. L'importanza del sistema di micro-pipe per i processi di erosione è stato verificato in esperimenti di pioggia simulata su biancane (Torri et al., 1994) dai quali risulta che la maggior parte dell'acqua e dei sedimenti viene drenata attraverso tale sistema. Dagli stessi esperimenti è anche emerso che il sedimento diviene erodibile solo dopo un rapido inumidimento. Il fattore limitante l'erosione superficiale è quindi la velocità di avanzamento del fronte di inumidimento all'interno dei diversi frammenti di roccia più o meno alterata che compongono lo strato superficiale. In particolare, per eventi di intensità da

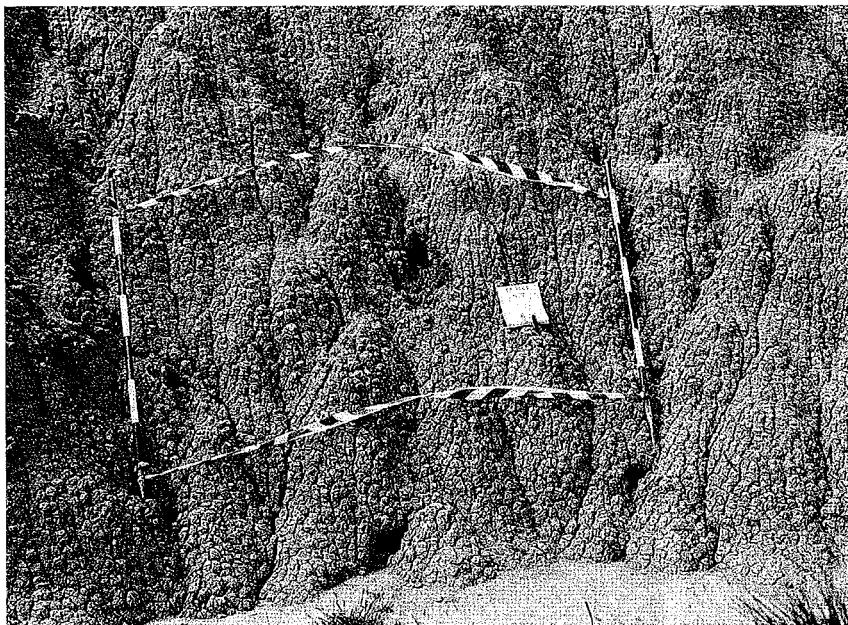


Fig. 2 - Particolare della superficie di una biancana: la superficie è dominata da una struttura a scorza d'arancia, che è spesso caratterizzata da figure di dissoluzione. Sono visibili alcuni piccoli solchi quasi rettilinei (rill) che scorrono sub-parallelamente agli affossamenti principali (caratterizzati da fori che indicano la presenza di micro-pipes sottostanti).

Fig. 2 - Particular of a biancana surface, characterized by a weathering rind with dissolution figures. Some small, nearly rectilinear incisions (rills) are visible. Several larger incisions are also present characterized by holes, which indicate underlying micro-pipes.

media a bassa (cioè, sotto i 15 mm/h circa, su terreno asciutto) non si osserva deflusso superficiale (in accordo con Vittorini 1991).

In assenza di fenomeni che abbassino il piede della biancana, e che 'ringiovaniscano' i processi di erosione superficiale, prende il sopravvento quella sottosuperficiale. Segue così uno smantellamento progressivo degli elementi più fini della biancana, con movimenti di assestamento degli altri, fino a far assumere alla forma un aspetto gibboso (Fig. 3) che ricorda un soufflé smontato (Torri & Bryan, 1997).

L'erosione sui versanti delle diverse biancane è mantenuta attiva da processi di notevole entità attivi fra le forme. Questi sono caratterizzati da erosione per burronamento, cioè gully poco profonde, ma larghe, non particolarmente attive, e da erosione per tunnel (pipe) che passano sia tra le biancane sia al di sotto di esse. I tunnel risultano evidenti nel loro sviluppo lineare soltanto quando il loro tetto crolla facendoli apparire in superfi-



Fig. 3 - Biancana "soufflé": i processi di erosione interna hanno causato la rimozione di parte delle strutture interne della biancana che sta quindi collassando su se stessa.

Fig. 3 - "Soufflé-like" biancana: subsurficial erosion caused the removal of part of internal structures of the form which is collapsing.

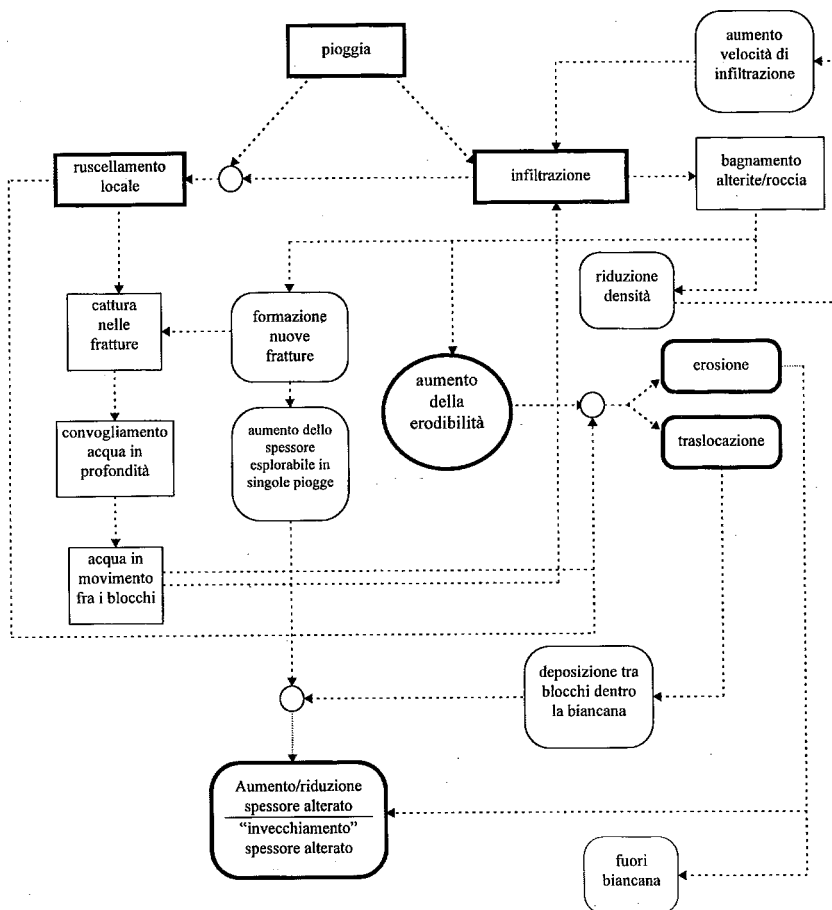
cie. In altri termini, l'erosione è caratterizzata da un sistema di gully e pipe anastomizzato, come del resto è testimoniato dalla elevata densità di drenaggio. Un sistema del genere ha come effetto la costruzione di un paesaggio a macchie, nel quale i residui (macchie) della situazione antecedente l'inizio della fenomenologia erosiva sono di dimensioni areali maggiori (e più frequenti) quanto più è vicino il momento in cui gully e pipe hanno iniziato ad essere attivi. Questo fatto è in accordo con la distribuzione dei diversi tipi pedologici e con evidenze di una dinamica di versante influenzata dai torrenti circostanti.

Per sostanziare l'ipotesi, o negarla, si è proceduto a valutare sia la velocità di erosione, sia quella di pedogenizzazione, che le condizioni per la colonizzazione del sedimento esposto dall'erosione. Relativamente alle misure di erosione, queste sono riportate in Colica (1993). Dai dati raccolti emerge una velocità di erosione sui versanti spogli delle biancane di circa 3.6 cm/a (4.3 cm/1000mm di pioggia). Tale valore è da ritenersi una sotto-stima in quanto non tiene conto dell'erosione ipodermica, essendo basato solo sull'abbassamento della superficie del suolo. Sulla base di questi dati, e considerando i suoli più sviluppati presenti sulle biancane quali testimoni della situazione antecedente l'inizio dei fenomeni erosivi, si può stimare l'età delle biancane più alte, e con residui di suolo in testa, in circa 300-400 anni. I fenomeni che hanno portato invece all'isolamento dei dossi con i suoli meglio conservati, daterebbero invece a circa 160 anni fa. Le biancane della parte più erosa del versante, prive dello strato pedogenizzato, sono invece inutilizzabili per qualsiasi tentativo di datazione. I dati ora esaminati indicano che le biancane in esame si sono formate in tempi storici recenti e, probabilmente, in più momenti. Soprattutto non sono il residuo di un periodo climatico particolare, e rientrano quindi tra le forme di erosione attuali.

Relativamente ai tempi necessari perché un suolo riesca a svilupparsi sul sedimento portato alla luce dall'erosione, si è proceduto ad una serie di studi, di campagna e laboratorio, che hanno condotto alla costruzione di un modello, verificato poi con osservazioni di campagna (Torri & Bryan, 1997).

In Graf. 1 è riportato uno schema nel quale vengono evidenziate le relazioni fra i vari processi di erosione e di formazione dello strato alterato, così come ipotizzati dal modello.

La densità apparente di un dato blocco di roccia inalterata diminuisce all'aumentare del numero di volte in cui l'acqua rie-



Graf. 1 - Rappresentazione schematica delle relazioni tra i processi di erosione e di alterazione sui versanti delle biancane.

Graf. 1 - Schematic representation of relationships between erosion processes and weathering on biancana sides.

sce ad infiltrarvisi, dipende cioè dal numero di cicli di inumidimento-essiccamento cui il materiale è sottoposto. Inoltre, durante il processo di inumidimento, si generano fratture dovute agli stress di rigonfiamento con un conseguente aumento della velocità e della profondità di infiltrazione (in caso contrario, in assenza di fratture, il fronte di inumidimento procede poco digitato ed il passaggio tra il materiale ancora secco e quello saturo avviene bruscamente in 0.1-0.2 mm). L'acqua, che viene in contatt-

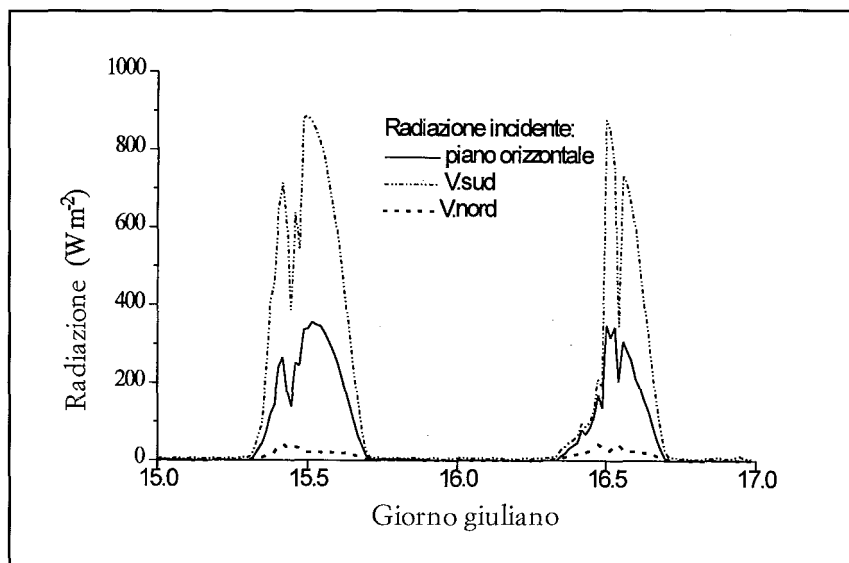
to con la roccia meno alterata in profondità, favorisce a sua volta lo sviluppo di altre fessure e l'ulteriore aumento dello spessore dello strato alterato/fessurato.

Una volta inumidito, il materiale perde completamente di resistenza e può essere asportato seguendo i processi descritti in precedenza.

La situazione descritta rappresenta un sistema dinamico il cui equilibrio può essere spostato verso l'erosione o verso la formazione di suolo in funzione di una serie di altri fattori.

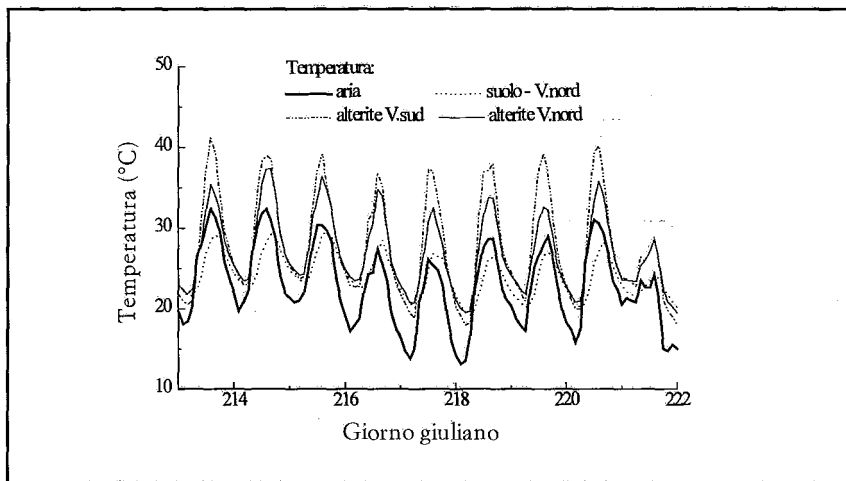
Il fattore principale è, naturalmente, l'erosione al piede della biancana. Se questa riprende intensa, allora il versante della biancana tende ad aumentare la sua pendenza, l'erosione aumenta e lo strato alterato diminuisce di spessore.

Anche l'esposizione gioca un ruolo determinante, essendo estremamente efficace a causa della forte pendenza dei versanti delle biancane (vicina ai 40°). Nei Graff. 2, 3 e 4 sono riportati i



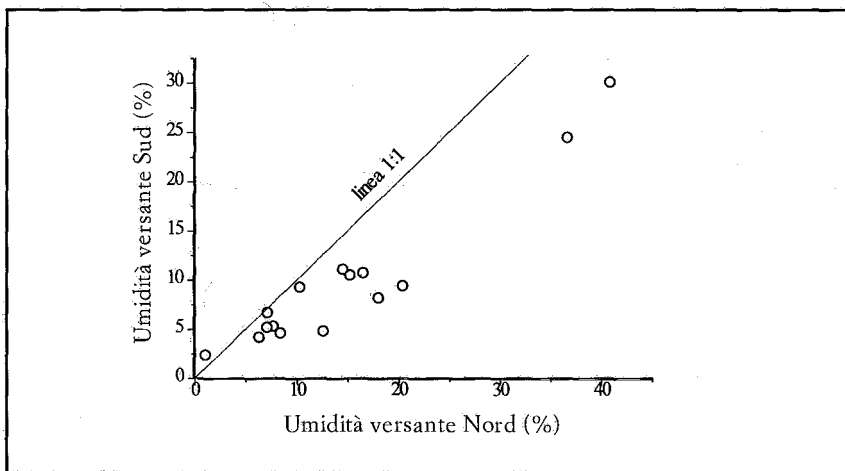
Graf. 2 - Radiazione incidente nel mese di Gennaio (media su 20 min): i valori relativi al piano orizzontale sono quelli standard di riferimento. I valori relativi ai due versanti sono stati misurati con due sensori orientati come i versanti stessi.

Graf. 2 - Incident radiation in January (average on 20 min): horizontal plane values are the standard ones. For the biancana slopes data have been measured with two oriented sensors along the slopes.



Graf. 3 - Andamento della temperatura (media bioraria) in alcuni giorni nel mese di Agosto. Le temperature nel suolo e nell'alterite sono state misurate a 5 cm di profondità.

Graf. 3 - Example of temperature values (average on two hours) during August. Soil and alterite temperature have been measured at 5 cm depth.



Graf. 4 - Valori di umidità nei versanti di una biancana. La misura è stata rilevata a due diverse profondità all'interno dello strato alterato superficiale, sul versante Nord e sul versante Sud di alcune biancane, in periodi stagionali diversi.

Graf. 4 - Humidity of biancana sides. Humidity has been measured at two different depth in the superficial weathered layer, on N and S slopes, in different periods.

grafici relativi all'insolazione, la temperatura e l'umidità nei versanti meridionali e settentrionali di una biancana.

I grafici mostrano chiaramente una diversa situazione microclimatica dei due versanti che causa una maggiore permanenza dell'umidità nel versante settentrionale. Da ciò segue che, ad ogni pioggia, il fronte di inumidimento penetra di più di quanto accada nel versante esposto a sud. Questo sposta l'equilibrio verso la formazione di uno strato alterato piuttosto spesso.

Con l'approfondirsi dello strato alterato inizia ad essere possibile il processo di allontanamento dei sali solubili. Probabilmente, superata una certa profondità, i processi di lisciviazione dominano rispetto al richiamo effettuato dalla evaporazione.

L'effetto della concentrazione dei sali sulla germinazione dei semi di alcune piante tipiche della vegetazione pioniera di queste aree è stato descritto in Maccherini et al. (1996). Nell'esperimento cui ci si riferisce, una certa quantità di semi è stata posta sotto 3 cm di materiale alterato (primi 10 cm) prelevato dal versante in erosione di una biancana. Tale materiale era stato preventivamente suddiviso in tre sottocampioni, uno lasciato tale quale e gli altri due lavati con acqua distillata fino a portarli a valori di conducibilità elettrica dell'estratto 1:5 progressivamente più bassi. I dati di emergenza relativi alle tre tesi sono riportati in Tab. 1, insieme ai valori di emergenza ottenuti in acqua distillata, come valore di controllo. L'allontanamento dei sali por-

Tab. 1 - Tempi di emergenza (in giorni) per alcune specie pioniere su suolo a diversa conducibilità elettrica. I valori di conducibilità sono quelli relativi alla sospensione 1:5 di suolo in acqua distillata. La prima colonna riporta i dati per i test di controllo in acqua distillata.

Tab. 1 - *Some pioneer species emergence time, in days, on substrata with different electrical conductivity (EC). EC values for 1:5 soil suspension. In the first column control data are reported, referring to distilled water.*

Specie	Conducibilità elettrica substrato			
	0.002 dS/m	0.6 dS/m	1.12 dS/m	1.64 dS/m
<i>Aegilops geniculata</i>	2.3	5.5	6.2	8.1
<i>Hordeum maritimum</i>	2.4	3.5	5.2	6
<i>Parapholis incurva</i>	3.4	7.3	11.8	17.2
<i>Parapholis strigosa</i>	3.4	6.2	9.3	>30
<i>Bromus erectus</i>	8.5	10.6	13.8	15.1
<i>Brachypodium distachyum</i>	4.5	5.6	8.9	9.8

ta, di per sé, un peggioramento delle caratteristiche fisiche del suolo (maggior resistenza all'emergenza che aumenta di almeno 4 volte, pur restando su valori di pochi dPa), che però sembra ininfluyente sui risultati. Il fatto più importante è che il tempo durante il quale il suolo deve rimanere umido affinché si abbia l'emergenza del 50% delle plantule raddoppia quasi, al triplicare della conducibilità dell'estratto 1:5.

Se si considera anche la maggior frequenza e durata dei periodi umidi nel lato esposto a nord, è ovvio che la vegetazione ha la possibilità di insediarsi con maggior facilità. Una volta insediata la vegetazione, l'erosione si riduce ed i processi pedogenetici prendono nettamente il sopravvento. Il tempo necessario per generare uno spessore di suolo di 15-20 cm può quindi essere stimata in alcuni anni (10-20).

Questo risultato rafforza le conclusioni tratte dal rilevamento pedologico: i suoli possono distinguersi in 2 gruppi con 2 fasi: un gruppo comprende i suoli testimoni del passato (con anche una fase erosa) ed un altro gruppo i suoli formati dopo gli eventi di maggior erosione. Dato il rapido affermarsi dei primi processi di pedogenesi, i suoli di neoformazione possono essersi formati anche dopo eventi alquanto recenti.

Evoluzione storica dell'uso del suolo

Per tentare di trovare un riscontro storico alla teoria sopra esposta è stata seguita l'evoluzione del paesaggio dal 1820 circa, attraverso i seguenti documenti:

- la mappa catastale dell'area del 1826 (*Catasto Leopoldino*);
- un dipinto (cabreo) del 1838 della fattoria de 'La foce', nel quale è riportata una dettagliata descrizione dell'uso del suolo a quel momento;
- foto aeree di epoche diverse, 1940, 1954, 1976, 1984, delle quali è stata effettuata la fotointerpretazione.

La mappa del Catasto Leopoldino, è il più antico documento che individui precisamente l'uso del suolo dell'area di studio. Nella carta le biancane non sono menzionate, dato che esse venivano comunque utilizzate come pascolo per il bestiame. L'area pascolata, infatti, denominata nel documento con il termine *pastura*, copre la maggior parte dell'area totale (ed include tutti i campi di biancane attuali), mentre la parte rimanente è investita

a bosco (*pastura con querce*); lungo i torrenti, e a seminativo (*arativo*), in una piccola zona di piana alluvionale. Una piccola parte intorno all'edificio dell'attuale Podere Baccanello, è classificata come prato e oliveto. L'edificio è denominato *Convento diruto di Baccanello*.

Pochi anni più tardi la proprietà della fattoria passa dalla famiglia Dei alla famiglia Mieli. I nuovi proprietari Tranquillo, Isdraelle e Angelo Mieli, commissionano un cabreo, dipinto da Saverio Andreucci, un ingegnere a cui viene affidato anche il rilievo di campagna, nel 1837. Il cabreo, perfettamente sovrapponibile alla mappa catastale, riporta l'uso del suolo in modo dettagliato, tanto da essere assimilabile ad una moderna carta di uso del suolo.

Nel cabreo sono raffigurati i principali edifici esistenti all'epoca in fattoria. Fra gli altri viene rappresentato il *Convento diruto di Baccanello* che appare architettonicamente assai differente dagli altri edifici rurali. Questo ha un riscontro nel fatto che nell'attuale edificio poderale vi è incorporato un muro più antico con archi, ora ciechi. Ricerche di archivio per raccogliere informazioni sulla storia del convento sono ancora in corso. Comunque risulta verosimile che un edificio dalle caratteristiche architettoniche che sembrano posteriori al basso medioevo non possa essere stato edificato ai margini di un versante a biancane, in rapido dissesto. Questo porta a ritenere che un primo campo di biancane possa essersi formato in una data imprecisata del nostro millennio. La presenza di queste forme di erosione potrebbe aver poi favorito la decisione di un abbandono del convento.

Le biancane sono raffigurate in questo dipinto in modo molto realistico, mentre alcuni campi, classificati al Catasto Leopoldino come pasture, sono al contrario dipinti come seminativi, con particolari pittorici molto precisi, come i solchi prodotti dall'aratro. L'oliveto presso il podere è assente. Questo documento sembra provare che sia intervenuto tra gli anni '20 e gli anni '30 qualche cambiamento nell'uso del suolo, passando da un uso pascolivo ad un uso seminativo, con un incremento della pressione antropica sul territorio.

È di estremo interesse il fatto che una parte dell'area, dipinta come seminativo, sia attualmente un campo di biancane, e più in generale le biancane, così come riportate nel cabreo, siano più distanti dall'edificio di Baccanello di quanto lo siano attualmente. Sembra inoltre che i campi di biancane disegnati nel 1837 si siano tutti espansi verso la sommità dei versanti di perti-

nenza. In altri termini, se il cabreo è degno di fede, in un periodo di circa 160 anni i processi di erosione hanno nettamente modificato la morfologia dei versanti, confermando che questo tipo di fenomeno è da ritenersi attuale.

La veridicità del cabreo è stata controllata, per quanto possibile, esaminando gli altri particolari del dipinto che paiono contraddire la situazione attuale. Per esempio l'assenza dell'oliveto presso il Podere Baccanello, oliveto che è sempre presente fino dal documento Leopoldino e definitivamente abbandonato solo dopo la gelata dell'inverno del 1956, può essere facilmente spiegata con la ricorrenza, al principio degli anni '30, di un paio di inverni particolarmente rigidi. I dati climatici raccolti da Rappetti & Vittorini (1988) per la stazione meteorologica di Firenze, una delle più antiche in Toscana, riportano per quel periodo valori di temperatura molto più bassi di quelli registrati negli inverni 1956 e 1985, anni, come si sa, di gelate eccezionali.

Inoltre deve essere occorso qualche evento particolare, capace di causare la diversione di un ruscello nella parte settentrionale dell'area di studio. Nel dipinto del cabreo questo ruscello risulta affluente del fosso Giuncheto, mentre ora è affluente di un tributario del fosso Giuncheto. L'antico corso del ruscello è testimoniato dalla presenza di un confine comunale che lo seguiva zigzagando in mezzo a quella che ora è una unità culturale. È inoltre provato dalle evidenze di campagna (falda in corrispondenza del vecchio corso e ghiaie) ed è ancora registrato in una carta dell'IGM di data incerta ma precedente al 1930.

Fino al 1940 non si hanno documenti che descrivano l'uso del suolo. Tale intervallo di tempo può essere in parte ricoperto dalla testimonianza diretta del signor Marchionni, che ha lavorato alla fattoria de 'La Foce' fra il '40 e l'80, la quale riporta a sua volta i racconti dei contadini che vivevano in zona fin dall'inizio del secolo. È quindi possibile descrivere, ancorché sommariamente, la situazione della fattoria fra l'inizio del secolo e il 1940. L'area a bosco era considerevolmente più ridotta, mentre l'area a biancane, utilizzata come pascolo per il bestiame ovino, interessava pressoché tutta la parte dell'area in pendenza, per una superficie totale intermedia fra quella riportata nel catasto Leopoldino e l'attuale. Una conferma alla testimonianza del sig. Marchionni si può trovare nei registri di fattoria che coprono il periodo di tempo compreso fra il 1920 e il 1940.

Da quanto finora esposto, sembra potersi concludere che in un periodo di tempo inferiore a 80 anni sia accaduto qualcosa

(un evento critico od un periodo critico) che ha considerevolmente aumentato il tasso dell'erosione e la sua diffusione areale. In realtà, attraverso la stima dendrometrica dell'età di alcune querce site sui versanti menzionati (circa 150 anni; dott. A. Panconesi, com. personale), il lasso di tempo nel quale i processi di erosione debbono essere iniziati è ristretto ad un intervallo compreso fra il 1840 ed il 1870.

Oltre agli eventi naturali l'attività umana ha fortemente influito sul paesaggio dei nostri giorni. Prima di tutto vi è stato il recupero edilizio del convento diruto nell'attuale Podere Bacca-nello, ora abbandonato. Attraverso l'analisi di foto aeree dal 1940 al 1984 è riconoscibile una riduzione generale dell'area a biancane, dovuta ai lavori estensivi di bonifica iniziati negli anni 20, con l'uso di esplosivi, e intensificata negli anni '70, con l'impiego massiccio di macchinari pesanti. Dalla fine degli anni '70 si assiste ad un progressivo abbandono dell'uso agricolo delle zone più scoscese, dapprima con l'aumento delle zone pascolate e poi delle aree incolte successivo all'abbandono dell'allevamento da parte della fattoria. Probabilmente, grazie proprio alla cessazione del pascolamento, si assiste, a partire dall'inizio degli anni '80, ad una considerevole ripresa della vegetazione naturale.

Conclusioni

Il lavoro riassunto nei paragrafi precedenti porta a conclusioni di diverso tipo in funzione dei vari aspetti indagati, oltre che a conclusioni generali

Relativamente ai processi di erosione, il risultato più originale è il fatto che oltre ai normali casi di erosione limitata dalla capacità di trasporto del ruscellamento o dalla capacità di distacco della pioggia, vi è un terzo caso dove il fattore limitante è la velocità con cui l'acqua, infiltrandosi nel suolo, lo rende erodibile.

Per ciò che attiene ai primi processi di pedogenesi si è osservato e dimostrato sperimentalmente come i rapporti tra pedogenesi, microclima ed erosione possono essere molto variegati e ricchi di interazioni. Il modello messo a punto mostra che i primi processi di alterazione sono alquanto rapidi. Ciononostante, la formazione di suolo rimane un processo lento, dell'ordine di alcuni secoli.

Di carattere più generale sono invece le conclusioni relative all'insieme dei processi che portano alla formazione delle bian-

cane. In particolare questi processi genetici sono processi attuali, legati a condizioni meteorologiche particolari ed a un uso del suolo non conservativo, mentre il periodo di ritorno di tali eventi è dell'ordine di alcuni secoli.

Il paesaggio risultante è ovviamente la somma degli effetti prodotti dai processi che si sono sintetizzati nei capoversi precedenti. I dati raccolti hanno permesso di spiegare la varietà di forme e la distribuzione dei suoli come aspetti complementari della stessa serie di meccanismi, coadiuvati dall'intensa azione antropica.

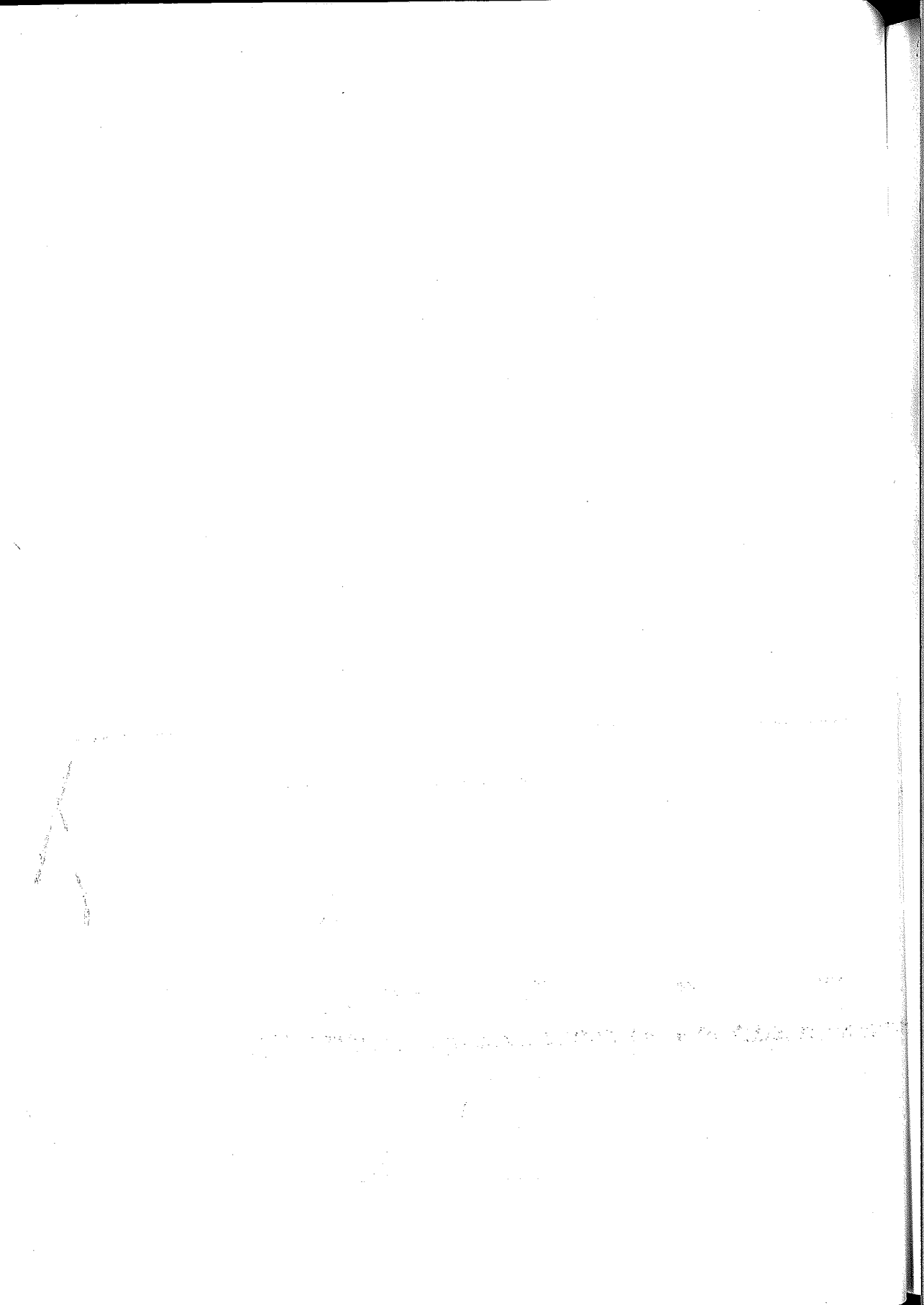
Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Benedetta e Donata Origo per tutta la cortesia usataci, che ha fortemente favorito l'attività di ricerca, altrimenti impossibile, soprattutto in alcuni aspetti chiave. Desiderano inoltre estendere il ringraziamento ad Alfiero Mattioli della fattoria de "La Foce", al sig. Marchionni e a tutto il personale che, in diversi modi, ci ha aiutato.

Oltre agli autori, numerose altre persone hanno collaborato e reso possibile questo lavoro. Tra questi E. Busoni, A. Chiarucci, A. Colica, V. De Dominicis, F. Monaci, J. Ristori, D. Rockwell, F. Ungaro.

BIBLIOGRAFIA

- 1) CALZOLARI C., RISTORI J., SPARVOLI E. (1993): *Soils of "biancana" badlands: distribution, characteristics and genesis in Beccanello farm (Tuscany, Italy)*. Quaderni di Scienza del Suolo, Vol. V, Firenze, 119-142.
- 2) CHIARUCCI A., DE DOMINICIS V., RISTORI J., CALZOLARI C. (1995): *Vegetation communities of "Biancana" badland in relation to morphology and soil in the Orcia valley (Italy)*. Phytocoenologia, 25 (1), 69-87.
- 3) COLICA A. (1993): *Processi erosivi in calanchi e biancane e loro implicazioni per le opere di conservazione nell'alta Val d'Orcia (Siena)*. Tesi di Dottorato di Ricerca in "Scienza del Suolo"; V Ciclo; A.A. 1991-92; Università di Firenze.
- 4) COLICA A., GUASPARRI (1990): *Sistemi di fratturazione nelle argille plioceniche del territorio senese. Implicazioni geomorfologiche*. Atti Accad. Fisiocritici Siena, Serie XV, Tomo IX, 29-36.
- 5) GUASPARRI G. (1978): *Calanchi e biancane nel territorio senese. studio geomorfologico*. L'Universo n. 58, 97-140.
- 6) MACCHERINI S., CHIARUCCI A., TORRI D., RISTORI J., DE DOMINICIS V. (1966): *Influence of salt content of Pliocene clay soil on the emergence of six grasses*. Israel Journal of Plant Sciences, 44, 29-36.
- 7) RAPETTI F., VITTORINI S. (1988): *Le variazioni del clima di Firenze dal 1822 al 1986*. Boll. Soc. Geografica Italiana, V, 73-92.
- 8) RODOLFI G. (1991): *Forme di erosione nei sedimenti neogenici e quaternari*. In Mazzanti R. (Ed.) "La gestione delle aree collinari argillose e sabbiose". Edizioni delle Autonomie, 19-30.
- 9) TORRI D., BRYAN R. (1997): *Micropiping processes and biancana evolution in southeast Tuscany, Italy*. Geomorphology, Elsevier.
- 10) TORRI D., COLICA A., ROCKWELL D. (1994): *Preliminary study of the erosion mechanism in a Biancana badland (Tuscany - Italy)*. Catena, Elsevier.
- 11) TORRI D., MONACI F. (1991): *La meccanica dell'erosione idrica superficiale nei sedimenti argillosi neogenici*. In "La gestione delle aree collinari argillose e sabbiose", Edizioni delle Autonomie, 85-92.
- 12) VITTORINI S. (1991): *La circolazione idrica nelle argille neogeniche alterate*. In "La gestione delle aree collinari argillose e sabbiose", Edizioni delle Autonomie, 68-75.



CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI DELLE ZONE CALANCHIVE DELLA VALLE DEL MEDIO BASENTO. INDAGINE PRELIMINARE

MARANO B.¹, COPPOLA E.¹, LAURIA M.C.¹, PARITI L.¹,
BUONDONNO C.², BUONDONNO A.³

¹ Dipartimento di Produzione Vegetale, Università degli Studi della Basilicata,
via N. Sauro 85, 85100 Potenza.

² Dipartimento di Scienze Chimico-Agrarie, Università di Napoli "Federico II".

³ Facoltà di Scienze Ambientali, Settore Pedologia, Seconda Università di Napoli.

Riassunto

La Comunità Europea con i provvedimenti indicati nei Reg. 1094/88, 2328/91 e 2078/92 ha promosso il ritiro volontario dei seminativi dalla produzione (set aside) con l'intento di contenere la produzione agricola nei settori eccedentari. Tuttavia, i provvedimenti di incentivazione non hanno sortito gli effetti auspicati. Infatti, gli operatori agricoli hanno intensificato le pratiche colturali nei suoli più fertili di pianura e, per contro, hanno destinato a set aside i suoli dei comprensori delle zone interne e collinari, tradizionalmente meno produttivi. In regioni come la Basilicata, dove il 92% del territorio è ascrivibile alle fasce altimetriche della collina e della montagna, questa linea di tendenza può contribuire in misura rilevante all'abbandono ed al dissesto idrogeologico di tali aree. Occorre considerare, inoltre, che il territorio lucano è già soggetto a gravi ed avanzati fenomeni di erosione con formazione di estese aree calanchive.

Alla luce di queste considerazioni il reperimento degli interventi comunitari nel settore agricolo volti alla modificazione, spesso radicale, dei sistemi di coltivazione dovrebbe avere come logico presupposto la conoscenza approfondita delle caratteristiche pedologiche del territorio. In Basilicata, con l'eccezione dei recenti rilevamenti svolti nel Bacino del fiume Agri dall'Istituto per la Difesa del Suolo di Firenze, mancano studi aggiornati di questo tipo. Per contro, negli anni 1950-60 i ricercatori dell'Istituto Sperimentale Agronomico di Bari, hanno condotto uno studio sistematico del territorio lucano, con la redazione di due carte provinciali in scala 1:100.000 dei suoli della regione definiti in funzione, prevalentemente, delle caratteristiche lito-

logiche e tessiturali. Inoltre sono stati valutati numerosi parametri di ordine fisico e chimico. I risultati di queste indagini non sono, tuttavia facilmente interpretabili in quanto condotte con metodi di analisi non più in uso nei laboratori di chimica del suolo.

Sulla base di questo studio, nell'intento di individuare un possibile schema reinterpreativo delle informazioni riportate, è stata circoscritta un'area del bacino del fiume Basento su cui condurre uno studio delle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche dei suoli secondo i metodi ufficiali di analisi del suolo emanati nel 1992 da Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste.

LA PREVENZIONE DELLA DEGRADAZIONE DEL SUOLO ATTRAVERSO ATTIVITÀ AGRICOLE A BASSO IMPATTO AMBIENTALE¹

NADIA VIGNOZZI, MARCELLO PAGLIAI

Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Mi.P.A.
Piazza D'Azeglio 30, 50121 Firenze.

Riassunto

Per prevenire i fenomeni di degradazione ambientale le attività agricole devono essere compatibili con la protezione, nel lungo termine, delle risorse naturali. Il presente lavoro riporta i risultati di alcuni esperimenti basati sull'analisi della porosità dei suoli, considerata l'indicatore principale della qualità strutturale degli stessi. Lo scopo è quello di evidenziare come attraverso oculati cambiamenti nella gestione agronomica del territorio sia possibile raggiungere l'obiettivo di una agricoltura sostenibile, sempre più in equilibrio con l'ambiente. Le problematiche affrontate riguardano: *a*) la direzione delle lavorazioni, in cui si vede che le lavorazioni a rittochino provocano un'entità di erosione circa due volte maggiore rispetto alle lavorazioni in traverso; *b*) le lavorazioni ridotte, che generalmente migliorano le condizioni strutturali del suolo e prevengono la formazione di strati compatti lungo il profilo; *c*) i suoli sviluppati sulle argille marine o lacustri del Pliocene, per i quali, estremamente vulnerabili e in molti casi già abbondantemente degradati, risultano improponibili le lavorazioni minime, per cui la loro protezione passa attraverso l'introduzione di sistemi colturali che prevedano la presenza di prati poliennali; *d*) la pratica dell'inerbimento nelle colture arboree specializzate in ambienti collinari, in cui si nota un notevole miglioramento delle proprietà fisiche del suolo ed una forte riduzione dei fenomeni erosivi nelle aree interessate da inerbimento, senza penalizzare la produzione, ma addirittura migliorandone la qualità.

Parole chiave: Lavorazioni del suolo, Gestione del suolo, Struttura del suolo, Porosità del suolo, Analisi di immagine.

¹ L'impostazione, la discussione e la stesura del lavoro sono da attribuirsi in parti uguali ai due autori.

Summary

The prevention of the soil degradation through agricultural management practices with low environmental impact

The agricultural activity must be compatible with the protection of the natural resources to prevent phenomena of environmental degradation. For this reason it is absolutely necessary to reconsider agricultural management practices. In these paper some of this aspects were considered: *a)* In hilly soils, direction of ploughing is very important: experiments have showed that the downhill ploughing causes the higher value of erosion (twice) than the contour ploughing. *b)* Minimum tillage improves the soil structure and prevents the formation of compact layers along the profile, that strongly reduce infiltration and water movements, so increasing risks of erosion. However, these results are tightly dependent on the soil type. *c)* For instance, minimum tillage is not suitable for soils developed on marine Pliocene clays. These soils are extremely vulnerable and in many cases already degraded; for this reason it is necessary to introduce management practices that include meadows. *d)* For orchards and vineyards of the hilly environments, especially of the North-Centre Italy, grass-cover is more and more spreading. Results of recent investigations have shown a noteworthy improvement of soil physical properties and a strong reduction of soil erosion in the grass-cover areas, without reducing the production but sometimes improving the quality.

Key words: Soil tillage, Soil management, Soil structure, Soil porosity, Image analysis.

Introduzione

L'erosione del suolo, insieme al compattamento, alla formazione di strati compatti lungo il profilo e alla formazione di croste superficiali rappresentano i principali fattori di degradazione ambientale specialmente nelle aree coltivate degli ambienti collinari e montani. Le coltivazioni intensive provocano, nel lungo termine, profonde modificazioni delle proprietà fisiche del suolo e in modo particolare della struttura attraverso una riduzione di porosità e peggioramento della qualità del sistema dei pori, con riflessi, quindi, sui movimenti dell'acqua, sull'erodibilità dei suoli e anche sulle produzioni agricole (Cotching et al., 1979; Marks and Soane, 1987; Auerswald et al., 1994; Pagliai et al., 1995). La necessità di prevenire fenomeni di degradazione del suolo ha favorito un ampio dibattito sulla possibilità di adottare, ad esempio, sistemi di lavorazione del terreno alternativi a quelli

tradizionali, di reintrodurre le tradizionali rotazioni colturali e di far fronte alla progressiva diminuzione del contenuto di sostanza organica del suolo attraverso l'impiego in agricoltura di biomasse di rifiuto e di scarto in luogo del tradizionale letame ormai praticamente scomparso.

La gestione e la difesa dei territori montani e collinari non può prescindere, quindi, dalla prevenzione dei suddetti fenomeni di degradazione del suolo per cui tutte le attività antropiche, incluse quelle agricole, devono essere compatibili con la protezione della risorsa suolo. Per quanto concerne le attività agricole, nelle aree ove è economicamente possibile la coltivazione delle colture erbacee, è stato ampiamente dimostrato che è possibile ridurre gli input energetici adottando lavorazioni ridotte alternative alle tradizionali arature senza penalizzare la produzione agricola (Toderi e Bonari, 1986a).

Approccio metodologico

La porosità è l'indicatore principale delle qualità strutturali dei suoli e la sua caratterizzazione è quindi fondamentale per valutare l'impatto sull'ambiente suolo delle attività agricole (Ringrose-Voase e Bullock, 1984; Pagliai et al. 1995). L'avvento dell'analisi di immagine ha consentito notevoli progressi nelle analisi quantitative e ha reso possibile la caratterizzazione della struttura del terreno attraverso le misure della porosità su sezioni sottili preparate da campioni indisturbati di suolo.

Nelle aree oggetto di studio vengono prelevati, secondo un disegno sperimentale che consenta poi l'analisi statistica, campioni indisturbati di terreno (almeno sei campioni per tesi e per orizzonte) i quali, trasportati accuratamente in laboratorio, vengono essiccati seguendo il metodo che prevede la sostituzione dell'acqua con l'acetone, impregnati sotto vuoto con una resina poliesteri; una volta induriti, da ognuno di questi campioni viene preparata, con apposite attrezzature, una sezione sottile, verticalmente orientata, delle dimensioni di 6x7 cm e dello spessore di 20-25 μm (Murphy, 1986).

Le sezioni sottili vengono poi fotografate seguendo una procedura descritta da Pagliai et al. (1984) per differenziare i pori dai granuli di quarzo e rendere possibile l'analisi di immagine, basata sull'individuazione di vari livelli di grigio su una scala di 256 intervalli. Queste foto, che ricoprono un'area di 4,5x5,5 cm²

sulla sezione onde evitare possibili alterazioni sui bordi, vengono esaminate mediante un analizzatore di immagine usando il software PC-IMAGE, prodotto dalla "Foster Findlay Associates" (Londra), per le misure di porosità. I pori sono anche caratterizzati secondo la loro forma (espressa dal seguente fattore di forma: $\text{perimetro}^2/4\pi \cdot \text{area}$), e divisi in tre gruppi morfologici: pori più o meno regolari (fattore di forma 1-2); pori irregolari (fattore di forma 2-5); pori allungati (fattore di forma >5). I pori di ciascun gruppo sono poi ulteriormente suddivisi in classi dimensionali secondo il loro diametro equivalente per i regolari e irregolari e secondo la loro larghezza per quelli allungati (Pagliai et al., 1983, 1984). Le sezioni vengono anche esaminate al microscopio polarizzatore Zeiss R POL a 25 ingrandimenti per le osservazioni micromorfologiche.

Le ricerche riportate in questo lavoro si basano, appunto, sulla caratterizzazione della porosità dei suoli attraverso l'analisi di immagine di sezioni sottili di terreno indisturbato. Sono state considerate alcune fra le problematiche più importanti inerenti la degradazione del suolo in zone declivi e l'esigenza di una gestione del territorio a basso impatto ambientale.

Negli ambienti collinari, oltre alla riduzione delle lavorazioni, è di fondamentale importanza la direzione delle lavorazioni. Esperimenti volti a valutare gli effetti di diverse direzioni di lavorazione (Rossi Pisa et al., 1986) sono stati condotti in un'area sperimentale delle colline del Pliocene nel Bolognese suddivisa in tre parcelle di 1000 m² ciascuna, con rotazioni di colture verine e primaverili (il terreno è a tessitura franco argillosa sabbiosa e la pendenza è dell'11%). Le lavorazioni del terreno sono state eseguite nelle tre parcelle rispettivamente in traverso, in obliquo e a rittochino. In questo lavoro oltre alla caratterizzazione della porosità su sezioni sottili di terreno, sono stati misurati, in relazione agli eventi piovosi, i deflussi torbidi da ogni parcella.

Per quanto riguarda il confronto fra lavorazioni ridotte e aratura tradizionale i dati riportati sono relativi a ricerche svolte in un Vertisuolo collinare (Typic Chromoxerert), situato nell'azienda sperimentale "Pietranera" dell'Università di Palermo (Lo Cascio e Leto, 1982; Pagliai, 1987). L'esperimento è stato condotto su parcelle seminate a grano duro; la lavorazione minima è consistita in una erpicatura ad una profondità di 5 cm, l'aratura è stata eseguita a 35 cm di profondità.

Esperimenti volti sempre al confronto fra le lavorazioni minime e quelle tradizionali, in un suolo a tessitura argillosa svi-

luppato sulle argille lacustri del Pliocene (Typic Udorthent), sono stati svolti presso il Centro Sperimentale di Fagna (FI) dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo (Pagliai e Pezzarossa, 1990). La lavorazione ridotta è stata effettuata con un coltivatore rotativo a 5 cm di profondità, l'aratura a 30 cm. La porosità è stata caratterizzata lungo tutto il profilo colturale fino a 40 cm di profondità, in entrambe le tesi.

Negli ambienti collinari dove sono presenti le coltivazioni arboree e in particolare i vigneti va diffondendosi sempre più, specialmente nell'Italia Centrosettentrionale, la pratica dell'inerbimento sia spontaneo che artificiale in luogo delle tradizionali lavorazioni. Le ricerche, volte a valutare questa tecnica di gestione del suolo, sono state condotte su un terreno franco argilloso investito a vigneto dell'Azienda Agricola Vignale (Radda in Chianti - Siena) (Pagliai et al., 1993). Le diverse tecniche colturali messe a confronto sono state: la lavorazione tradizionale, la non lavorazione con diserbo totale, l'inerbimento naturale e l'inerbimento artificiale con *Festuca arundinacea*.

Risultati e discussione

Per ciò che concerne gli effetti di diverse direzioni di lavorazione eseguite sui terreni in pendio nel Bolognese, le lavorazioni a rittochino provocano un'erosione quasi doppia rispetto alle lavorazioni in traverso e in obliquo ed anche la granulometria del materiale eroso mostra rilevanti differenze fra le diverse direzioni di lavorazione (Tab. 1). Dato che la tessitura non mostrava apprezzabili differenze in tutto il campo sperimentale, è da sottolineare come nel suolo lavorato a rittochino il ruscellamento superficiale sia capace di trasportare materiale grossolano anche in caso di piogge di bassa intensità come quelle del periodo considerato. Nel suolo interessato dalle altre due direzioni di lavorazione la più alta percentuale di particelle argillose e, per contro, la bassa percentuale di sabbia sembra indicare una più bassa intensità di trasporto del ruscellamento superficiale (Meyer, 1985). L'esame microscopico delle sezioni sottili mostra uno strato superficiale più compatto nel suolo lavorato a rittochino, evidenziando una struttura tendente al lamellare, cioè con i pori allungati orientati parallelamente alla superficie. Questa situazione è responsabile della riduzione dell'infiltrazione dell'acqua e del conseguente aumento dell'erosione del suolo.

Tab. 1 - Quantità di terreno asportato per erosione e granulometria del materiale eroso (Modificato da Rossi Pisa et al., 1986).

Tab. 1 - *Soil loss by erosion and texture of the eroded material* (Modified from Rossi Pisa et al., 1986).

	Direzione delle lavorazioni		
	In trasverso	In obliquo	A rittochino
Pioggia (mm)	580,6	580,6	580,6
Materiale eroso (t/ha/anno)	0,17	0,21	0,32
<i>Granulometria</i>			
Sabbia (%)	17,7	24,5	45,4
Limo (%)	6,8	2,0	11,4
Argilla (%)	75,5	72,5	43,2

Molti degli esperimenti riportati nella letteratura nazionale e internazionale (Romkens et al., 1973; McGregor e Greer, 1982; Pagliai et al., 1989, 1995; Bradford e Huang, 1994) evidenziano come l'introduzione di lavorazioni ridotte migliori le qualità fisiche del suolo. La Fig. 1 mostra un esempio di variazioni di porosità nel Vertisuolo della Sicilia interessato da lavorazione minima in confronto alla tradizionale aratura. La porosità totale, misurata con l'analizzatore di immagine su sezioni sottili di terreno, non mostra differenze significative fra i due tipi di lavorazione, ma la proporzione dei pori allungati compresi fra 50 e 500 μm , detti di trasmissione perché consentono i movimenti dell'acqua e la crescita delle radici e considerati i più importanti per il mantenimento di buone condizioni strutturali (Greenland, 1977), è più alta nel terreno interessato da lavorazione minima (Pagliai, 1987). La migliore distribuzione del sistema dei pori, in quest'ultima situazione, oltre a migliorare il tipo di struttura, che appare di tipo poliedrico subangolare in maniera omogenea lungo il profilo, può migliorare anche le proprietà biologiche e biochimiche del suolo. Sequi et al. (1985), Pagliai e De Nobili (1993) e Giusquiani et al. (1995) hanno dimostrato che esiste una positiva correlazione fra il suddetto tipo di pori e le attività enzimatiche del suolo. La minore quantità di pori allungati di trasmissione nel suolo lavorato convenzionalmente, e soprattutto la riduzione di continuità di questi pori, è sempre associata ad una minore stabilità degli aggregati rispetto al suolo interessato da lavorazioni minime. Ciò porta, in seguito all'azione battente delle

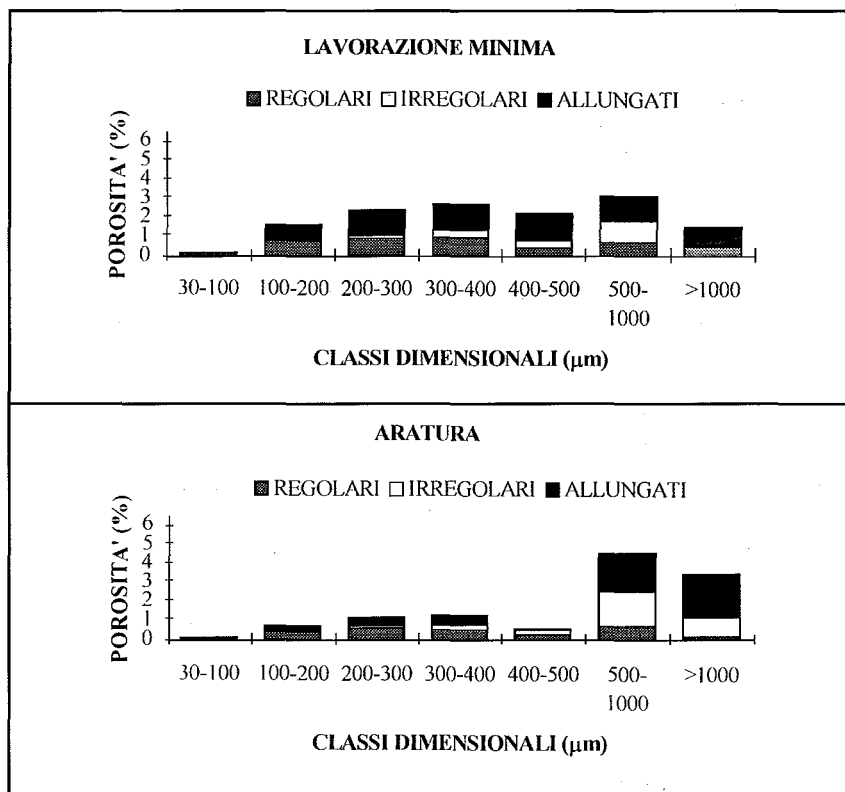


Fig. 1 - Distribuzione dimensionale dei pori maggiori di 50 µm nello strato superficiale (0-10 cm) di un suolo franco argilloso sottoposto a differenti tipi di lavorazioni.

Fig. 1 - Shape and size distribution of pores larger than 50 µm in the surface layer (0-10 cm) of a clay loam soil under different types of tillage.

piogge, alla formazione di una crosta superficiale la quale riduce fortemente l'infiltrazione dell'acqua, aumentando così il ruscellamento superficiale e quindi i rischi erosivi (Pagliai et al., 1995).

I risultati positivi, in termini di impatto ambientale, ottenuti con l'introduzione delle lavorazioni ridotte non possono essere generalizzati a tutti gli ambienti pedologici (Toderi e Bonari, 1986a,b). Ad esempio, i suoli sviluppati sulle argille marine o lacustri del Pliocene, molto diffusi nell'ambiente collinare dell'Italia Centrale, mal si adattano alle lavorazioni ridotte. Infatti, gli esperimenti condotti nel Mugello (Centro Sperimentale di Fa-

gna - FI) hanno evidenziato che nello strato superficiale (0-5 cm) la porosità non mostra differenze significative fra la tradizionale aratura e la lavorazione minima, ma negli strati sottostanti delle parcelle sottoposte a lavorazione ridotta, si assiste ad una sua progressiva diminuzione fino al raggiungimento di livelli molto bassi intorno ai 10-15 cm (Fig. 2). La formazione di uno strato compatto a tale profondità, oltre a creare effetti negativi sul naturale movimento dell'acqua nel terreno, ostacola anche lo sviluppo delle radici e quindi delle piante.

Per la protezione di questi suoli, estremamente vulnerabili e in molti casi già ampiamente degradati, è opportuno introdurre sistemi colturali che prevedano la presenza di prati poliennali. Il pascolamento può rappresentare una valida soluzione, purché non si ecceda con il carico di bestiame (Porqueddo e Ruggero, 1991; Raglione et al., 1990), in quanto è stato dimostrato che il

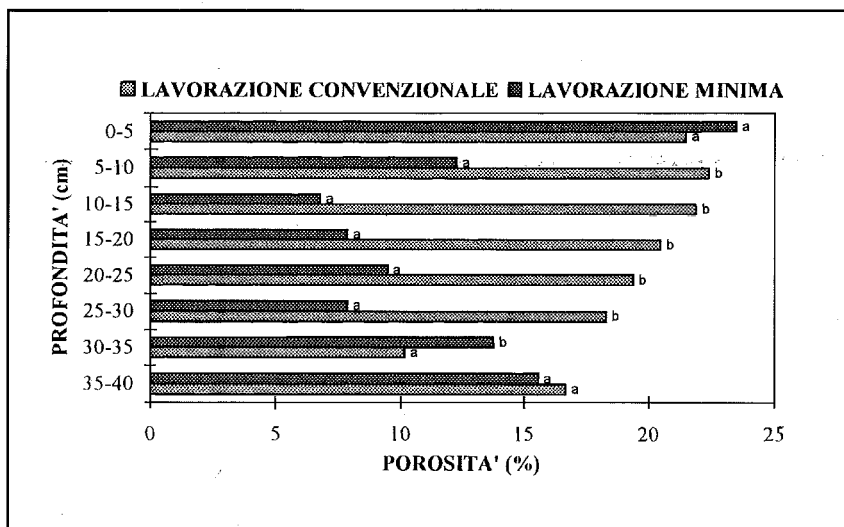


Fig. 2 - Effetti di due modalità di lavorazioni sulla porosità di un suolo argilloso, espressa come percentuale di area occupata dai pori maggiori di 50 μ m per sezione sottile. Media di sei ripetizioni. Entro ogni profondità i valori seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente differenti al livello del 5% impiegando il test di Duncan.

Fig. 2 - Effects of two tillage systems on the porosity of a clay soil, expressed as a percentage of area occupied by pores larger than 50 μ m per thin section. Mean of six replications. Within each depth values followed by the same letter are not significantly different at 5% level employing the Duncan's Multiple Range Test.

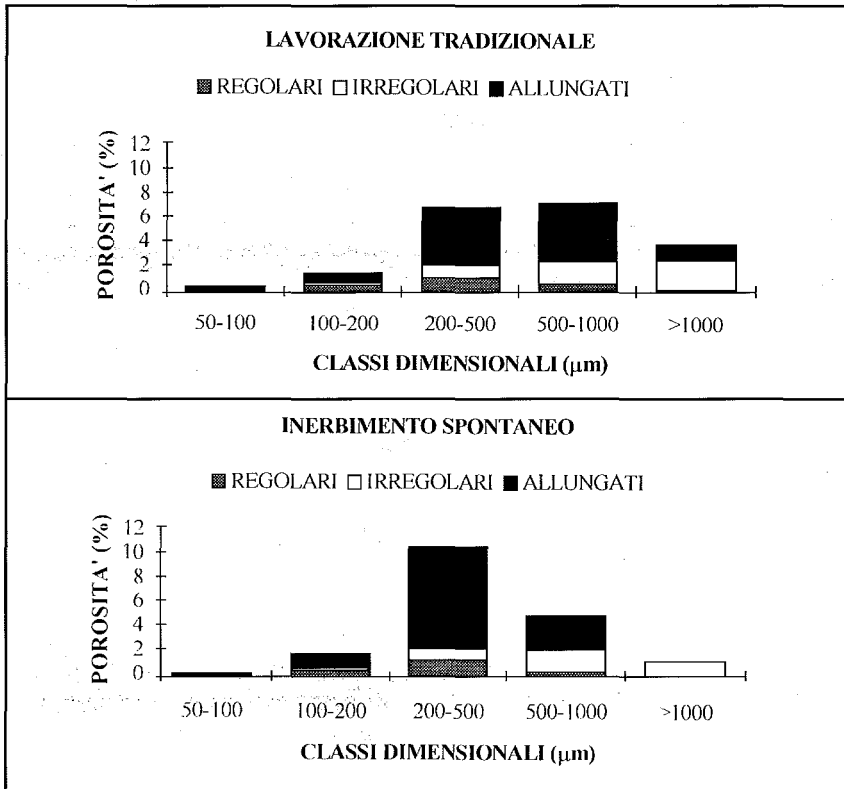


Fig. 3 - Distribuzione dimensionale dei pori maggiori di 50 µm nello strato superficiale (0-10 cm) di un suolo franco argilloso investito a vigneto e sottoposto a differenti modalità di gestione.

Fig. 3 - Shape and size distribution of pores larger than 50 µm in the surface layer (0-10 cm) of a clay loam soil in viticulture under different management practices.

calpestantamento può provocare fenomeni di degradazione riducendo la porosità e soprattutto la continuità dei pori, con riflessi negativi sull'infiltrazione dell'acqua e quindi sull'erosione. La variazione d'uso del suolo da coltivato a prato migliora senza dubbio la struttura e in particolare il sistema dei pori nel terreno (Pagliai et al., 1997): aumenta il numero dei pori di trasmissione e soprattutto aumenta la loro continuità, incrementando l'infiltrazione dell'acqua. Inoltre il cotico erboso protegge la superficie del suolo dall'azione battente delle piogge, con riduzione quindi della formazione di crosta superficiale e dei processi erosivi.

Le ricerche svolte nell'azienda viticola del Chianti, che mettevano a confronto diverse tecniche colturali, hanno dimostrato come l'inerbimento migliori le condizioni strutturali del terreno. Nella Fig. 3, in cui sono riportate le distribuzioni dimensionali dei pori, è evidente l'aumento percentuale dei pori di "trasmissione" (50-500 μm) rilevato nel terreno inerbito rispetto a quello lavorato tradizionalmente (Pagliai et al., 1993); questo, è noto, si riflette positivamente sui movimenti dell'acqua nel terreno, con conseguente riduzione dei rischi di erosione (Bazzoffi e Chisci, 1995). L'ottenimento di tali risultati è stato generalmente possibile senza penalizzare la produzione, in taluni casi è addirittura migliorata la qualità del prodotto. La scelta di essenze adeguate, con cicli vegetativi sfalsati rispetto alla coltura arborea in atto o che non entrino in forte competizione idrica con questa, ha permesso di estendere questa pratica anche in zone ove la disponibilità di acqua non è ottimale.

Conclusioni

Con la crescente sensibilità verso le problematiche di protezione delle risorse naturali non rinnovabili, quali appunto il suolo, l'obiettivo primario dell'attività agricola non è più solo ed esclusivamente quello produttivo ma bensì si va sempre più richiedendo a questa attività una funzione di protezione ambientale. Ciò è tanto più importante negli ambienti collinari ove i suoli sono più vulnerabili ai fenomeni degradativi. I risultati esposti evidenziano comunque che è possibile realizzare questo secondo obiettivo attraverso oculati cambiamenti nella gestione agronomica del territorio. L'introduzione di sistemi di lavorazione alternativi e, soprattutto, l'adozione di direzioni di lavorazione che escludono il rittochino, sono in grado di prevenire fenomeni di degradazione strutturale del terreno e, principalmente, di ridurre i rischi erosivi. La reintroduzione di rotazioni in cui si prevedono prati poliennali e il pascolamento possono consentire una gestione più idonea per la migliore salvaguardia dei territori fragili, così come l'inerbimento può migliorare le condizioni fisico-strutturali di molti suoli investiti a colture arboree.

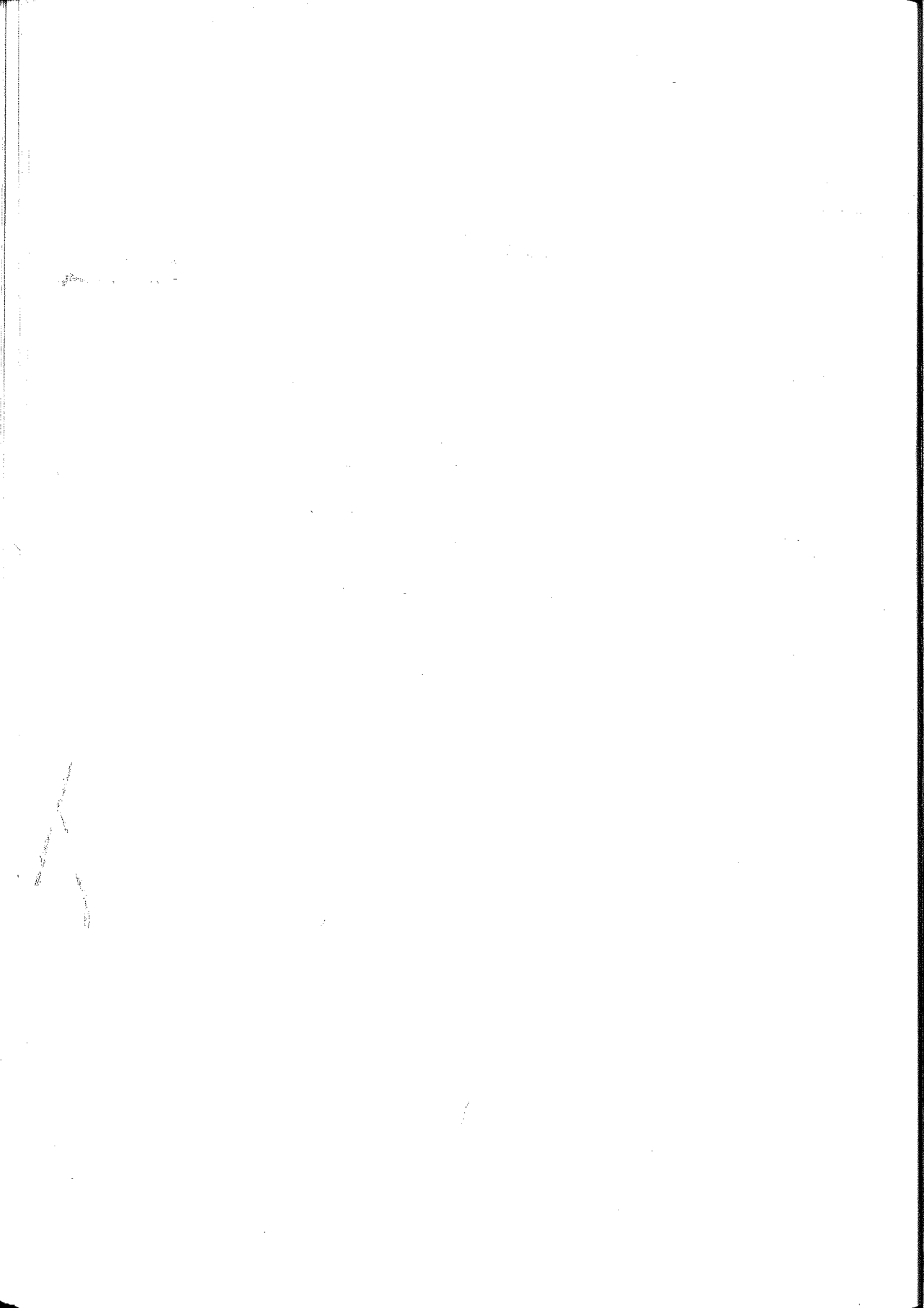
Per la valutazione di modelli di sistemi colturali compatibili con la protezione ambientale è indispensabile valutare l'impatto di tali sistemi sull'ambiente suolo attraverso la quantificazione di parametri quali la porosità del terreno, che rappresenta l'indica-

tore principale delle qualità strutturali e dell'insorgere di fenomeni di degradazione del suolo stesso. A questo riguardo le tecniche micromorfologiche e di analisi di immagine forniscono un utile contributo, consentendo di introdurre in modelli di previsione o di gestione, dati quantitativi fondamentali e non ottenibili con altri metodi di indagine.

BIBLIOGRAFIA

- 1) AUERSWALD K., MUTCHLER C.K., MCGREGOR K.C. (1994): *The influence of tillage-induced differences in surface moisture content on soil erosion*. Soil and Tillage Research, 32, 41-50.
- 2) BAZZOFFI P., CHISCI G. (1995): *Fruttiviteicoltura di collina, limitazione dell'erosione e dell'inquinamento*. Rischi idrologici ed erosivi. Agricoltura, 10, 34-36.
- 3) BRADFORD J.M., HUANG CH. (1994): *Interrill soil erosion affected by tillage and residue cover*. Soil and Tillage Research, 31, 353-361.
- 4) COTCHING W.E., ALLBROOK R.F., GIBBS H.S. (1979): *Influence of maize cropping on the structure of two soils in the Waikato district, New Zealand*. New Zealand Journal Agricultural Research, 22, 431-438.
- 5) GIUSQUIANI P.L., PAGLIAI M., GIGLIOTTI G., BUSINELLI D., BENETTI A. (1995): *Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties*. Journal of Environmental Quality, 24, 175-182.
- 6) GREENLAND D.J. (1977): *Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent?* Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 281, 193-208.
- 7) LO CASCIO B., LETO C. (1982): *Effetti di diverse modalità di preparazione del terreno sulle condizioni di accrescimento del frumento duro in due tipi pedologici*. Rivista di Agronomia, 2, 181-186.
- 8) MARKS M.J., SOANE G.C. (1987): *Crop and soil response to subsoil loosening, deep incorporation of phosphorus and potassium fertilizer and subsequent soil management on a range of soil types*. Part 1. Response of arable crops. Soil Use Management, 3, 115-122.
- 9) MCGREGOR K.C., GREER J.D. (1982): *Erosion control with no till and reduced till for silage and grain*. Transactions of ASAE, 25, 154-159.
- 10) MEYER L.D. (1985): *Interrill erosion rates and sediment characteristics*. In: Soil erosion and conservation, ed. El-Swaify S.A., Moldenhauer W.C. and Andrew Lo. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa.
- 11) MURPHY C.P. (1986): *Thin section preparation of soil and sediments*. A B Academic Publishers, Herts, pp. 149.
- 12) PAGLIAI M. (1987): *Effect of different management practices on soil structure and surface crusting*. Micromorphologie des sols- Soil Micromorphology, pp. 415-421.
- 13) PAGLIAI M., DE NOBILI M. (1993): *Relationships between soil porosity, root development and soil enzyme activity in cultivated soils*. Geoderma, 56, 243-256.
- 14) PAGLIAI M., PEZZAROSSA B. (1990): *Structure and porosity of silty clay and clay soils in relation to different management practices*. Agricoltura Mediterranea, 120, 110-116.

- 15) PAGLIAI M., LA MARCA M., LUCAMANTE G. (1983): *Micromorphometric and micro-morphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage*. Journal of Soil Science, 34, 391-403.
- 16) PAGLIAI M., LA MARCA M., LUCAMANTE G. (1993): *Effetti di differenti tecniche colturali della vite sulla porosità del terreno*. Giornata di Studio su "La ricerca sperimentale in corso per la Viticoltura in Toscana" - San Felice. pp. 99-101.
- 17) PAGLIAI M., LA MARCA M., LUCAMANTE G., GENOVESE L. (1984): *Effects of zero and conventional tillage on the length and irregularity of elongated pores in a clay loam soil under viticulture*. Soil Tillage Research, 4, 433-444.
- 18) PAGLIAI M., PEZZAROSSA B., MAZZONCINI M., BONARI E. (1989): *Effect of tillage on porosity and microstructure of a loam soil*. Soil Technology, 2, 345-358.
- 19) PAGLIAI M., RAGLIONE M., DE SIMONE C., D'EGIDIO G., MORANDI M. (1997): *Effects of continuous pasturing and tillage on soil structure and erosion*. Agricoltura Mediterranea, 127, 79-81.
- 20) PAGLIAI M., RAGLIONE M., PANINI T., MALETTA M., LA MARCA M. (1995): *The soil structure after ten years of conventional and minimum tillage of two Italian soils*. Soil and Tillage Research, 34, 209-223.
- 21) PORQUEDDU C., ROGGERO P.P. (1991): *Tecniche di miglioramento dei pascoli e fenomeni erosivi*. Atti convegno "La difesa del suolo in ambiente Mediterraneo". Cala Gonone, 12-14 Giugno 1991, pp. 141-158.
- 22) RAGLIONE M., DE SIMONE C., FRANZIA U. (1990): *Effetto del tipo di coticco erboso e del pascolamento sull'entità dell'erosione*. Agricoltura Ricerca, 107, 97-108.
- 23) RINGROSE-VOASE A.J., BULLOCK P. (1984): *The automatic recognition and measurement of soil pore types by image analysis and computer programs*. Journal of Soil Science, 35, 673-684.
- 24) ROMKENS M.J.M., NELSON D.W., D.W., MANNERING J.V. (1973): *Nitrogen and phosphorus composition of surface runoff as affected by tillage method*. Journal of Environmental Quality, 2, 292-295.
- 25) ROSSI PISA P., ARDIZZONI E., GASPARI N., PAGLIAI M. (1986): *Effetti di diverse direzioni di lavorazione su alcune caratteristiche fisiche di terreni in pendio*. Rivista di Agronomia, 20, 329-335.
- 26) SEQUI P., CERCIGNANI G., DE NOBILI M., PAGLIAI M. (1985): *A positive trend among two soil enzyme activities and a range of soil porosity under zero and conventional tillage*. Soil Biology and Biochemistry, 17, 255-256.
- 27) TODERI G., BONARI E. (1986a): *Lavorazioni del terreno: aspetti agronomici. I. Interazioni tra lavorazioni e terreno, clima, altre tecniche agronomiche*. Rivista di Agronomia, 20, 85-105.
- 28) TODERI G., BONARI E. (1986b): *Lavorazioni del terreno: aspetti agronomici. II. Interazioni tra lavorazioni e pianta coltivata*. Rivista di Agronomia, 20, 106-133.



CONTROLLO DELLA FUNZIONALITÀ BIOCHIMICA DI UN SUOLO ARGILLOSO MEDIANTE INTERVENTI "LIVING MULCH": STUDIO DI LABORATORIO

CECCANTI B., MASCIANDARO G.

CNR - Istituto per la Chimica del Terreno, Via Corridoni, 78 - 56125 PISA.

Riassunto

Un suolo argilloso collinare, della provincia di Pisa (Vicarello), è stato utilizzato, in condizioni controllate di laboratorio, per allestire prove sperimentali con sostanza organica stabilizzata (vermicompost). Il vermicompost è stato applicato al terreno in tre modi diversi: 1) stratificato insieme a lombrichi (*Eisenia foetida*); 2) stratificato e seminato (*Lepidum sativum*), e 3) incorporato direttamente nel terreno; i primi due sono stati definiti interventi "living mulch", perchè avvengono in presenza di organismi viventi (piante e lombrichi). Sono stati determinati parametri chimici, fisici e biochimici del terreno, al fine di trovare una relazione tra le attività enzimatiche (deidrogenasi, β -glucosidasi, proteasi-BAA), il metabolismo del C e dell'N ed alcune proprietà fisiche. Sono state trovate correlazioni statisticamente significative tra attività enzimatiche e rapporto delle forme solubili o totali di C e N; inoltre, è stata trovata una relazione tra i parametri biochimici e il crepacciamento superficiale del terreno. La strategia proposta ha implicazioni agronomiche relative al netto miglioramento della fertilità biochimica e delle condizioni fisiche del suolo argilloso, ed ecologiche per la presenza di azoto e carbonio solubili.

Parole chiave: vermicompost, living mulch, enzyme activities, soil cracking

Summary

Control of biochemical functionality of a clayey soil through "living mulch" practices: a laboratory study

A clayey soil, in Pisa Province (Vicarello) has been used in experiments using stabilised organic matter (vermicompost). Vermicompost has been

applied to soil in three methods: 1) stratified together with worms (*Eisenia foetida*), 2) stratified and seeded (*Lepidum sativum*), and 3) directly incorporated into the soil. The formers have been defined "living mulch" practices occurring in the presence of living organisms (plant and worms). Soil chemical, physical, and biochemical parameters, have been determined to find a relation between enzymatic activities (dehydrogenase, β -glucosidase, BAA-protease), C and N metabolism, and some physical properties. Statistically significant correlations have been found between enzymatic activities and ratios of soluble and total forms of C and N; in addition, a relation between biochemical parameters and soil surface cracking has been found. The proposed strategy is of agronomic relevance (due to the amelioration of biochemical and physical soil properties) and ecological implication (considering the release of soluble forms of C and N).

Introduzione

L'aggiunta di sostanza organica viene da tempo utilizzata nelle pratiche agronomiche per conservare o ripristinare la fertilità biochimica del terreno, e controllare i processi di erosione (Boyle et al., 1989). Lo spandimento sui terreni di sostanza organica fresca (fanghi di depurazione, acque di vegetazione, liquami agro-zootecnici, ecc.) è prevista da specifiche normative nazionali. Tuttavia, per gli interventi di recupero della fertilità e di miglioramento delle condizioni chimico-strutturali del terreno si utilizzano, preferenzialmente, residui organici stabilizzati e compostati, in quanto il rilascio di nutrienti da questi materiali avviene in modo regolare tale da soddisfare le richieste metaboliche di piante e microrganismi (Garcia et al. 1991) riducendo, contemporaneamente, i rischi di dilavamento e di inquinamento delle falde superficiali. Un intervento agronomico che prevede la stratificazione sui terreni di composti organici per regolare il flusso dei nutrienti principali e migliorare le condizioni chimico-strutturali del terreno, è la pratica classica del mulching (Lee et al., 1992). Composti organici stabilizzati (compost, vermicompost) potrebbero essere utilizzati nella pratica del mulching, in quanto sono ricchi in elementi nutritivi e sostanze umiche con proprietà biochimiche e fisiologiche (Edwards, 1981; Greene 1980).

L'obiettivo di questo lavoro è quello di studiare gli effetti del "living mulch" effettuato con vermicompost (substrato di crescita per i lombrichi), sulle caratteristiche chimico-nutrizionali e

strutturali del terreno e sulle sue proprietà biochimiche e funzionali. Gli esperimenti condotti su scala simulativa di laboratorio, sono stati definiti "living mulch" in quanto sono stati attuati in presenza di specie viventi, lombrichi (*Eisenia foetida*) e semi vegetali (*Lepidium sativum*).

Materiali e metodi

Materiali

Le caratteristiche del terreno e del vermicompost utilizzati per gli esperimenti di laboratorio, sono riportate in Tab. 1. Il vermicompost è stato preparato in scala-pilota di campo, da una miscela di fanghi biologici aerobi ed anaerobi (1:1) provenienti da un impianto per la depurazione di acque reflue civili ed industriali (acque di cartiera). Il processo di vermicompostaggio, condotto per circa 8 mesi, è stato operato da lombrichi della specie *Eisenia foetida* (5Kg di lombrichi/m³ di fango).

Tab. 1 - Caratteristiche del Terreno Vicarello e del Vermicompost (preparato da fanghi biologici).

Tab. 1 - Characteristics of Vicarello soil and of Vermicompost (from biological sludge).

		Terreno Vicarello	Vermicompost
pH		7,81	7,7
CE (Cond. El.)	dS m ⁻¹	0,20	4,9
C-Totale	g Kg ⁻¹	11	342
N-Totale	g Kg ⁻¹	3,03	20,2
C/N		3,63	17,1
DH	mg INTF Kg ⁻¹ h ⁻¹	1,75	15,6
Cl	mg Kg ⁻¹	-	107
NO ₂	mg Kg ⁻¹	-	78
NO ₃	mg Kg ⁻¹	7,17	2465
NH ₃	mg Kg ⁻¹	3,00	122
SO ₄	mg Kg ⁻¹	53,17	4086
Tessitura		argillo - limoso	-

Trattamenti

Il terreno Vicarello (1Kg) è stato sottoposto a diversi trattamenti con vermicompost (umidità 48%) nella dose del 6% (p/p), considerando anche il controllo:

1. **Trattamento VL:** "living mulch" realizzato con uno strato (circa 1 cm) di vermicompost sulla superficie del terreno + 30 lombrichi (*Eisenia foetida*);

2. **Trattamento VP:** "living mulch" realizzato con uno strato (circa 1 cm) di vermicompost sulla superficie del terreno + 5g semi di *Lepidium sativum*;

3. **Trattamento VS:** vermicompost incorporato nel terreno;

4. **Trattamento C:** terreno non trattato e non seminato (controllo).

Gli esperimenti sono stati condotti in laboratorio per 2 mesi in condizioni controllate di temperatura ($20 \pm 4^\circ\text{C}$) e umidità (60%). Le analisi sono state effettuate su campioni di terreno dopo aver rimosso il vermicompost dalla superficie, per i trattamenti VL e VP, e sulla miscela terreno-vermicompost per il trattamento VS. I campioni di terreno sono stati vagliati (<2mm) e conservati umidi a 4°C per le analisi biochimiche, o seccati a temperatura ambiente, per le analisi chimiche e fisiche.

Metodi

Il carbonio totale (C-tot), il carbonio estraibile in acqua (C-solubile) e l'azoto totale (N-tot), sono stati determinati, rispettivamente, con il metodo di ossidazione del bicromato (Yeomans e Bremner, 1988) ed il metodo Kjeldhal (Jackson, 1960). Per l'analisi degli anioni inorganici N-NO_2 , N-NO_3 , S-SO_4 , è stata utilizzata la tecnica della cromatografia ionica secondo il metodo riportato nel manuale DIONEX. Le forme di carbonio solubile in acqua e gli anioni inorganici sono stati determinati in un estratto acquoso (rapporto suolo/acqua 1:10, incubazione a 50°C per 1 ora sotto agitazione meccanica e centrifugazione a 15000 rpm per 15 min).

I metodi per la determinazione delle attività biochimiche sono stati già riportati da Garcia et al. (1993a) per la deidrogenasi (DH), da Garcia et al. (1993b) per la Proteasi-BAA, da Masciandaro et al. (1993) per la β -glucosidasi.

La misura fisica del crepacciamento superficiale e l'analisi delle classi dimensionali delle crepe sono state descritte dettagliatamente da Pagliai et al. (1980).

Risultati e discussione

Nella Tab. 2 sono riportati i valori dei parametri chimici e nutrizionali dei diversi trattamenti con vermicompost (VC) effettuati sul suolo argilloso Vicarello. Il carbonio organico totale (C-tot) è risultato superiore, per tutti i trattamenti, al terreno di controllo (Tab. 2), mostrando la concentrazione più alta nel trattamento in cui il vermicompost è stato incorporato nel terreno (VS). Lo stesso trattamento ha mostrato una concentrazione di azoto totale (N-tot) ed ammoniacale (N-NH₄) più elevato degli altri trattamenti, mentre concentrazioni uguali o superiori a quelle del controllo (C) sono state osservate per i trattamenti VL e VP (Tab. 2). Un indice di *nitrificazione* è stato individuato nel rapporto NO₃/NH₄; tale rapporto esprime la presenza di microambienti aerobici dovuti al trasporto di ossigeno attraverso l'azione dei lombrichi e l'attività delle radici. Il valore dell'indice NO₃/NH₄ diminuiva nell'ordine: VL > VP > VS > C. Il trattamento VP, pur favorendo la nitrificazione come il trattamento VL, garantiva l'assorbimento di nitrati da parte della pianta, tenendo così la loro concentrazione a livelli più bassi, meno critici dal punto di vista ecologico. Il trattamento VS, escludendo il terreno di controllo, presentava il più basso indice di nitrificazione, a causa della probabile presenza di condizioni anossiche dovute all'assenza di lombrichi, al consumo di ossigeno da parte della sostanza organica mescolata al terreno; in queste condizioni venivano favoriti i processi di denitrificazione.

Tab. 2 - Caratteristiche chimiche del terreno dopo i trattamenti (valori significativi con P < 0,05).

Tab. 2 - *Chemical characteristics of the soil after the treatments. Significant values at p < 5%.*

Terreno Vicarello	Sigle	pH	CE (dS m ⁻¹)	C-tot g kg ⁻¹	N-tot g kg ⁻¹	C/N	N-NH ₄ mg kg ⁻¹	N-NO ₃ mg kg ⁻¹	N-NO ₂ N-NH ₄
VC + <i>Lombrichi</i>	VL	7,73 ab	0,45 a	14,0 b	2,74 b	5,20 d	4,1 b	350 a	85,4 a
VC + <i>Pianta</i>	VP	7,60 b	0,39 b	14,5 b	2,66 b	5,45 c	3,0 c	180 b	60,0 b
VC <i>incorporato nel terreno</i>	VS	7,82 a	0,48 a	20,2 a	3,04 a	6,64 a	5,6 a	78,0 c	13,9 c
Terreno di controllo	C	7,81 a	0,23 c	11,7 c	2,10 c	5,57 b	3,0 c	30,0 d	10,0 c

La presenza di una maggiore quantità di sostanza organica nel terreno sottoposto al trattamento VS, si rifletteva in una alta concentrazione di composti idrosolubili del carbonio (carbonio idrosolubile) (Fig. 1). Il carbonio solubile è considerato un substrato energetico facilmente disponibili per l'attività dei microrganismi del terreno; infatti la deidrogenasi (DH), che esprime l'attività della biomassa microbica, è stata trovata più alta nel terreno sottoposto al trattamento VS (Fig. 2) che presentava la maggiore concentrazione di substrati energetici. Nei trattamenti "living mulch", il metabolismo microbico viene stimolato specialmente nelle fasi iniziali (Beloso et al., 1993). Si può, quindi, supporre che i sistemi VL e VP avevano utilizzato rapidamente, nelle fasi iniziali del processo, i substrati organici azotati formando NO_3 e producendo energia metabolica (liberando composti solubili del carbonio) per sostenere il metabolismo microbico del suolo. Pur garantendo la disponibilità dei nutrienti, i sistemi VL e VP presentavano un'attività deidrogenasica, espres-

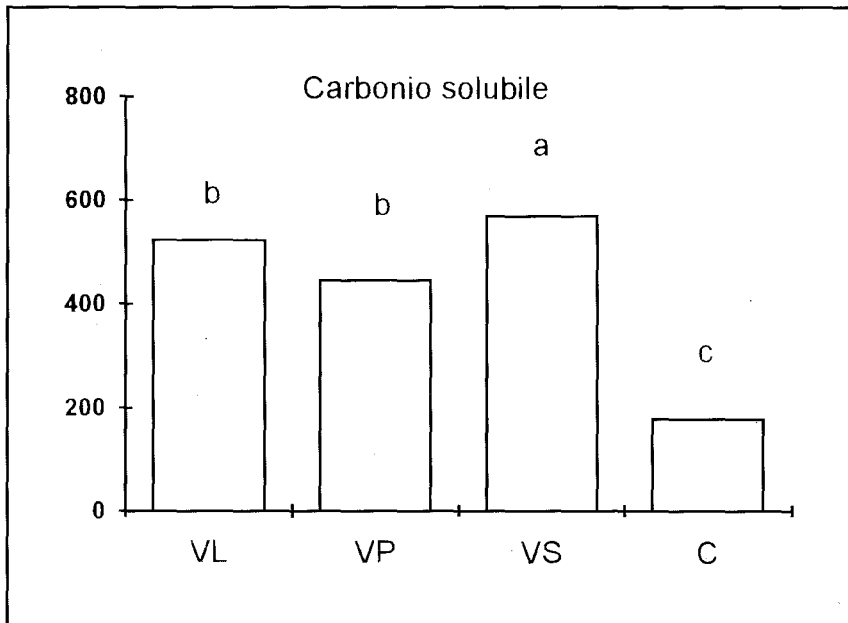


Fig. 1 - Carbonio solubile in acqua nel terreno Vicarello. Differenze significative $P < 0,05$. I trattamenti sulle ascisse corrispondono alle sigle riportate nelle tabelle.

Fig. 1 - Water soluble Carbon in Vicarello soil. Values significantly different at $p < 5\%$.

sione dell'attività microbica globale del suolo, più bassa rispetto al terreno di controllo (Fig. 2).

Le attività enzimatiche idrolitiche, la proteasi-BAA (enzima che catalizza una reazione del ciclo dell'N) e la β -glucosidasi (enzima che catalizza una reazione del ciclo del carbonio) mostravano, analogamente all'attività deidrogenasica, valori più alti nel terreno sottoposto al trattamento VS; la proteasi-BAA e la β -glucosidasi sono strettamente legate all'attività della biomassa microbica e alla disponibilità dei substrati organici metabolizzabili.

L'attività biologica del terreno indotta dal trattamento con sostanza organica aveva influenzato anche le sue caratteristiche fisiche; tutti i trattamenti (VL, VP, VS), infatti, avevano aumentato l'area superficiale crepacciata con la formazione di crepe di

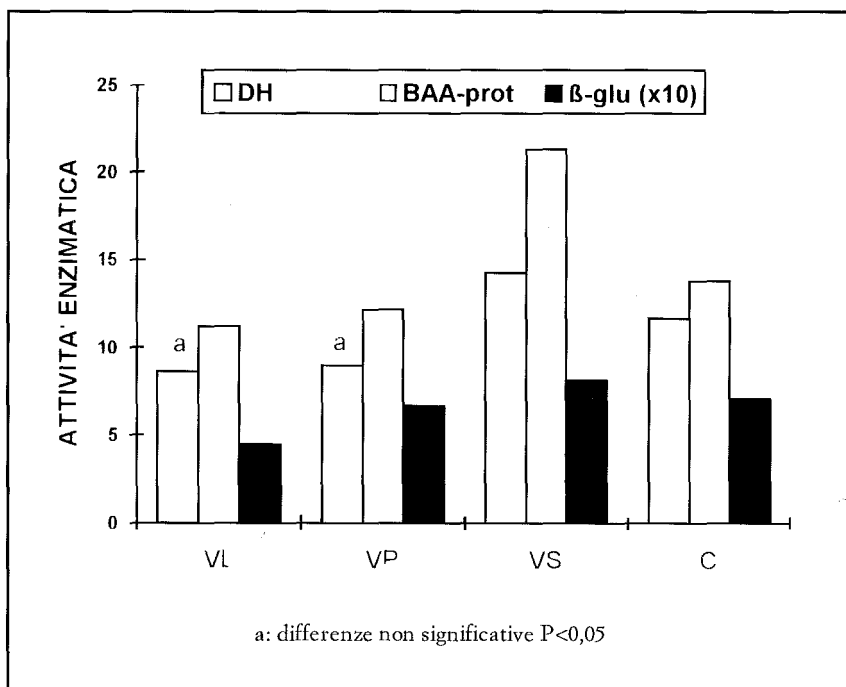


Fig. 2 - Attività enzimatiche dei terreni dopo i trattamenti. DH (deidrogenasi, $\mu\text{g INTF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), BAA-proteasi ($\mu\text{moli NH}_3 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), β -glucosidasi ($\mu\text{moli PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$). I trattamenti sulle ascisse corrispondono alle sigle riportate nelle tabelle.

Fig. 2 - Enzymatic activities of soil after the treatments. DH (dehydrogenase, $\mu\text{g INTF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), BAA-protease ($\mu\text{moli NH}_3 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), β -glucosidase ($\mu\text{moli PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

piccole e medie dimensioni ($\emptyset < 500 \mu\text{m}$ e $500-1000 \mu\text{m}$) (Tab. 3) che creano condizioni favorevoli per la circolazione di aria, acqua e nutrienti minerali, e rappresentano la sede dei fondamentali processi biochimici e microbiologici (Guidi et al., 1978; Pagliai et al., 1980). La relazione tra i processi metabolici del terreno e le sue proprietà strutturali è stata confermata dalla correlazione positiva tra le attività enzimatiche, la concentrazione di NH_4^+ , quella del C-sol, e le crepe di media classe dimensionale (Tab. 4) che rappresentano il micro-habitat della biomassa microbica. Inoltre, le attività idrolitiche (proteasi-BAA e β -glucosidasi) sono state trovate altamente correlate con l'attività deidrogenasica, indicando che l'origine di questi enzimi è principalmente di natura microbica (Ceccanti et al., 1994). La misura dell'attività di più enzimi, può considerarsi uno strumento utile per valutare l'attività microbiologica globale e per interpretare la risposta di un suolo alle diverse pratiche agronomiche (Nannipieri et al., 1990).

La risposta di un ecosistema-suolo ad interventi esterni è quindi prevalentemente legata ai parametri che esprimono la mineralizzazione dei composti organici e la disponibilità dei substrati energetici; tali parametri possono essere individuati nelle attività biochimiche e nei composti dell'N e del C, sia nelle forme totali, che nelle loro forme disponibili, come dimostrano le correlazioni positive e altamente significative tra i rapporti C/N totali e C/N solubili (C-sol/ $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) e le attività enzimatiche determinate (Tab. 5). Questa correlazione conferma che, anche in condizioni ricreate su microscala in laboratorio, il me-

Tab. 3 - Crepacciamento superficiale totale e classi dimensionali delle crepe (area %) (P < 0,05).

Tab. 3 - *Total surface cracking and cracks dimensional classes (area %). Significant values at p < 5%.*

Terreno Vicarello	Sigle	Crepe tot (area %)	< 500 μ (area %)	500-1000 μ (area %)	> 1000 μ (area %)
VC + <i>Lombrichi</i>	VL	17,03 a	6,22 a	10,5 a	0,31 b
VC + <i>Pianta</i>	VP	13,92 b	5,11 a	8,18 b	0,63 b
VC <i>incorporato nel terreno</i>	VS	17,62 a	4,17 b	12,6 a	0,28 b
Controllo	C	14,22b	4,00 b	8,12 b	2,10 a

Tab. 4 - Matrice di correlazione tra i diversi parametri determinati.

Tab. 4 - Correlation matrix between the measured parameters.

	C-Tot	N-Tot	NH ₄	NO ₃	C-sol	DH	Prot	β-glu	crepe	<500 **	500-1000 **	>1000 0 **
C-TOT	1,000											
N-TOT	-0,579	1,000										
NH ₄			1,000									
NO ₃	0,947	-0,755		1,000								
C-sol	0,627		0,741		1,000							
DH	-0,582	0,901	0,641	-0,760		1,000						
Prot-BAA		0,749	0,798	-0,587		0,949	1,000					
β-glu	-0,829	0,696		-0,908		0,843	0,793	1,000				
Crepe-Tot	0,532*		0,777		0,740				1,000			
<500 **	0,735	-0,615		0,817		-0,661	-0,529*	-0,739		1,000		
500-1000**			0,808		0,686	0,448*	0,602	0,456*	0,876		1,000	
>1000**	-0,593		-0,596	-0,565	-0,911				-0,611	-0,441*		1,000

I coefficienti di correlazione sono significativi con P<0,05.

* Valori significativi con 0,05<P<0,1; ** Dimensione delle crepe (µm).

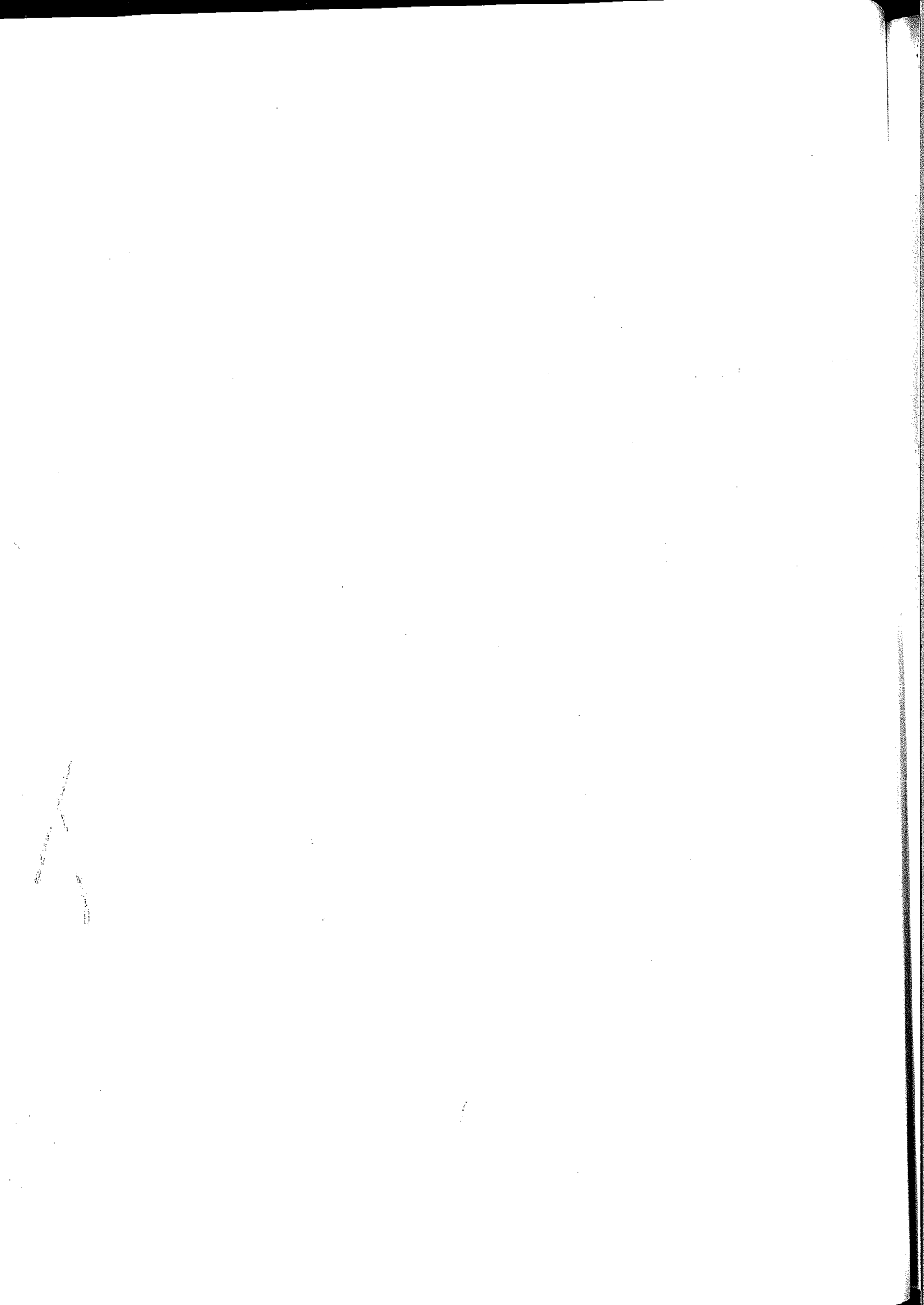
piccole e medie dimensioni ($\varnothing < 500 \mu\text{m}$ e $500-1000 \mu\text{m}$) (Tab. 3) che creano condizioni favorevoli per la circolazione di aria, acqua e nutrienti minerali, e rappresentano la sede dei fondamentali processi biochimici e microbiologici (Guidi et al., 1978; Pagliai et al., 1980). La relazione tra i processi metabolici del terreno e le sue proprietà strutturali è stata confermata dalla correlazione positiva tra le attività enzimatiche, la concentrazione di NH_4^+ , quella del C-sol, e le crepe di media classe dimensionale (Tab. 4) che rappresentano il micro-habitat della biomassa microbica. Inoltre, le attività idrolitiche (proteasi-BAA e β -glucosidasi) sono state trovate altamente correlate con l'attività deidrogenasica, indicando che l'origine di questi enzimi è principalmente di natura microbica (Ceccanti et al., 1994). La misura dell'attività di più enzimi, può considerarsi uno strumento utile per valutare l'attività microbiologica globale e per interpretare la risposta di un suolo alle diverse pratiche agronomiche (Nannipieri et al., 1990).

La risposta di un ecosistema-suolo ad interventi esterni è quindi prevalentemente legata ai parametri che esprimono la mineralizzazione dei composti organici e la disponibilità dei substrati energetici; tali parametri possono essere individuati nelle attività biochimiche e nei composti dell'N e del C, sia nelle forme totali, che nelle loro forme disponibili, come dimostrano le correlazioni positive e altamente significative tra i rapporti C/N totali e C/N solubili (C-sol/ $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) e le attività enzimatiche determinate (Tab. 5). Questa correlazione conferma che, anche in condizioni ricreate su microscala in laboratorio, il me-

Tab. 3 - Crepacciamento superficiale totale e classi dimensionali delle crepe (area %) ($P < 0,05$).

Tab. 3 - Total surface cracking and cracks dimensional classes (area %). Significant values at $p < 5\%$.

Terreno Vicarello	Sigle	Crepe tot (area %)	< 500 μ (area %)	500-1000 μ (area %)	> 1000 μ (area %)
VC + <i>Lombrichi</i>	VL	17,03 a	6,22 a	10,5 a	0,31 b
VC + <i>Pianta</i>	VP	13,92 b	5,11 a	8,18 b	0,63 b
VC incorporato nel terreno	VS	17,62 a	4,17 b	12,6 a	0,28 b
Controllo	C	14,22b	4,00 b	8,12 b	2,10 a



VI SESSIONE

GESTIONE DEI SUOLI E DEL TERRITORIO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5800 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

RECEIVED
JAN 15 1964

1964
JAN 15 1964

LO STUDIO DEI SUOLI NELL'AMBITO DELLA PIANIFICAZIONE D'UTILIZZO DEI PASCOLI: IL CASO DELLA VAL GEROLA

ROBERTO COMOLLI

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio - Università degli Studi di Milano

Riassunto

Un alpeggio della Val Gerola (Valtellina) è stato studiato al fine di redigere un piano di gestione del pascolo. L'alpeggio (Alpe Culino), esteso circa 130 ha, è utilizzato da bovini e caprini. Lo studio dei suoli è stato affiancato da altre indagini (clima, vegetazione, aspetti tecnico-economici).

Il processo di podzolizzazione è verosimilmente ancora in atto nelle porzioni superiori e medie dell'alpeggio, mentre alcuni dei *Podzols* rinvenuti sembrano essere suoli policiclici. Nelle parti basse dell'alpeggio, su pendenze moderate e substrato morenico, i suoli più diffusi (probabilmente suoli climax) sono *Umbri-Humic Cambisols*. Su materiali più grossolani (detrito di falda) i suoli tipici sono *Leptosols* e *Umbric Regosols*.

È stata redatta una carta dell'attitudine dei suoli al pascolo bovino, secondo la metodologia della Land Suitability. I caratteri presi in considerazione sono stati: pendenza, rocciosità e pietrosità, profondità del suolo, scheletro, tessitura, fertilità chimica, idromorfia, deficit idrico, rischio di erosione.

Il carico di bestiame effettivo è stato confrontato con le possibilità dell'alpeggio, anche in relazione ai possibili danni al suolo.

A conclusione del lavoro sono state individuate nove aree omogenee di pascolo, per le quali vengono proposti interventi di miglioramento: per quanto riguarda i suoli, si raccomanda un più corretto utilizzo di alcune aree e un miglioramento della fertilità chimica, che non può tuttavia prescindere dal confronto con le caratteristiche pedologiche.

Parole chiave: alpeggi, suoli di montagna, carte dei suoli, carte di attitudine al pascolo bovino.

Summary

Soil study in mountain pastures management planning: a case study from Val Gerola

A summer mountain pasture in Val Gerola (Valtellina) was studied to obtain a management plan. The pasture (Alpe Culino), about 130 hectares wide, is grazed by cattle and goats. Soil study was carried out together with other investigations (climate, vegetation, technical and economic aspects).

The podzolization process is active in the upper and middle part of the mountain pasture, but some *Podzols* seem polycyclic soils. In the lower part, with moderately steep slope and glacial till as parent material, the most widespread soils (probably climax soils) are *Umbri-Humic Cambisols*. Where parent material is coarser (talus) typical soils are *Leptosols* and *Umbric Regosols*.

A land suitability map for cattle pasture was obtained, taking into account slope, rockiness, stoniness, soil depth, rock fragments, texture, chemical fertility, redoximorphic features, water deficit, erosion risk.

The real livestock charge was compared with the pasture capabilities, considering also possible soil damages.

As a conclusion nine homogeneous pasture areas were defined, with the proposal of improvements: concerning soils, a better use of some areas and an amelioration of chemical fertility were recommended, without leaving apart pedological properties.

Key words: mountain pastures, mountain soils, soil maps, land suitability for cattle pasture.

Premessa

In alta Val Gerola, nel corso di uno studio commissionato dall'Azienda Regionale delle Foreste della Lombardia, è stato messo a punto un piano-modello di gestione del pascolo dell'Alpe Culino. La ricerca ha avuto carattere multidisciplinare e ha integrato le indagini sugli aspetti naturali (clima, suoli, vegetazione) con le analisi tecnico-economiche (conduzione dell'alpeggio, stato del cotico pascolivo, allevamento, infrastrutture). In questa nota si darà notizia, in particolare, delle metodologie adottate e dei risultati ottenuti nello studio dei suoli.

Descrizione dell'area

L'alpeggio oggetto di studio (Alpe Culino) si trova in Val Gerola, valle laterale della Valtellina che si dirama da questa

all'altezza di Morbegno, sul versante orobico. L'area, in comune di Rasura, fa parte del demanio regionale (Foresta di Val Gerola): su un totale di 564 ha, pascolo e incolto si estendono su 256 ha. La superficie che possiede un reale interesse per l'alpeggio è tuttavia molto più limitata: eliminate le parti rocciose, quelle a pendenze troppo sostenute e le superfici coperte da bosco o completamente cespugliate, rimangono soltanto circa 130 ha, utilizzati normalmente per il pascolo bovino o caprino. Questa è la superficie sulla quale sono state eseguite le indagini e per la quale vengono avanzate proposte di gestione e miglioramento.

Clima e pedoclima

Precipitazioni e temperature

Sono disponibili i dati pluviometrici di alcune stazioni al contorno dell'alpeggio: Morbegno (m 255), Gerola Alta (m 1.015), Trona (m 1.800) e Lago Inferno (m 2.332). Esiste un gradiente pluviometrico piuttosto marcato sul versante orobico della Valtellina, con precipitazioni via via più cospicue all'aumentare della quota. Sembra tuttavia improprio tentare di ottenere una regressione precipitazioni/quota che risulti utilizzabile per l'Alpe Culino, perché quest'ultimo si trova geograficamente spostato rispetto all'asse Morbegno-Lago Inferno, sul quale vengono a trovarsi tutte le stazioni. Si è pertanto deciso di attribuire all'alpeggio un valore medio di precipitazioni annuali, desunto dall'esame della carta delle isoiete medie annue della Valtellina occidentale (Borghi, 1992). La piovosità così stimata (1.650 mm/anno) è considerata, in prima approssimazione, valida per l'intero alpeggio, malgrado la differenza di quota fra le parti inferiori (1.520 m) e quelle superiori (oltre 2300 m): ciò in quanto la variabilità geografica del dato pluviometrico è da ritenersi piuttosto elevata, tale da sconsigliare la ricerca di una maggiore precisione.

Tramite confronto con la piovosità mensile della stazione di Gerola Alta (periodo 1921-50) è stata attuata una ripartizione del totale di precipitazione a livello mensile, ottenendo i valori mostrati in Tab. 1.

Per quanto riguarda la temperatura dell'aria, non esistono (fino ad anni recenti) stazioni di rilevamento interne all'area o prossime ad essa. Nella stima è tuttavia possibile utilizzare la buona relazione esistente fra quota e temperatura media: a que-

sto scopo sono state impiegate formule di regressione valide per l'intera Lombardia (Belloni & Pelfini, 1987), le quali tengono conto anche dell'esposizione del versante.

Per l'Alpe Culino le stime sono state applicate a due stazioni: Baita del Prato e Lago Culino (Tab. 1). La prima è ritenuta rappresentativa della parte bassa e media dell'alpeggio, con esposizione prevalente verso est; la seconda della parte alta, con esposizione prevalente a sud-est.

Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione di riferimento è stata calcolata tramite l'equazione empirica di Jensen & Haise, considerata molto valida per gli ambienti di montagna (Della Lucia & Fattorelli, 1979). Essa dà la possibilità (a differenza di altre formule empiriche di uso comune, quali quelle di Thornthwaite o di Blaney & Criddle) di prendere in esame anche il fattore radiativo: quest'ultimo è di estrema importanza in una situazione a topografia mossa (versanti con pendenze ed esposizioni diverse). L'entità

Tab. 1 - Dati climatici (precipitazioni, temperatura, evapotraspirazione) per l'area di studio.

Tab. 1 - Climatic data (precipitation, temperature, evapotranspiration) for the study area.

Mese	Precipitazioni (mm)	Temperatura (°C)		ET _o (mm)	
		Baita del Prato (m 1.720)	Lago Culino (m 1.960)	Baita del Prato (m 1.720)	Lago Culino (m 1.960)
Gennaio	50	-2.9	-3.6	0	0
Febbraio	53	-2.4	-3.3	2	0
Marzo	99	-0.3	-1.4	9	7
Aprile	144	2.3	1.0	26	23
Maggio	221	6.7	5.4	58	60
Giugno	156	10.4	9.1	91	98
Luglio	153	13.0	11.7	109	119
Agosto	165	12.6	11.4	94	103
Settembre	158	9.6	8.5	60	66
Ottobre	194	5.5	4.7	28	30
Novembre	183	1.0	0.2	9	8
Dicembre	74	-1.7	-2.2	2	2
Anno	1.650	4.5	3.5	487	514

dell'evapotraspirazione di riferimento si aggira sui 500 mm e risulta poco dissimile fra le varie parti dell'alpeggio (Tab. 1): infatti, alle quote inferiori la temperatura più elevata è controbilanciata dall'esposizione rivolta pienamente a est; alle quote superiori, alla temperatura più bassa si contrappone un'esposizione più meridionale.

Bilancio idrico dei suoli

Per ognuno dei suoli studiati è stato valutato il contenuto d'acqua disponibile per le piante (AWC): si è utilizzato il metodo empirico messo a punto dall'Ufficio pedologico della Regione Emilia-Romagna (Tarocco & Filippi, 1993). Il metodo si basa sulla stima del contenuto di scheletro e di sostanza organica e sulla determinazione della classe tessiturale di ogni orizzonte. La profondità scelta per i calcoli è variabile da un profilo all'altro: lo spessore considerato coincide nella gran parte dei casi con quello del *solum*. Per quanto riguarda l'AWC è possibile distinguere due tipologie fondamentali (semplificate):

- suoli sottili, di solito riposanti a debole profondità su roccia o detrito molto grossolano, con una AWC media di 30 mm;
- suoli moderatamente profondi, più evoluti, con una AWC media di 70 mm.

Per entrambe le situazioni climatiche fondamentali dell'alpeggio (Baita del Prato e Lago Culino), e per entrambe le tipologie di suolo suddette, si è proceduto al calcolo del bilancio idrico, eseguito con il classico metodo di Thornthwaite. Per passare da ETo (evapotraspirazione di riferimento) a ET (evapotraspirazione potenziale della vegetazione specifica) si è utilizzato, in mancanza di indicazioni specifiche, un coefficiente colturale (Kc) fisso per tutti i mesi dell'anno e pari a 1,0 (Doorembos & Pruitt, 1976). Si è inoltre attuata una riduzione delle precipitazioni reali, tenendo conto della piovosità efficace, la quale include anche una valutazione della mancata infiltrazione nel suolo connessa alla pendenza del versante.

Il deficit idrico è in generale molto limitato, più evidente nella stazione del Lago Culino che alla Baita del Prato; sulle esposizioni ripide esposte a meridione può invece assumere notevole importanza. Com'è ovvio, a parità delle altre condizioni i suoli con maggiore AWC sono quelli che meno risentono delle limitazioni idriche. Eventi siccitosi, con veri e propri danni al pascolo, vengono considerati attualmente, così come in epoca passata (Serpieri, 1904), piuttosto rari.

Regime di umidità e temperatura dei suoli

Il regime di umidità, valutato con il metodo grafico di Billaux (1978), risulta generalmente udico: non vi sono particolari limitazioni idriche per la crescita dei vegetali. Solo nelle stazioni esposte a sud, e su pendenze elevate, il regime di umidità potrebbe risultare al limite fra udico e ustico.

In suoli provvisti di orizzonti organici e non saturati con acqua durante l'estate, il regime di temperatura risulta frigido; è invece cryico nei suoli privi di orizzonti organici.

Geologia e geomorfologia

Dal punto di vista geologico, l'area dell'alpeggio giace sulle seguenti formazioni e depositi sciolti (Servizio Geologico d'Italia, 1970):

- **Gneiss di Morbegno:** gneiss biotitici a noduli di albite, granatiferi, talora staurolitici o sillimanitici. Si tratta di gneiss scuri, che si presentano in grossi banchi a tessitura zonata, separati da letti biotitici o quarzosi fortemente scistososi. Sono presenti in tutta l'area dell'alpeggio;

- **Gneiss quarzosi chiari a due niche:** sono gneiss occhiadini, caratterizzati da grosse vene irregolari di feldspato potassico; la giacitura è in bande che attraversano la formazione degli Gneiss di Morbegno, con passaggi mal delimitabili perché del tutto gradualità;

- **morenico post-würmiano:** ricopre le formazioni in posto laddove la pendenza non sia troppo elevata e gli agenti erosivi non abbiano provveduto ad asportarne i materiali costituenti (sabbie e sabbie limose inglobanti ciottoli e blocchi, anche di cospicue dimensioni);

- **detrito di falda:** occupa il piede delle pareti in roccia più ripide, ed è costituito da materiali grossolani, con scarsa o nulla matrice fine.

La parte alta dell'alpeggio è inserita in un piccolo circo glaciale (esteso fra le vette del Monte Rosetta e del Monte Comana), parzialmente smantellato dall'erosione e caratterizzato da fianchi ripidi quando non scoscesi, ricoperti in basso da falda di detrito. Il fondo del circo si abbassa, con gradini ben definiti e costituiti da altrettanti piccoli archi morenici, fin verso il Lago Culino. A monte di questi sbarramenti morenici possono rinvenirsi zone di ristagno idrico più o meno evidente (piccoli bacini

lacustri, acquitrini, torbiere). Più in basso l'area d'alpeggio occupa un versante con esposizione sud-est. La superficie pascolata principale continua invece un po' più a nord, andando a interessare il largo costone (a pendenza abbastanza uniforme ed esposizione piena verso est) che scende dalla Cima della Rosetta fino alle parti inferiori dell'alpeggio, sopra materiali (esclusi i settori più elevati) prevalentemente morenici.

Vegetazione

La vegetazione è stata studiata secondo due diversi approcci: fitosociologico e agronomico. Il punto d'incontro delle due metodologie è rappresentato dall'individuazione delle ecofacies. Queste si possono considerare sottounità della classica associazione fitosociologica: possiedono caratteristiche ecologiche a un buon livello di omogeneità e una vegetazione uniforme dal punto di vista sia qualitativo (elenco floristico) sia quantitativo (abbondanza relativa delle specie). Le ecofacies vengono indicate con il nome delle specie presenti a maggiore copertura.

Per ciascuna ecofacies sono stati calcolati il valore pastorale e il carico teorico medio di bestiame, secondo la metodologia in uso presso i pastoralisti francesi (Bornard, 1992).

Nell'area d'alpeggio sono state individuate dieci ecofacies, suddivisibili in due gruppi in relazione ai fattori che le influenzano maggiormente. Il primo gruppo si estende nella fascia bassa, fin verso i 1950 m di quota: l'azione dei fattori antropici è preponderante e si esplica tramite il pascolamento. A parità delle altre condizioni, l'intensità del carico di bestiame è decisiva per indirizzare l'evoluzione vegetazionale verso tipologie ben definite. Le ecofacies principali, più estese, sono: 1) *Nardus stricta* e *Festuca gr. rubra*; 2) *Deschampsia caespitosa* e *Polygonum bistorta*.

Nella prima ecofacies la presenza massiccia di nardo sta a indicare che è in atto un processo d'impoverimento e di acidificazione del suolo, dovuto a una prolungata fase di sottocaricamento: il bestiame fertilizza solo in misura limitata il cotico. Nella seconda ecofacies, invece, vi sono caratteristiche di umidità (connesse ai suoli e alla posizione morfologica) e di ricchezza in elementi nutritivi (legata alla presenza di strutture zootecniche, come le aree di mungitura, presso le quali il bestiame staziona più a lungo che altrove, favorendo così un'elevata restituzione della fertilità attraverso le deiezioni).

Il secondo gruppo di ecofacies caratterizza le parti superiori dell'alpeggio, periferiche e di uso zootecnico disagiata, ed è influenzato soprattutto da fattori ambientali. Le ecofacies più estese sono: 3) *Vaccinium gaultherioides* e *Nardus stricta*; 4) *Festuca varia* e *Carex sempervirens*; 5) *Rhododendron ferrugineum* e *Agrostis tenuis*. L'ecofacies a mirtillo e nardo deriva con ogni probabilità dall'abbandono di una precedente associazione a prateria; il varieto a carice è invece tipico dei pendii soleggiati e caldi, quindi è l'associazione climax dei versanti ripidi esposti a meridione; infine, l'ecofacies a rododendro e agrostide si trova a quote elevate e marginali per il pascolo, su pendenze ripide.

Assetto dell'alpe

Topografia

L'Alpe Culino si sviluppa su un notevole dislivello altimetrico: il limite inferiore è infatti a 1.520 m di quota, il superiore a 2.357 m (vetta del M. Rosetta). Il pascolo caprino si esercita fino alle quote più elevate, ma la fascia altitudinale che può essere ritenuta più importante per l'alpeggio va da 1.520 m a 2.100 m circa.

L'esposizione prevalente è verso est; tuttavia, i pendii ripidi che salgono al M. Rosetta sono esposti a nord-est; viceversa, il lungo costone fra M. Combana e Cima della Rosetta è orientato a sud-est.

Le pendenze, cartografate per classe in funzione dell'attitudine al pascolamento, evidenziano che circa un terzo della superficie è adatto al pascolo bovino adulto (0-40%); un terzo al pascolo bovino giovane (40-60%); il restante terzo può essere utilizzato da ovicaprini, oppure è inadatto al pascolo.

Pietrosità

Si possono distinguere aree da poco a molto pietrose: questo fatto è da mettere in relazione a fattori geologici e geomorfologici, soprattutto alla presenza di una falda di detrito, in gran parte ancora attiva. Sono da registrare importanti opere di spietramento, eseguite nel passato, che hanno permesso di recuperare una discreta superficie di pascolo: oggi i cumuli stanno tuttavia cedendo e il pietrame torna a spargersi sull'intera superficie, agevolato in ciò dall'azione delle valanghe. Le aree con roccia affiorante non hanno invece un'estensione molto significativa.

Cespugliamento

Il grado d'infestazione da arbusti è da considerare in rapporto all'intensità e al tipo del pascolamento: l'area a cespugliamento scarso o nullo è quella più utilizzata dal bestiame. Esiste in genere un aumento progressivo di arbusti con l'aumentare della quota: nelle parti più elevate il cespugliame (mirtilli e rododendro ferrugineo) forma copertura totale o quasi. Le parti di versante alto, esposte a sud e ripide, sono praticamente prive di infestanti: ciò è dovuto soprattutto all'associazione vegetale presente (varieto), di tipo molto chiuso.

Dissesti

L'alpeggio va soggetto a fenomeni degradativi connessi all'assetto strutturale dei versanti e ai processi erosivi. Come già evidenziato da Sfondrini (1992), l'Alpe Culino (caso unico nella Val Gerola) è interessata in varie zone da soliflusso: questo processo sarebbe legato all'acclività dei versanti, alla modesta permeabilità dei depositi di copertura (piuttosto ricchi di materiale fine), alla presenza di acqua, nonché al carico di bestiame (Greco, 1992), forse eccessivo e concentrato lungo piste preferenziali (esiste una notevole coincidenza fra aree interessate da soliflusso e aree più intensamente pascolate). In effetti, un'ampia superficie dell'alpeggio è sede di questo fenomeno, riconoscibile dall'aspetto «gradonato» che assume il cotico, dalla formazione di polisequenze pedologiche, dalla curvatura dei tronchi d'albero, oltre che dalla rottura degli orizzonti di superficie. Le porzioni di terreno soggette a soliflusso sono evidenziate anche da lacerazioni del cotico; le fessure, che si generano essenzialmente per trazione, tendono a seguire le curve di livello, proprio perché la trazione maggiore avviene lungo la linea di massima pendenza; in corrispondenza di queste lacerazioni si verifica un'accelerazione dell'erosione ad opera dei rivoli d'acqua, della neve, del vento e degli aghi di ghiaccio (Carton & Pelfini, 1988).

Infrastrutture

L'alpeggio è ben dotato quanto a viabilità d'accesso, mentre quella interna è inadeguata alle necessità. Sono presenti vari fabbricati, molti dei quali ristrutturati di recente. Nella parte bassa dell'alpe esiste un fabbricato utilizzato, con successo, come ristoro agriturismo. Il bestiame può servirsi di un discreto numero di abbeveratoi, che si giovano della ricchezza di sorgenti dell'alpe, connessa alla presenza delle coltri moreniche.

Allevamento

L'alpeggio è praticato all'incirca da metà giugno a metà settembre, per una durata complessiva di 85-90 giorni. Il carico è costituito da bovini da latte di razza per lo più Bruna (totale 100 UBA) e da un gregge di 130 capre Valgerola (26 UBA). Il carico attuale è comparabile a quello d'inizio secolo (Serpieri, 1904). Gli animali presenti in alpe sono piuttosto rustici e possiedono una scarsa produttività. Negli anni recenti, data la contrazione drastica dell'attività di allevamento nelle aree montane e di fondovalle, è diminuita anche l'intensità di sfruttamento zootecnico sulle aree di pascolo e di conseguenza il controllo pastorale sull'evoluzione naturale della flora.

Sul pascolo sono presenti numerosi fabbricati assai particolari, i «caléc», costituiti da un muretto a secco delimitante una superficie di pochi metri quadri, su cui viene disposto un telone che funge da tetto provvisorio nei giorni in cui la struttura viene impiegata (Bianchini, 1985); al loro interno avviene il processo di lavorazione del latte. La mandria, dopo aver utilizzato le aree di pascolo limitrofe al caléc, viene spostata in un'altra zona dove è presente un'analogo struttura. In questo sistema di gestione, pertanto, non è la mandria a raggiungere giornalmente il centro d'alpe per effettuare la mungitura, ma sono le stesse strutture che, in un certo senso, seguono la mandria.

Attualmente il personale d'alpe è costituito da 7-8 unità lavorative; il capo malga svolge anche la funzione di casaro.

Il carico di bestiame dell'alpeggio (valore medio) è di circa 1,2 UBA/ettaro, significativamente superiore a quello compatibile con la tipologia di cotico. In realtà, tuttavia, il pascolo coinvolge anche parte della superficie a lariceto (bosco rado, con una certa disponibilità foraggera): dedotto questo contributo, il valore di carico scende a 0,6-0,7 UBA/ettaro, in accordo con la disponibilità foraggera.

Il pascolo dell'Alpe Culino rientra nella zona di produzione tipica del Bitto, formaggio apprezzato e molto richiesto dal mercato.

Metodologia di studio

Lavori pedologici precedenti

L'area dell'alpeggio è stata recentemente rilevata, insieme a tutto il bacino del Torrente Bitto di Gerola, nell'ambito del pro-

getto EPOCH-RIVET, orientato allo studio della degradazione dei versanti in territori montani (Marchisio et al., 1992). La cartografia prodotta è in scala 1:25.000, ma il contenuto informativo è compatibile con la scala 1:50.000; le unità cartografiche sono quasi tutte consociazioni di suoli, a livello di serie o di fase di serie. I suoli più diffusi nell'area d'alpeggio sono *Dystric Cambisols*; sono inoltre descritti *Umbric Regosols* sui versanti più ripidi a falda di detrito; i *Cambic Podzols*, ben rappresentati sotto il bosco di conifere, sono individuati nel pascolo soltanto sul pendio che sale al Lago Culino.

Rilevamento pedologico

È stato condotto con i metodi normalmente utilizzati nello studio dei suoli di montagna: dopo una prima fase di analisi e interpretazione dei diversi fattori della pedogenesi (clima, substrato, geomorfologia, vegetazione), si è proceduto alla campagna di rilevamento. Le osservazioni sui suoli sono state eseguite tutte tramite piccoli scavi aperti a mano. Gli orizzonti pedologici sono stati descritti secondo le codifiche messe a punto da Sanesi (1977), con particolare riguardo a presenza e dimensione dello scheletro, tessitura, struttura, radici. Su alcuni orizzonti selezionati è stata inoltre valutata la reazione (pH in H₂O), nonché il grado di riduzione chimica per idromorfia (saggio al dipiridile). La profondità di osservazione si è dovuta adattare alle diverse situazioni incontrate: su materiali fini e poco scheletrici si è scesi di norma fino al substrato pedogenetico, mentre nei casi in cui l'approfondimento, a causa dell'elevata pietrosità, risultava molto difficoltoso, ci si è limitati a raggiungere, quando presente, l'orizzonte diagnostico di profondità.

Le osservazioni sono state classificate utilizzando il sistema tassonomico della Legenda FAO (FAO, Unesco & ISRIC, 1990), con integrazioni per quanto riguarda la nomenclatura di terzo livello.

In totale sono state eseguite circa 60 osservazioni pedologiche complete, integrate da un elevato numero di osservazioni non archiviate. La superficie dell'area di studio è pari a circa 130 ettari; assumendo come minima unità cartografabile 0,25 cm² e ponendo pari a 8-9 il coefficiente di efficienza pedologica, si ricava (Boulaine, 1980) che la densità di rilevamento è adeguata per una scala cartografica di rappresentazione di 1:10.000.

Risultati

Tipologie pedologiche

La parte più intensamente utilizzata dell'alpeggio insiste sui materiali morenici. La presenza di un simile substrato conferisce ai suoli buone caratteristiche: essi sono di norma profondi, a tessitura abbastanza fine, con discreta capacità di ritenzione idrica. Viceversa, sui substrati a detrito di falda si generano suoli poco profondi, molto scheletrici, sciolti e con limitata AWC. In molti casi i substrati pedogenetici sono tuttavia rappresentati da detrito di falda e materiale morenico, frammisti in proporzioni variabili. Quasi assenti sono i suoli insediati direttamente su roccia: gli gneiss in questione sono infatti molto difficilmente alterabili. Segue l'elenco delle principali tipologie pedologiche presenti nell'alpeggio.

Dystric Leptosols: sono i suoli meno evoluti, caratterizzati dalla presenza di substrato roccioso a meno di 30 cm di profondità, oppure dall'estrema scarsità di terra fine e per converso dall'abbondanza di scheletro lungo tutto il profilo. Si formano su pendenze da forti a lievi, su un substrato detritico grossolano oppure su rocce in posto (spesso montonate). In superficie non si è ancora formato (oppure è stato asportato dall'erosione) un vero e proprio orizzonte umbrico. In alcune situazioni esistono indizi di formazione di un orizzonte cambico, che tuttavia non raggiunge un grado di sviluppo tale da poter classificare questi suoli come *Cambisols*. In altri casi l'orizzonte che si va formando è di tipo spodico, ma sempre troppo poco espresso (il colore, soprattutto, non è sufficientemente arrossato) per poter individuare un vero e proprio *Podzol*. Sono suoli molto sottili, con scheletro frequente o abbondante e tessitura franco-sabbiosa o sabbioso-franca.

Umbric Leptosols: anch'essi suoli poco evoluti, si differenziano dai precedenti perché possiedono in superficie un orizzonte umbrico. A volte sono chiaramente influenzati dall'azione antropica: si tratta allora di suoli che derivano da forti spietramenti o da riporti di materiale per ricavare superfici pascolabili, in aree per lo più interessate da presenza di materiali grossolani o blocchi. Sono molto sottili o sottili, con scheletro abbondante in superficie, molto abbondante in profondità, a tessitura per lo più sabbioso-franca, talora un po' più fine (franco-sabbiosa) in superficie.

Umbric Regosols: possiedono un vero e proprio epipedon umbrico e in alcuni casi presentano caratteri colluviali. Sono diffusi un po' dovunque, in situazioni ad elevata pendenza; il substrato è spesso detritico, talvolta schiettamente morenico. Sottili o moderatamente profondi, con scheletro comune o frequente in superficie; frequente in profondità; la tessitura è per lo più sabbioso-franca, ma a volte risulta un po' più fine (franco-sabbiosa).

Umbric-Humic Cambisols: sono *Cambisols* provvisti di un epipedon umbrico ben sviluppato. Si sviluppano su materiale morenico, per lo più nella parte bassa dell'alpeggio, su pendenze medie; il substrato può avere carattere colluviale. Si possono trovare anche, più raramente, su versanti coperti da detrito piuttosto fine, nelle parti sommitali dell'alpeggio. Moderatamente profondi, hanno scheletro comune o frequente in superficie, frequente in profondità; la tessitura è franco-sabbiosa (qualche volta sabbioso-franca in profondità); la reazione è fortemente acida (pH 5,3-5,5).

Cambic Podzols: suoli nei quali il processo di podzolizzazione è solo incipiente, senza la differenziazione completa di un orizzonte albico (eventualmente perso per erosione), o nei quali l'orizzonte spodico è poco sviluppato. L'epipedon è di tipo ochrico. Si trovano in stazioni a pendenza non troppo sostenuta, su substrato morenico. Sono suoli sottili, a scheletro frequente in superficie, abbondante in profondità; la tessitura può essere sia franco-sabbiosa sia sabbioso-franca; la reazione è fortemente acida (pH 5,1).

Umbric-Cambic Podzols: simili ai precedenti, ma con sviluppo di un epipedon umbrico; in alcune situazioni sono ben evidenti anche caratteri colluviali. Questi suoli, piuttosto diffusi nell'area, sono presenti soprattutto nella parte medio-bassa dell'alpeggio, su pendenze non elevatissime e substrati in maggioranza (ma non esclusivamente) morenici. Sono anche i suoli che si rinvencono con più frequenza nelle zone boscate al contorno del pascolo e in quelle a forte copertura di ericacee. Sono moderatamente profondi (di rado sottili), con scheletro comune in superficie, frequente (talora abbondante) in profondità; la tessitura è franco-sabbiosa in superficie, da franco-sabbiosa a sabbioso-franca in profondità.

Haplic Podzols: a differenza dei precedenti, conservano completamente l'impronta del processo di podzolizzazione: esiste sempre un orizzonte eluviale albico, seppure di spessore limitato (5-10 cm), al di sotto del quale si presenta un orizzonte

illuviale spodico, talvolta ben arrossato, ricco anche di sostanza organica (colore Munsell: da 5YR 3/3 a 8,5YR 2,5/3). Più in profondità compare un orizzonte ancora arrossato (colore Munsell circa 7,5YR 3/4), ma meno scuro (quindi con minor quantità di sostanza organica). In alcuni casi vi sono evidenti caratteri colluviali. Si trovano in aree a pendenza di vario grado, su substrato di norma morenico, talvolta però misto a detrito. Lo spessore è limitato; lo scheletro è comune o frequente in superficie; frequente o abbondante in profondità; la tessitura è a volte franco-sabbiosa, a volte sabbioso-franca; la reazione risulta fortemente acida (pH 5,3).

Cambi-Haplic Podzols: sono simili ai precedenti, ma nel profilo compare anche un orizzonte cambico, che si sovrappone all'albico e allo spodico. Sono suoli di norma disturbati, per motivi sia naturali (forti pendenze, caratteri colluviali) sia antropici (spietramenti, movimenti di terra); il substrato è di tipo morenico. Non molto diffusi, sono sottili, con scheletro comune in superficie, frequente in profondità; la tessitura è franco-sabbiosa.

Fibric Histosols: suoli localizzati in ristrette aree di torbiera nei pressi del Lago Culino. Hanno epipedon histico e sono in permanenza o quasi saturi d'acqua; nelle parti superiori prevalgono i materiali fibrici, mentre in profondità si passa generalmente a quelli hemici.

Oltre ai suoli citati sopra, sono stati individuati anche i seguenti (a limitata diffusione): *Dystric*, *Neocambi-Dystric*, *Gleyic-Umbric* e *Neocambi-Umbric Regosols*; *Dystric Fluvisols*; *Dystric e Umbric e Neocambi-Umbric*.

La distribuzione dei suoli dell'alpeggio è stata rappresentata in una cartografia pedologica in scala 1:5.000 (scala virtuale 1:10.000). Sono state evidenziate 15 unità cartografiche (10 coniazioni e 5 gruppi indifferenziati) il livello tassonomico raggiunto è di norma il terzo del sistema FAO.

A seguito dell'inquadramento tipologico e cartografico si possono formulare le seguenti considerazioni sui suoli e sul loro adattamento all'ambiente:

- sui materiali più fini (morenico) i suoli mostrano, in modo più o meno accentuato, lo sviluppo del processo di podzolizzazione. Appare incerta la compatibilità di tale processo con le attuali condizioni climatiche e vegetazionali. Dall'analisi critica delle osservazioni pedologiche eseguite (si veda in particolare il frequente fenomeno dell'iscurimento degli orizzonti albici, con intergradati umbrico-albico od ochrico-albico: tale

Attitudine al pascolo con
La valutazione del territorio
classico esempio di Land
forma semplificata, ovvero
siche del territorio (operato
siderazioni di tipo economico
pare opportuna in un caso
ne affidato gli aspetti
rativi

illuviale spodico, talvolta ben arrossato, ricco anche di sostanza organica (colore Munsell: da 5YR 3/3 a 8,5YR 2,5/3). Più in profondità compare un orizzonte ancora arrossato (colore Munsell circa 7,5YR 3/4), ma meno scuro (quindi con minor quantità di sostanza organica). In alcuni casi vi sono evidenti caratteri colluviali. Si trovano in aree a pendenza di vario grado, su substrato di norma morenico, talvolta però misto a detrito. Lo spessore è limitato; lo scheletro è comune o frequente in superficie, frequente o abbondante in profondità; la tessitura è a volte franco-sabbiosa, a volte sabbioso-franca; la reazione risulta fortemente acida (pH 5,3).

Cambi-Haplic Podzols: sono simili ai precedenti, ma nel profilo compare anche un orizzonte cambico, che si sovrappone all'albico e allo spodico. Sono suoli di norma disturbati, per motivi sia naturali (forti pendenze, caratteri colluviali) sia antropici (spietramenti, movimenti di terra); il substrato è di tipo morenico. Non molto diffusi, sono sottili, con scheletro comune in superficie, frequente in profondità; la tessitura è franco-sabbiosa.

Fibric Histosols: suoli localizzati in ristrette aree di torbiera nei pressi del Lago Culino. Hanno epipedon histico e sono in permanenza o quasi saturi d'acqua; nelle parti superiori prevalgono i materiali fibrici, mentre in profondità si passa generalmente a quelli hemici.

Oltre ai suoli citati sopra, sono stati individuati anche i seguenti (a limitata diffusione): *Dystric*, *Neocambi-Dystric*, *Gleyi-Umbric* e *Neocambi-Umbric Regosols*; *Dystric Fluvisols*; *Dystric e Colluvi-Dystric Cambisols*.

La distribuzione dei suoli dell'alpeggio è stata rappresentata in una cartografia pedologica in scala 1:5.000 (scala virtuale 1:10.000). Sono state evidenziate 15 unità cartografiche (10 consociazioni e 5 gruppi indifferenziati) il livello tassonomico raggiunto è di norma il terzo del sistema FAO.

A seguito dell'inquadramento tipologico e cartografico si possono formulare le seguenti considerazioni sui suoli e sul loro adattamento all'ambiente:

- sui materiali più fini (morenico) i suoli mostrano, in modo più o meno accentuato, lo sviluppo del processo di podzolizzazione. Appare incerta la compatibilità di tale processo con le attuali condizioni climatiche e vegetazionali. Dall'analisi critica delle osservazioni pedologiche eseguite (si veda in particolare il frequente fenomeno dell'iscuremento degli orizzonti albici, con passaggio a intergradi umbrico-albico od ochrico-albico: tale

iscuremento è ben evidente soprattutto nel caso dei *bisequa*, nei quali l'orizzonte albico inferiore, più antico, è anche più chiaro rispetto a quello superiore, più recente), nonché dal confronto con dati di letteratura (D'Alessio & Previtoli, 1988; Previtoli, 1992; Assi et al., 1994), si può ipotizzare che nella situazione odierna in molti casi la podzolizzazione non sia più in atto. In effetti, lo sviluppo di tale processo richiede condizioni (elevata piovosità, vegetazione a conifere o ericacee) che non sono più presenti nell'area dell'alpeggio: pertanto, i *Podzols* rinvenuti possono essere, almeno in parte, considerati suoli policiclici (Duchaufour, 1983). Il processo di podzolizzazione è probabilmente ancora in atto nelle aree alte e (in misura più limitata) in quelle medie dell'alpeggio, potendo dare origine a suoli con sviluppo completo (*Haplic Podzols*), oppure incompleto (*Cambic Podzols*) delle caratteristiche spodiche;

- su materiali più grossolani (detrito di falda, anche poco stabilizzato) i suoli tipici sono *Umbric Regosols* e *Leptosols*: appaiono in buon equilibrio con l'ambiente, soprattutto nelle situazioni di forte pendenza, dove più intensa è l'azione di ringiovanimento del profilo;

- nelle porzioni inferiori dell'alpeggio (e, per converso, sui versanti prossimi alle aree sommitali) i suoli più diffusi sono *Umbri-Humic Cambisols*. Questi sembrano essere gli attuali suoli climax dell'area d'alpeggio, su pendenze non troppo elevate e substrato morenico. Altri suoli presenti in queste situazioni (*Dystric Regosols*, *Dystric Cambisols*), potrebbero evolvere nel tempo verso gli *Umbri-Humic Cambisols*;

- negli ambiti di torbiera i *Fibric Histosols* sono senz'altro in buon equilibrio con il loro peculiare ambiente.

Attitudine al pascolo con bovini

La valutazione dell'attitudine delle terre al pascolo è un classico esempio di Land Suitability (FAO, 1976), applicato in forma semplificata, ovvero tenendo conto delle caratteristiche fisiche del territorio (topografia, clima, suolo) e trascurando considerazioni di tipo economico e sociale. Questa semplificazione pare opportuna in un caso di studio di limitata estensione, nel quale inoltre gli aspetti economici sono vincolati (l'alpeggio viene affidato in gestione al miglior offerente; gli interventi migliorativi di tipo strutturale sono a carico dell'ente proprietario), mentre quelli sociali possono essere considerati impliciti (in pro-

spettiva più ampia sarebbe tuttavia interessante tenere conto dello spopolamento della montagna alpina e della difficoltà di trovare manodopera, soprattutto giovane, disponibile per l'attività pastorale, pur se ben remunerata). La valutazione, in tal modo, deve preoccuparsi soltanto degli aspetti tecnici relativi alla gestione del pascolo (pendenza, pietrosità), alla produzione di foraggio (caratteri pedologici e climatici) e alla degradazione del suolo (erosione, calpestamento).

Il sistema, come è noto, si basa su almeno tre categorie: ordine (S: adatto; N: non adatto), classe (S1, S2, S3, N1, N2: limitazioni crescenti da sinistra a destra), sottoclasse (tipi di limitazioni presenti). Nel caso in studio si sono considerate le seguenti limitazioni: deficit idrico (*d*), pericolo di erosione (*e*), eccessiva umidità per difficoltà di drenaggio (*w*), pendenza troppo elevata per il pascolamento (*p*), pietrosità o rocciosità superficiale (*r*), scarsa fertilità (*f*), limitata profondità del suolo (*s*), eccessiva quantità di scheletro (*k*), tessitura inadatta (*t*). La classe S1, per definizione, non possiede sottoclassi.

L'attribuzione di una classe di attitudine a un'unità cartografica della carta dei suoli è determinata dalla caratteristica che maggiormente ne limita l'uso, secondo lo schema originale mostrato in Tab. 2 (cfr. anche Aru et al., 1991).

Il concetto di fertilità chimica tiene in conto tipo e quantità di sostanza organica, capacità di scambio cationico, tasso di saturazione basica, reazione, dotazione in elementi nutritivi (quest'ultima valutabile anche in relazione all'intensità di pascolamento e alla restituzione di fertilità con le deiezioni animali).

La cartografia ottenuta mostra che:

- non esistono aree molto adatte al pascolo (S1);
- le aree adatte (S2), di limitata estensione, coincidono in gran parte con quelle dove già esistono strutture d'alpeggio e dove il bestiame sosta più a lungo per le operazioni di mungitura;
- le aree marginalmente adatte (S3) coprono la maggior parte dell'alpeggio: quasi tutto il versante orientale di Cima della Rosetta; le aree a valle del Lago Culino; l'anfiteatro a monte dello stesso;
- le aree temporaneamente inadatte (N1) occupano le zone palustri, nonché le parti alte dell'alpeggio presso Cima della Rosetta e la massa di detrito del circo glaciale sopra il Lago Culino;
- le aree permanentemente inadatte (N2) si trovano sul versante meridionale di Cima della Rosetta e su quello nord-orientale del Monte Rosetta.

Tab. 2 - Schema di riferimento per la determinazione del grado di attitudine delle terre al pascolo bovino.

Tab. 2 - Reference table concerning land suitability for cattle pasture.

Caratteristiche	Sigla	S1 (molto adatto)	S2 (adatto)	S3 (marginalm. adatto)	N1 (tempor. inadatto)	N2 (perman. inadatto)
Pendenza (%)	p	0-20	20-40	40-60	60-80	>80
Roccosità-pietrosità (%)	r	0-10	10-30	30-60	60-80	>80
Profondità del suolo (cm)	s	>50	25-50	25-50	10-25	<10
Scheletro (%)	k	0-15	15-35	35-70	70-85	>85
Tessitura	t	F	FS, FL, FA, FLA, FSA	SF, AL, SA	S, A, L	
Fertilità chimica	f	ottima	buona	scarsa	molto scarsa	
Idromorfia	w	scarsa o nulla	moderata	forte	molto forte	
Deficit idrico	d	nullo	moderato	forte	molto forte	
Pericolo di erosione	e	nullo	moderato	forte	molto forte	estremo

Le limitazioni sono costituite per lo più dalle pendenze elevate e dalla forte pietrosità. Gli aspetti pedologici intervengono con l'idromorfia (zone palustri), lo spessore ridotto, l'abbondanza di scheletro, la tessitura inadatta, la scarsa fertilità e in alcuni casi il pericolo di erosione. L'unico parametro limitativo che non compare mai è il deficit idrico, che in alcune aree risulta significativo, ma che è mascherato da altri fattori maggiormente limitanti. Le superfici inadatte al pascolo (N) sono definite tali per limitazioni di pendenza e pietrosità, più raramente per spessore ridotto o pericolo di erosione: un risultato di questo genere è da mettere in relazione alle severe condizioni naturali dell'area di studio, che antepongono queste limitazioni ad altre più tipicamente pedologiche.

Va rimarcato che definire inadatta parte della superficie non implica che su di essa non debba venire esercitato il pascolo, ma solamente che si tratta di aree che per vari motivi non dovrebbero essere sottoposte a pratiche pseudo-migliorative (le quali comporterebbero difficoltà di esecuzione o pericoli per l'ambiente e non fornirebbero i risultati attesi). Resta inteso che sulle aree non idonee al pascolo bovino può comunque essere esercitato quello caprino, molto più adatto a situazioni marginali e di minore impatto sull'ambiente.

Considerazioni conclusive

A conclusione del lavoro, tramite l'incrocio delle informazioni climatiche, pedologiche, vegetazionali, agronomiche e di conduzione (Comolli, 1986), sono state individuate nove unità omogenee di pascolo, per le quali vengono consigliate pratiche di gestione e proposti interventi di miglioramento.

Per quanto riguarda i suoli, si raccomanda un più corretto utilizzo di alcune aree (tramite riduzione del carico) e un miglioramento della fertilità. Dal punto di vista chimico i suoli dell'alpeggio risultano quasi tutti fortemente o molto fortemente acidi. Sono pertanto molto desaturati, con un complesso di scambio dominato da alluminio e idrogeno: il livello di fertilità è scadente, almeno per quanto riguarda alcuni nutrienti (calcio, magnesio, potassio). La sostanza organica è di norma presente in buona quantità, ma la reazione molto acida ne inibisce la mineralizzazione, così che il terreno non mette a disposizione dei vegetali sufficienti quantità di azoto. L'unico elemento eventualmente presente a un certo livello di disponibilità è il fosforo, ma soltanto nelle aree molto pascolate (apporti da deiezioni animali): anch'esso, però, può venire bloccato nel suolo, in relazione alla presenza di ferro e alluminio e al pH molto basso.

In queste condizioni è evidente che un miglioramento, anche minimo, delle dotazioni nutritive dei suoli comporterebbe vantaggi per la vegetazione, da una parte aumentando la biomassa prodotta, dall'altra permettendo una selezione migliorativa delle specie presenti nel cotico, che potrebbe culminare in un cambiamento di ecofacies. Tuttavia, prima di cimentarsi nella scelta di una formula di concimazione, è opportuno riflettere su alcune considerazioni:

- esistono tipi di suolo che, per loro natura, non possono risentire favorevolmente degli interventi di concimazione: si tratta dei Podzols, suoli giunti a uno stadio di degradazione tale da necessitare, per mutarlo, di interventi così massicci da non essere consigliabili né dal punto di vista economico né, soprattutto, da quello ecologico (Trevisan & Dorioz, 1992). Questa considerazione è tuttavia valida soltanto nel caso in cui i Podzols siano in equilibrio con il proprio ambiente (climatico e vegetazionale); nei casi in cui, invece, le evidenze spodiche costituiscano soltanto una testimonianza di pedoclimi passati, è possibile che gli interventi di fertilizzazione (pur se di limitata entità) possano condurre a un miglioramento di fertilità del terreno e, di conseguenza, del pascolo;

- alcuni suoli hanno caratteristiche tali da sopportare scarse quantità di concime: si tratta di quelli molto sottili, o molto ricchi di scheletro, o con tessitura estremamente sciolta e limitata quantità di sostanza organica. In terreni di questo genere la capacità di trattenuta dei nutrienti (capacità di scambio cationico e anionico, ponderata sullo spessore utile) è molto scarsa, per cui le somministrazioni dovranno essere altrettanto limitate, in considerazione della fragilità dell'ambiente naturale montano;

- vi sono suoli che manifestano problemi di erosione o che potrebbero andarvi soggetti: il loro trattamento dovrebbe puntare a un rinfoltimento del cotico, ottenuto mediante trasemine e un'opportuna gestione della mandria; la fertilizzazione del terreno dovrà pertanto essere orientata a garantire una buona crescita delle essenze traseminate, più che ad aumentare la biomassa prodotta dal cotico;

- altri suoli, infine, hanno aspetti peculiari che ne sconsigliano la fertilizzazione: aree idromorfe, superfici molto pietrose, ad elevata pendenza, con cespugliamento troppo forte, ecc. Le aree molto acclivi e fortemente cespugliate, infatti, devono essere considerate al di fuori delle possibilità di utilizzo e di recupero. Riguardo alle aree idromorfe, si ritiene economicamente ed ecologicamente non proponibile una loro sistemazione con drenaggio. Le superfici fortemente pietrose potrebbero, in teoria, venire recuperate, ma l'operazione è da considerarsi economicamente non giustificabile; una fertilizzazione di queste aree si scontrerebbe inoltre con la necessità di procedere manualmente alla distribuzione, essendo non praticabili da mezzi meccanici.

La fertilizzazione dovrebbe essere di tipo minerale, comprendendo la distribuzione di concimi fisiologicamente basici ed eventualmente di correttivi, allo scopo d'innalzare il valore di reazione. I suoli dell'Alpe Culino dovrebbero reagire molto positivamente a queste somministrazioni, anche perché di norma il fattore idrico non è limitante, se non in aree che sono comunque esterne al perimetro di pascolo migliorabile.

Paradossalmente, uno degli svantaggi della concimazione minerale (soprattutto azotata) è che essa mette in grado il cotico di produrre una cospicua biomassa fresca, di norma nella prima parte della stagione; nella parte centrale e a fine stagione l'effetto non è invece così evidente, anche perché, di solito, le condizioni ambientali non sono altrettanto favorevoli come all'inizio (eventuale deficit idrico). Purtroppo, proprio perché prodotta

tutta contemporaneamente, questa maggior quantità di foraggio va in molti casi sprecata, non essendo il bestiame in grado di consumarla convenientemente. Sembra dunque opportuno suggerire una distribuzione di azoto molto limitata, destinata non a tutto l'alpeggio ma soltanto ad alcune aree: la concimazione azotata della porzione a quota inferiore, ad esempio, potrebbe portare a un anticipo della data di caricamento.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare il sig. Marco Barcella e il dr. Giorgio Zanatta per i rilievi sulla vegetazione e le considerazioni pastorali, nonché il prof. Franco Previtali per la rilettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ARU A., BALDACCINI P., LOJ G. (1991): *La marginalità dei suoli e la loro valutazione per il pascolo*, Documenti del territorio, 19: 62-71.
- 2) ASSI I., COMOLLI R., PREVITALI F. (1994): *Prime osservazioni sui suoli della Val Grosina (Sondrio)*, Natura Bresciana, 29: 97-122.
- 3) BELLONI S., PELFINI M. (1987): *Il gradiente termico in Lombardia*, Acqua-Aria, (4): 441-447.
- 4) BIANCHINI G. (1985): *Gli alpeggi della Val Tartano ieri e oggi*, Sondrio, Tip. Mitta, pp. 165.
- 5) BILLAUX P. (1978): *Estimation du 'régime hydrique' des sols au moyen des données climatiques. La méthode graphique: son utilisation dans le cadre de la Taxonomie américaine des sols*, Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 16 (3): 317-338.
- 6) BORGHI S. (1992): *Analisi climatologica del bacino pilota della Val Gerola, Workshop Territorio alpino: conoscere e prevenire*, Progetto EPOCH-RIVET, ERSAL, Milano, 16-17 novembre 1992, pp. 47-65.
- 7) BORNARD A. (ed.) (1992): *Typologie de la végétation des alpages laitiers des Alpes du nord*, Grenoble, Cemagref-Inerm.
- 8) BOULAIN J. (1980): *Pédologie appliquée*, Paris, Masson, pp. 220.
- 9) CARTON A., PELFINI M. (1988): *Forme del paesaggio d'alta montagna*, Bologna, Zanichelli, pp. 136.
- 10) COMOLLI R. (1986): *L'approccio ambientale nei piani di recupero e utilizzazione dei pascoli*, Atti del VII Convegno nazionale S.I.P.A.O.C. (Varese, 12-13 ottobre 1986), Milano, Azienda Regionale delle Foreste, pp. 63-71.
- 11) D'ALESSIO D., PREVITALI F. (1988): *I podzoli della Valle Camonica (Alpi meridionali bresciane)*, Natura Bresciana, 24: 47-73.
- 12) DELLA LUCIA D., FATTORELLI S. (1979): *L'evapotraspirazione potenziale nell'arco alpino orientale*, Padova, Facoltà di Agraria, pp. 27.
- 13) DOOREMBOS J., PRUITT W.O. (1976): *Les besoins en eau des cultures*, Bulletin d'irrigation et de drainage, n. 24, Roma, FAO, pp. 198.
- 14) DUCHAUFOR PH. (1983): *Pédogenèse et classification*, Paris, Masson, pp. 491.
- 15) FAO (1976): *Cadre pour l'évaluation des terres*, Bulletin pédologique de la FAO, 32, Rome, FAO, pp. 64.
- 16) FAO, UNESCO, ISRIC (1990): *FAO-Unesco Soil map of the world. Revised Legend*, World Soil Resources Report, n. 60, Roma, FAO, pp. 119.

- 17) GRECO T. (1992): *Influenza delle attività antropiche sui fenomeni erosivi: analisi della gestione dei pascoli nel bacino del Torrente Bitto*, Workshop Territorio alpino: conoscere e prevenire, Progetto EPOCH-RIVET, ERSAL, Milano, 16-17 novembre 1992, pp. 79-84.
- 18) MARCHISIO C., SBARBATI L., BENCIOLINI G., PELLE S. (1992): *I suoli del bacino del Torrente Bitto di Gerola*, Progetto EPOCH-RIVET, Milano, ERSAL, pp. 88.
- 19) PREVITALI F. (1992): *I suoli*. In: Previtali F., D'Alessio, D., Galli A., Tosi L., *I suoli, i paesaggi fisici, il dissesto idrogeologico in Val Camonica e in Val di Scalve (Alpi meridionali)*, Monografie di Natura Bresciana, 17: 7-42.
- 20) SANESI G. (1977): *Guida alla descrizione del suolo*, Firenze, C.N.R., pp. 157.
- 21) SERPIERI A. (1904): *I pascoli alpini della Valtellina e del Chiavennese*, Atti della commissione d'inchiesta sui pascoli alpini, volume I, fascicolo III, Milano.
- 22) SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1970): *Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000*, fogli 7 e 18 (Pizzo Bernina e Sondrio).
- 23) SFONDRINI G. (1992): *Considerazioni sullo stato attuale della stabilità dei versanti del bacino del Bitto di Gerola - Provincia di Sondrio*, Workshop Territorio alpino: conoscere e prevenire, Progetto EPOCH-RIVET, ERSAL, Milano, 16-17 novembre 1992, pp. 17-31.
- 24) TAROCCO P., FILIPPI N. (1993): *Manuale per il rilevamento e la descrizione dei suoli*, Bologna, Ufficio Pedologico Regione Emilia-Romagna,
- 25) TREVISAN D., DORIOZ J.M. (1992): *Couverture pédologique et surfaces fourragères de montagne*, Chambéry, SUACI Montagne Alpes du Nord.

L'USO INTEGRATO DELLE RISORSE SUOLO-ACQUA COME MEZZO DI DIFESA E VALORIZZAZIONE DEI TERRITORI MONTANI: UN ESEMPIO NELLA SARDEGNA CENTRALE

P. BALDACCINI¹, S. VACCA²

¹ Dipartimento Ingegneria del Territorio - Università di Sassari.

² Corso di Laurea in Scienze Ambientali - Università di Sassari, sede di Nuoro.

Riassunto

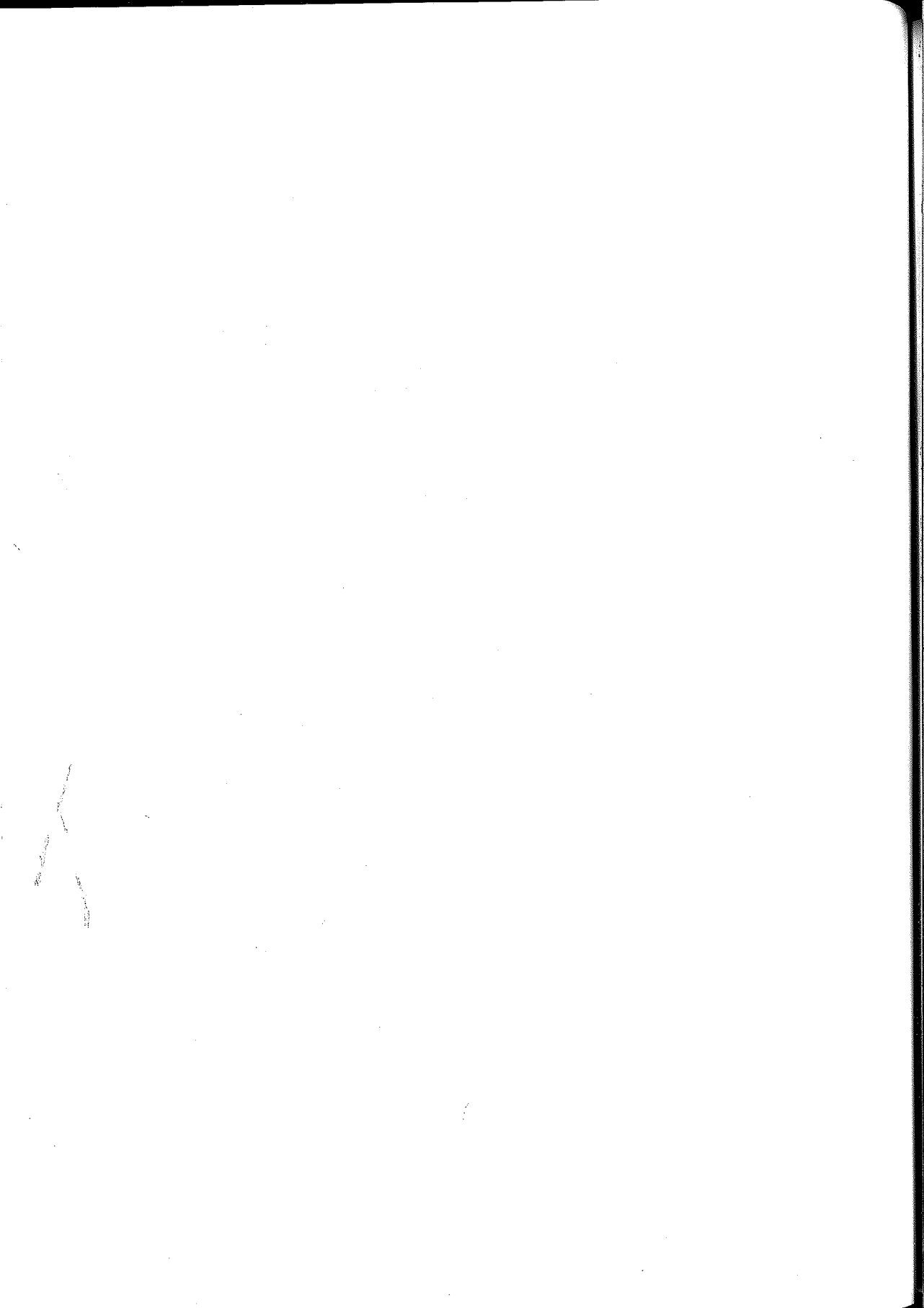
La Regione Sardegna si è dotata, sin dal 1987, di uno strumento per la pianificazione delle risorse idriche, noto come Piano Acque Sardegna. Tale studio prevedeva un'indagine sui fabbisogni idrici per l'irrigazione, sulla base della scelta delle aree irrigabili effettuata attraverso un apposito studio e valutazione dei suoli sull'intero territorio regionale.

Furono in tal modo selezionate superfici di ampiezza tale da giustificare, in termini economici, la realizzazione di infrastrutture di accumulo, trasporto e distribuzione, che rientrassero negli schemi idrici fondamentali del Piano delle Acque.

Da questa prima indagine sono state pertanto escluse le aree di minor ampiezza, isolate o decentrate, anche se risultavano idonee alla trasformazione irrigua.

Tali aree, data la conformazione geolitologica e orografica della Sardegna, sono invece numerose e distribuite prevalentemente nei territori collinari e montani. Una loro individuazione, delimitazione e valutazione, assieme ad indagini idrologiche ed idrogeologiche volte al reperimento in loco di risorse idriche, permette di risolvere vari problemi di carattere socio-economico ed ambientale ed in definitiva di tutelare la risorsa suolo.

In questo lavoro viene illustrato un esempio di indagine geologica e pedologica relativa alla fattibilità di trasformazione irrigua del territorio di una Comunità montana della Sardegna Centrale.



ANALISI GEOPEDOLOGICA E TERRITORIALE DI UN'AREA MINERARIA AURIFERA. INDICAZIONI E PROPOSTE DI SALVAGUARDIA E RIPRISTINO DEI SUOLI (FURTEI - SARDEGNA MERIDIONALE)

F. FANTOLA, S. LODDO, R. PUDDU, D. TOMASI

Riassunto

Viene presentato un lavoro realizzato nell'ambito dello "Studio Ambientale di Base, progetto Oro - Furtei" nell'area di concessione mineraria Santu Miali, commissionato dalla Sardinia Gold Mining S.p.A. in vista della realizzazione degli impianti di sfruttamento di un giacimento aurifero.

Sono state rilevate le caratteristiche e le proprietà dei suoli ricadenti all'interno della concessione, individuate attraverso un rilevamento di dettaglio in scala 1:5.000.

I suoli sono stati classificati secondo la "Soil Taxonomy" (U.S.D.A., sesta edizione, 1994); il livello tassonomico di riconoscimento adottato è stato quello di Famiglia.

I suoli classificati sono stati riuniti e cartografati in 12 grandi unità di paesaggio, caratterizzate dall'uniformità degli elementi litologici, morfologici, degli aspetti vegetazionali e dell'uso attuale del territorio; le particolari caratteristiche ambientali (profondità, pietrosità, grado di erosione, etc.) caratterizzanti ciascun gruppo di suoli sono state considerate, infine, come un ulteriore elemento discriminante per la loro distinzione in fasi e attribuzione a 19 unità cartografiche.

A ciascuna unità è stata inoltre attribuita una classe di capacità d'uso secondo lo schema di classificazione proposto da A. Aru nel 1982 per la Sardegna, e modificato per adeguarlo alle caratteristiche del territorio in esame.

L'analisi effettuata ha evidenziato che il territorio esaminato si trova in uno stato di degrado generalizzato, osservabile sia sulla vegetazione che sui suoli.

L'azione antropica ha inciso sul territorio soprattutto con le attività minerarie avviate già dagli anni trenta, di cui rimangono le estese aree di cava, i numerosi punti di assaggio, i molteplici siti di discarica.

La copertura vegetale è ridotta, residuo di una vegetazione ben più densa ed evoluta, testimoniata da lecci e sughere presenti nello sbocco a valle di alcuni impluvi ed in alcuni versanti esposti a nord. Il deterioramento è dovu-

to ai frequenti incendi e tagli a cui la vegetazione è stata soggetta nel passato per favorire l'attività pascoliva, effettuata in modo eccessivo rispetto alle potenzialità del territorio.

Dal punto di vista pedologico l'area è prevalentemente costituita da suoli appartenenti agli ordini degli Inceptisuoli e degli Entisuoli, con bassa classe di capacità d'uso e solo limitatamente sono presenti Vertisuoli ed Alfisuoli, di classe II e III.

Per quanto riguarda la gestione del territorio sono state fatte alcune considerazioni sulla base della suddivisione dell'area mineraria in tre posizioni:

- i siti di escavazione;
- il sito del bacino di stoccaggio;
- le aree non interessate dall'attività di cava.

In particolare per i siti di escavazione sono state indicate alcune modalità di gestione differenziate per tipologie pedologiche, in funzione di un riutilizzo dei suoli a cessazione dei lavori di sfruttamento minerario.

LA VALUTAZIONE DEL TERRITORIO COME BASE PER LA DIFESA DELLE AREE COLLINARI E MONTANE. UN ESEMPIO NELLA SARDEGNA CENTRO-SETTENTRIONALE

BALDACCINI PAOLO, MADRAU SALVATORE

Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Università degli Studi di Sassari

Riassunto

Gli autori hanno sottoposto alla valutazione per l'attitudine al miglioramento pascoli e al rimboschimento meccanizzato il territorio della A.F.D. Goceano - Monte Pisanu della regione Aut. della Sardegna.

Le metodologie utilizzate sono un adattamento ai due usi proposti ed alle condizioni geologiche e morfologiche regionali, del Framework for Land Evaluation della FAO.

La valutazione è stata eseguita utilizzando dei rilievi pedologici alla scala 1.25.000.

Nell'area sono state riconosciute 5 classi di attitudine al miglioramento pascoli e 4 classi di attitudine al rimboschimento meccanizzato. Per entrambi gli usi vi è una netta prevalenza di situazioni ascrivibili alle classi di attitudine da S3 a N2, ovvero da marginalmente adatte a permanentemente non adatte.

Parole chiave: Land Evaluation, rimboschimento, pascoli, Sardegna.

Summary

The Land Evaluation process: a tool for the conservation of hilly and mountain lands. An exemple in central - northern Sardinia

The authors have assessed the suitability to pasture improvement and mechanized reforestation of the Goceano - Monte Pisano state forests.

The methods used have been adapted from the FAO Framework for Land Evaluation to the two proposed land uses and to the regional geological and geomorphological conditions.

Land evaluation has been done using soil surveys at scale 1:25000.

Five suitability classes have been recognized for pasture improvements and four for mechanized reafforestation. For both land uses a predominance of classes from S3 to N2 have been found, namely from marginally suitable to permanently not suitable.

Key words: Land evaluation, forestry, extensive grazing, Sardinia.

Premessa

La difesa dei territori collinari e montani e di tutti gli ambienti considerati marginali, non può essere separata da una serie di interventi, iniziative o attività finalizzati ad una loro idonea utilizzazione e valorizzazione.

Questa considerazione presuppone la necessità di effettuare una scelta di usi possibili che da un lato siano in linea con le esigenze economiche e sociali delle popolazioni residenti o comunque interessate e, dall'altro, permettano la conservazione e la corretta gestione delle risorse naturali presenti nel territorio.

Questa scelta deve essere necessariamente preceduta dalla predisposizione di una serie di alternative d'uso possibili al fine di soddisfare e conciliare tali necessità.

Le metodologie di valutazione della capacità o suscettività d'uso del territorio, es. Agricultural Land Capability Classification, FAO Land Suitability, Irrigation Suitability Classification, ecc., utilizzano lo studio dei suoli e la cartografia pedologica come pesi fondamentali per i propri risultati.

Il pedologo quindi apporta un contributo fondamentale alla corretta gestione del territorio, sempre che i propri studi vengano realmente applicati ed utilizzati nella programmazione e progettazione degli interventi nel territorio, es. piani di sviluppo delle Comunità Montane, progetti ed interventi di miglioramento fondiario o di bonifica, piani paesaggistici, ecc.,

Ci è pertanto sembrato utile presentare un'indagine da noi effettuata su di un'area rappresentativa della Sardegna centro-settentrionale: l'Azienda Foreste Demaniali di Goceano - Monte Pisanu (SS).

Vogliamo subito evidenziare che lo scopo del nostro lavoro non è quello di presentare una novità metodologica ma, di fornire un esempio di come sia possibile proporre alle Amministrazioni locali delle indagini che siano uno strumento logico ed

obiettivo di discussione sulle scelte gestionali di un territorio soprattutto quando lo scopo principale è la conservazione delle risorse ambientali.

In Sardegna e nella area da noi studiata, si devono confrontare necessità ed esigenze sociali ed economiche legate a tipi di utilizzazione tra loro molto differenti:

- pastorizia tradizionale, diffusa in tutto in territorio regionale con pascolamento anche delle superfici boscate,
- presenza di una copertura forestale che, specie nelle aree demaniali, appare in condizioni ottimali di conservazione,
- presenza di aree di notevole valore naturalistico e paesaggistico, parchi regionali, boschi demaniali, ecc.
- forme iniziali di valorizzazione turistica delle aree interne.

Viene pertanto proposta una valutazione della attitudine per due usi, miglioramento pascoli e rimboschimento meccanizzato, che sono stati ritenuti, sulla base delle attuali politiche regionali e comunitarie di intervento nel settore agricolo, i più adatti per l'area in studio.

Le metodologie di valutazione sono derivate dal Framework for Land Evaluation (FAO, 1976). In entrambi i casi la valutazione si basa su caratteristiche fisiche del territorio. La non disponibilità o la incompletezza dei dati socio-economici disponibili ha imposto di non considerarli in questa fase dello studio.

Il territorio in studio

a) Ubicazione geografica

L'area in studio è rappresentata dalla Azienda Foreste Demaniali della Regione autonoma della Sardegna di Goceano - Monte Pisano.

L'Azienda ricade nelle tavolette IGM 193 II NE *Foresta Burgos*, 193 II SE *Badde Salighes*, 194 III SO *Bono* e 194 III NO *Bultei*. Interessa una superficie di 1.806 ha. di cui 1.342 in agro di Bono e 464 in agro di Bottida, entrambi in provincia di Sassari.

L'accessibilità è garantita da due provinciali la Bono-Ittireddu, e la Bono-Foresta Burgos.

L'area in studio è di proprietà demaniale da più di un secolo, la sua acquisizione fu resa possibile dalla applicazione della legge 4/3/1886 n. 3.713. Con l'istituzione della Regione Autonoma della Sardegna è entrata a far parte del patrimonio regionale.

L'area ricade nella regione storico geografica del Marghine-Goceano. Si tratta di una serie di rilievi che, innalzandosi bruscamente, chiudono a nord la media valle del Tirso. L'altitudine media dell'area è di circa 750 m s.l.m., la quota massima è rappresentata dai 1.258 m. di Monte Rasu che è la quota più alta della citata catena del Marghine.

b) *Caratteristiche geologiche*

Il complesso del Goceano-Marghine si presenta con una notevole variabilità geologica e morfologica, variabilità che contraddistingue anche la A.F.D. in studio.

Dal punto di vista litologico, nell'area sono presenti:

- filladi e quarziti del Paleozoico (Siluriano). Rappresentano la formazione più diffusa nell'area. Sono associate a lenti di anfiboliti con frequenti livelli di parascisti riconducibili a precedenti vulcaniti sia acide che basiche. Il colore di queste formazioni varia dal grigio lucente al verde-nero molto scuro. Sono distribuite in modo caotico all'interno della massa filladica delle filladi sericitiche e dei paragneiss a cristallinità varia, dalla grana minuta, spesso sfumanti in micascisti.

Tutta la massa metamorfica è attraversata da potenti filoni di quarzo che intersecano numerosi filoni di lamprofiri di colore scuro.

Le osservazioni stratigrafiche indicano chiaramente come il paragneiss si immerga al disotto della massa filladica separandola dai sottostanti strati di gneiss migmatitici.

- formazioni intrusive del ciclo magmatico ercinico del Carbonifero. Si tratta di una mescolanza confusa e molto fitta di micrograniti e dioriti quarzifere. Anche questa massa intrusiva è interessata dalla presenza di imponenti masse filoniane prevalentemente di quarzo e di lamprofiri.

Nell'area in studio interessa una superficie di pochi ha. nei pressi del confine meridionale.

- lave ed ignimbriti rioclitiche del ciclo eruttivo pre-Elveziano (Miocene)

La loro genesi è legata ad una serie di potenti colate che interessano ampie superfici sul lato occidentale della A.F.D. in studio e che, senza soluzione di continuità, si spingono verso la costa, da Bosa fino alla periferia di Alghero.

Disposti in strati suborizzontali, queste formazioni hanno una evidente struttura porfirica con grandi fenocristalli di pla-

gioclasti zonati spesso fortemente corrosi, con grado di compattezza variabile e colori dal rosa al bruno o al nero.

- basalti (Pliocene).

Si tratta di affioramenti di ampiezza variabile, da pochi ha. a qualche centinaio; il più ampio è quello di Su Pranu Mannu al confine tra Bono e Bonorva. Di potenza variabile da pochi metri a oltre 50, coprono le vulcaniti acide mioceniche che affiorano lungo i sottostanti versanti collinari. Questi basalti sono delle rocce scure, bollose e ricche di scorie in superficie, di colore dal bruno al rossastro e molte compatte all'interno della massa lavica.

- alluvioni (Olocene)

Si tratta di formazioni che interessano modeste superfici, quasi sempre non cartografabili, più o meno parallele ai principali corsi d'acqua dell'area. Si tratta di sedimenti grossolani, ciottoli e ghiaie e qualche blocco di quarziti, gneiss e filladi poco arrotondati e poco alterati, frammisti in modo caotico a materiale più fine in parte già pedogenizzato.

c) *Caratteristiche geomorfologiche*

La variabilità del substrato litologico favorisce la formazione di numerose regioni morfologiche. Questa differenziazione è un processo molto comune in ambiente mediterraneo dove è spesso favorito od accelerato da una intensa e prolungata nel tempo antropizzazione. Pertanto anche nell'area in studio è possibile riconoscere diversi paesaggi fondamentali, le cui caratteristiche possono essere così riassunte:

- paesaggi delle formazioni metamorfiche; sono caratterizzati dalla presenza di vaste aree dalle forme dolci ed arrotondate, dai versanti molto lunghi e regolari, incisi da un fitto reticolo idrografico. Dove prevalgono le quarziti e i filoni di quarzo il paesaggio diviene aspro ed accidentato e compare la roccia affiorante su ampi tratti della superficie.

- paesaggi delle formazioni intrusive del Carbonifero; sono caratterizzate da forme aspre ed accidentate per la presenza di ampi tratti di roccia affiorante o di filoni di quarzo più resistenti alla alterazione. La distribuzione caotica ed irregolare dei micrograniti e delle dioriti favorisce localmente la presenza di aree dalle forme più dolci.

- paesaggi delle rocce effusive acide; sono invece caratterizzati da rilievi dalle forme molto accentuate, quindi con penden-

ze elevate e pendii irregolari spesso raccordati con i diversi strati di vulcaniti. Ai piedi dei versanti sono frequenti aree dalla morfologia ondulata o debolmente ondulata interessate dalla presenza di depositi colluviali frammisti in varia misura a depositi alluvionali o incise dai corpi idrici.

- paesaggi delle rocce effusive basiche; si presentano sotto l'aspetto di tavolati pianeggianti o debolmente inclinati che terminano con ripidi orli di scarpata. L'erosione ha agito potentemente su queste superfici isolando in modo nettissimo i vari affioramenti.

All'interno delle colate basaltiche, la dove il drenaggio è rallentato o impedito da una micromorfologia depressa, durante la stagione umida si formano ampi specchi d'acqua poco profondi, detti "pauli". Questi corpi idrici sono, con il tempo, soggetti al riempimento con sedimenti argillosi molto fini.

d) *Caratteristiche climatiche*

Il clima della A.F.D. Goceano - Monte Pisanu è stato esaurientemente descritto da Piras F. (1993, Tesi di Laurea). In queste pagine ci limiteremo a riportare ed illustrare brevemente solo quei dati necessari per la corretta classificazione dei tipi pedologici studiati rinviando al testo citato per eventuali approfondimenti

I dati termopluviometrici utilizzati sono quelli della stazione di Monte Pisanu, 861 m s.l.m. e di Anela (A.F.D.), 1000 m s.l.m., pubblicati negli annali idrologici del Genio Civile.

Nella Tab. 1 e 2 sono riportati i bilanci idrologici secondo Thornthwaite C.W. e Mather J. R. (1957), per un valore di AWC pari a 100 mm. Nelle Figg. 1-2 se ne riporta lo sviluppo grafico. Il calcolo è stato eseguito con il programma Thorn4 di R. Rossetti (1987).

Gli stessi dati sono stati rielaborati con il programma NSM della Cornell University (1991), i cui risultati sono riassunti nella Tab. 3.

Entrambe le elaborazioni indicano per le due stazioni un regime di umidità del suolo di tipo ustico. Nei confronti del regime di temperatura dei suoli il programma NSM indica per la stazione di Monte Pisanu un regime di tipo termico, per quella di Anela di tipo mesico.

Questi dati sono in accordo con le ipotesi formulate da Aru A. et al, (1992b) e da Raimondi S. et al. (1995), che indicano un

Tab. 1 - Stazione di Anela. Bilancio idrico di un suolo per AWC pari a 100 mm.

Tab. 1 - *Anela meteorological station. Soil water balance for AWC = 100 mm.*

valori calcolati per il periodo 1951-85													
	Genn.	Febr.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Nev.	Dic.	Anno
T	4,20	4,10	5,70	8,00	13,00	17,20	20,30	20,50	16,80	11,50	7,60	5,50	11,20
P	129,00	127,00	112,00	101,00	65,00	43,00	36,00	46,00	64,00	82,00	119,00	116,00	1039,00
EP	12,30	11,80	21,80	35,40	71,10	100,40	124,60	117,20	81,20	47,50	24,90	16,40	664,60
P-EP	116,70	115,20	90,20	65,60	-6,10	-57,40	-89,60	-71,20	-17,20	34,50	94,10	99,60	374,10
A.P.WL	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,10	-63,50	153,10	-224,30	-241,50	0,00	0,00	0,00	
ST	100,00	100,00	100,00	100,00	93,90	53,10	21,80	10,70	9,00	43,70	100,00	100,00	
C.ST	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,10	-40,80	-31,30	-11,10	-1,70	34,70	56,30	0,00	
AE	12,30	11,80	21,80	35,40	70,90	84,20	66,90	56,90	65,70	47,50	24,90	16,40	514,70
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	16,20	57,70	60,20	15,50	0,00	0,00	0,00	149,90
S	116,70	115,20	90,20	65,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,70	99,60	524,00
RO	87,90	101,80	95,80	80,50	40,20	20,10	10,10	5,00	2,50	1,30	19,50	59,40	524,00
S.M.RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T.RO	87,90	101,80	95,80	80,50	40,20	20,10	10,10	5,00	2,50	1,30	19,50	59,40	524,00
TD	187,90	201,80	195,80	180,50	134,10	73,20	31,90	15,70	11,50	45,00	119,50	159,40	

Equivalentente in acqua della neve: 0,0 mm

Tipo climatico: B2 s B' 1 d'

Indice di aridità (Ia) = 22,60

Indice di umidità (Ih) = 78,80

Indice di umidità globale (Im) = 56,30

Tab. 2 - Stazione di Monte Pisanu. Bilancio idrico di un suolo per AWC pari a 100 mm.

Tab. 2 - Monte Pisanu meteorological station. Soil water balance for AWC = 100 mm.

valori calcolati per il periodo 1951-85													
	Genn.	Febbr.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Nev.	Dic.	Anno
T	6,60	6,20	7,80	9,50	14,10	18,60	21,50	21,80	18,30	14,00	9,50	7,60	13,00
P	117,00	122,00	107,50	88,00	57,00	30,00	16,00	25,00	45,00	71,00	111,00	118,00	908,00
EP	17,40	15,80	26,80	37,60	71,60	104,80	129,50	122,60	85,30	54,90	28,10	20,30	714,9
P-EP	99,60	106,20	80,70	50,40	-14,60	-74,80	-113,50	-97,60	-40,30	16,10	82,90	97,70	193,30
A.P.WL	0,00	0,00	0,00	0,00	-14,60	-89,40	-202,90	-300,50	-340,80	0,00	0,00	0,00	
ST	100,00	100,00	100,00	100,00	86,30	40,70	13,10	5,00	3,30	19,40	100,00	100,00	
C.ST	0,00	0,00	0,00	0,00	-17,70	-45,70	-27,60	-8,20	-1,70	16,10	80,60	0,00	
AE	17,40	15,80	26,80	37,60	70,60	75,30	44,00	33,70	46,60	54,90	28,10	20,30	471,00
D	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	29,60	85,50	88,90	38,80	0,00	0,00	0,00	243,90
S	99,40	106,40	80,70	50,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	97,70	437,20
RO	74,50	90,50	85,60	68,10	34,00	17,00	8,50	4,30	2,10	1,10	1,80	49,70	437,20
S.M.RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T.RO	74,50	90,50	85,60	68,10	34,00	17,00	8,50	4,30	2,10	1,10	1,80	49,70	437,20
TD	174,60	190,50	185,60	168,10	120,40	57,70	21,60	9,20	5,40	20,50	101,80	149,70	

Equivalente in acqua della neve: 0,0 mm

Tipo climatico: B2 s2 B' 2 d'

Indice di aridità (Ia) = 34,10

Indice di umidità (Ih) = 61,20

Indice di umidità globale (Im) = 27,00

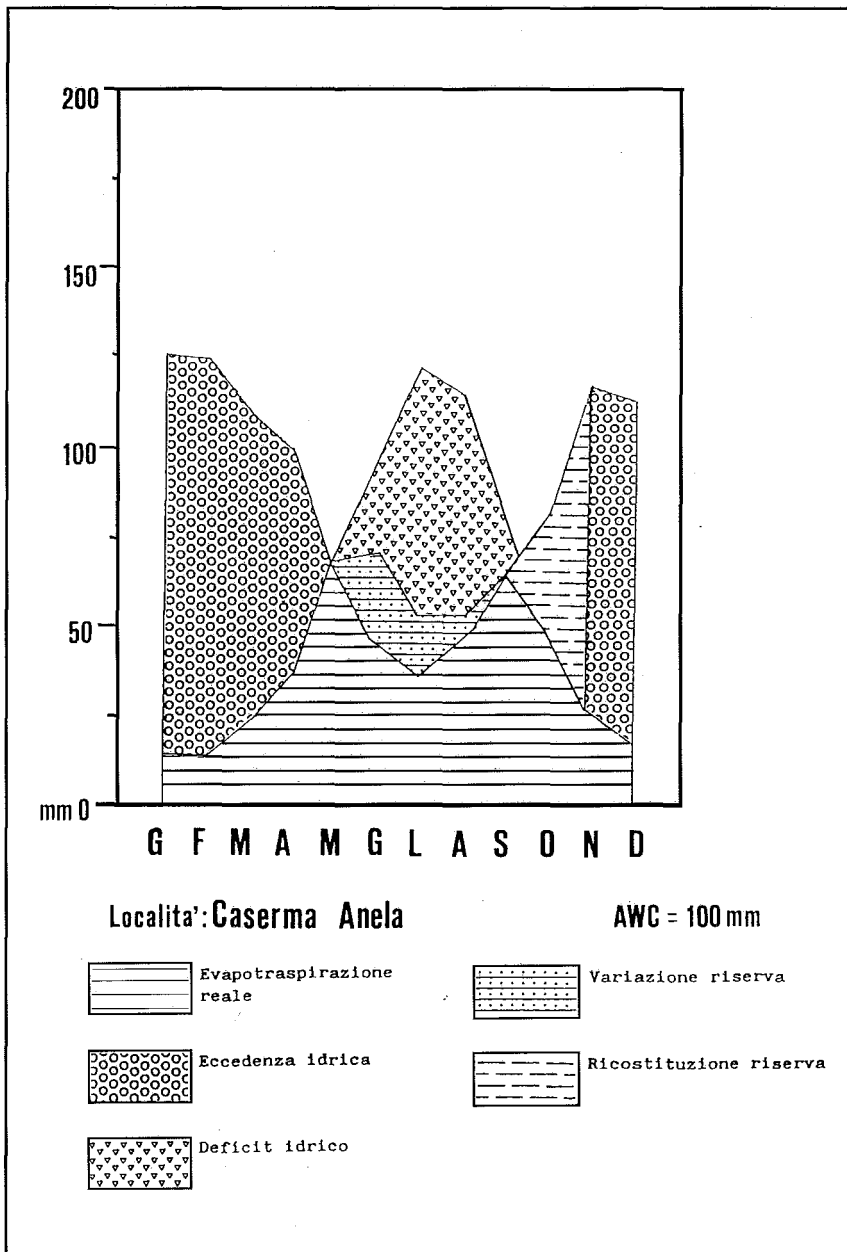


Fig. 1 - Stazione di Anela. Bilancio idrico di un suolo per AWC pari a 100 mm.

Fig. 1 - Anela meteorological station. Soil water balance for AWC = 100 mm.

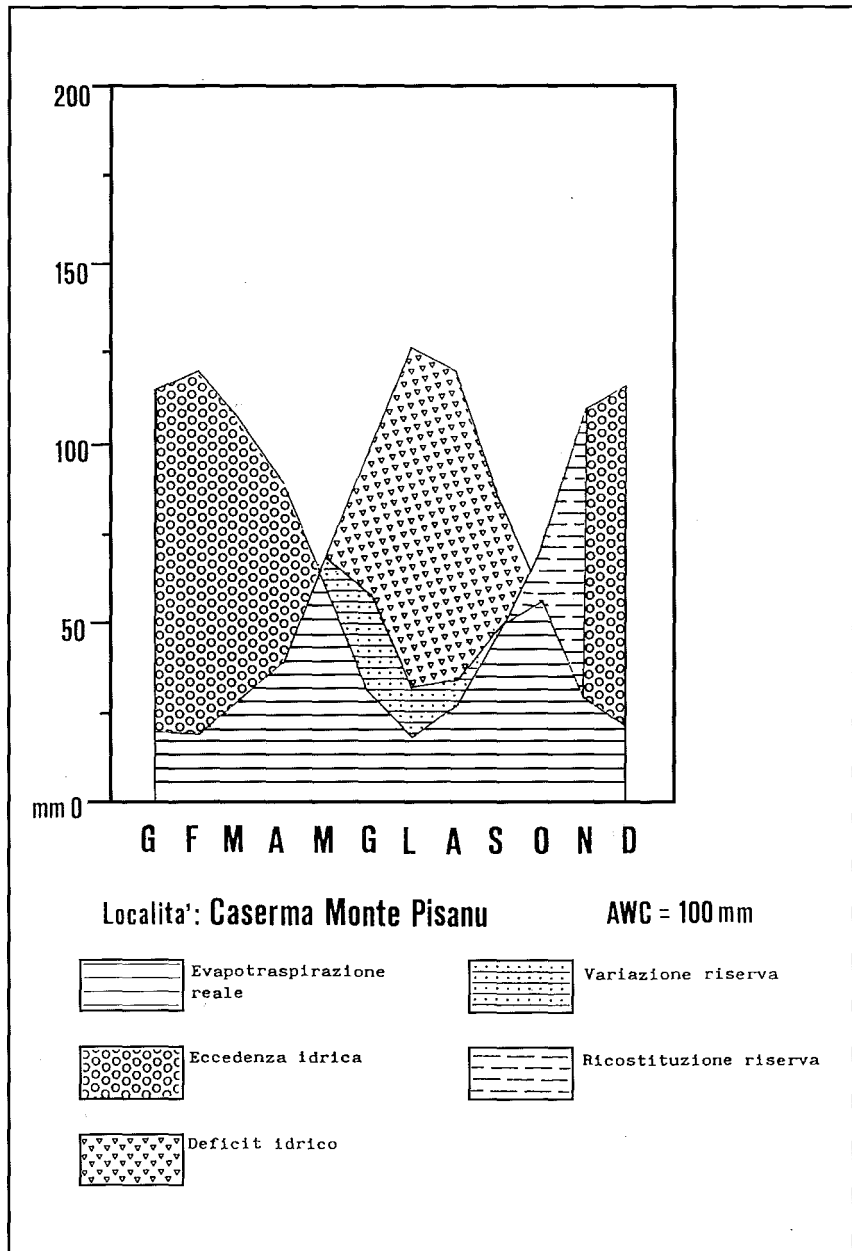


Fig. 2 - Stazione di Monte Pisanu. Bilancio idrico di un suolo per AWC pari a 100 mm.

Fig. 2 - Monte Pisanu meteorological station. Soil water balance for AWC = 100 mm.

Tab. 3 - Bilancio idrico dei suoli con AWC pari a 100 mm secondo il programma NSM.

Tab. 3 - Soil water balance for AWC 100 mm, by NSM program.

Stazione	m s.l.m.	AWC	Numero di giorni cumulativi in cui la MCS è						Maggior numero di giorni consecutivi in cui la MCS è					
			Durante l'anno è						Temp. del suolo > 5°C	Umida in qualche parte	asciutta dopo il solstizio estivo	umida dopo il solstizio invernale	regime di umidità	regime di temperatura
D	M/D	M	D	M/D	M	anno	T > 8°C							
Monte Pisanu	861	100	78	61	221	78	61	221	265	98	35	120	ustico	termico
Anela	1.000	100	42	61	257	42	61	182	309	85	21	120	ustico	mesico

regime di umidità ustico per i suoli della Sardegna alle quote superiori a 800-1.000 m (in funzione della esposizione) e il passaggio tra i regimi di temperatura termico e mesico a quote variabili, anche queste, tra 800-1.000 m sempre in funzione della esposizione.

e) *Uso del suolo*

L'Azienda Foreste Demaniali di Goceano -Monte Pisanu riveste notevole interesse naturalistico per la presenza di numerosi biotopi relitti o comunque rari che grazie a particolari condizioni climatiche o perché poco o nulla sfruttati dall'uomo con il pascolo e con l'incendio sono potuti giungere fino a noi.

Valgano per tutti gli esempi dei ben noti tasso (*Taxus baccata* L.) e agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), presenti in località Sos Niberos. Altri biotopi di particolare interesse sono il sorbo (*Sorbus terminalis* Ehrh.), osservabile a Ucca e Grile e i numerosi esemplari di melo selvatico (*Malus silvestris* Miller), presenti in località Malabrina

Il paesaggio vegetale è comunque dominato dal ceduo di roverella, (*Quercus pubescens* Willd), che si spinge fino a quote superiori a 1000 m, dove costituisce vasti gruppi cespugliati intervallati da ampie praterie.

Al disotto di questa quota la roverella è sempre in associazione con la sughera, (*Quercus suber* L.), e con il leccio, (*Quercus ilex* L.)

Lungo il versante est di Monte Rasu, che si affaccia sulla media valle del Tirso, la roverella è sempre in associazione con l'acero minore, (*Acer monspessulanum* L.) e con individui sparsi di agrifoglio.

In altre aree all'interno della Azienda, la roverella è stata associata alle conifere, principalmente pino nero laricio, (*Pinus nigra* Arnold, ssp *laricio* (poiret), Maire), e cedro atlantico, (*Cedrus atlantica* L.)

La sughera è ben diffusa nel tratto sud dell'azienda a quote comprese tra 700-900 m. Governata sia a ceduo che a fustaia con formazione spesso degradata, si apre in ampie radure dove prevalgono le specie erbacee ed arbustive più eliofile.

Di recente sono state introdotte a carattere ornamentale e sotto forma di individui isolati sparsi senza ordine apparente, numerose specie esotiche, principalmente conifere.

Si segnala infine la presenza di rimboschimenti effettuati con il castagno, (*Castanea sativa* Miller).

All'interno dell'area le diverse formazioni boscate sono governate sia sotto forma di ceduo sia sotto forma di fustaia. Frequenti sono le fustaie di transizione con individui molto giovani. Anche le sugherete sono governate sia a fustaia che a ceduo, questi ultimi sono in fase di conversione a fustaia.

Nell'Azienda è ammesso, con un carico limitato, il pascolo di bovini rustici.

I suoli

Lo studio dei suoli della A.F.D. è stato iniziato nei primi anni 80 ed era finalizzato ad una conoscenza del territorio demaniale nell'ambito di un censimento delle risorse aziendali eseguito da una cooperativa giovanile.

In questo primo studio furono evidenziati i rapporti tra i vari paesaggi, i suoli e le principali associazioni vegetali.

L'attività di studio è stata ripresa nei primi anni 90 finalizzandola alla individuazione di tutti i tipi pedologici e alla redazione di una cartografia pedologica di base quale presupposto per una valutazione della attitudine d'uso al miglioramento pascoli e al rimboschimento meccanizzato.

Gran parte di questi risultati e la relativa cartografia sono stati utilizzati nella tesi di laurea di Piras F. ai fini della valutazione della attitudine per alcuni usi agricoli e forestali.

Infine nel 1994, tutto il lavoro svolto fino a quel momento è stato completamente revisionato nell'ambito degli studi per la tipizzazione delle A. F. D. delle provincie di Sassari e Nuoro.

In accordo con la Carta dei Suoli della Sardegna di Aru A. et al. (1992a), sono state individuate nell'area in studio 5 unità di paesaggio o fisiografiche fondamentali:

- *paesaggi delle formazioni metamorfiche del Paleozoico e relativi depositi di versante;*
- *paesaggi delle formazioni intrusive del Paleozoico e relativi depositi di versante;*
- *paesaggi delle formazioni effusive acide del Miocene e relativi depositi di versante;*
- *paesaggi delle rocce effusive basiche del Pliocene;*
- *paesaggi delle alluvioni dell'Olocene.*

In ciascuna di queste unità fisiografiche sono state riconosciute più unità cartografiche o di mappa.

Data la scala del rilevamento, 1:25.000, e la notevole complessità del paesaggio geologico, morfologico e della variabilità della copertura vegetale in ciascuna unità sono presenti più tipi pedologici.

Il sistema di classificazione adottato è la Soil Taxonomy U.S.D.A. (1975, 1994). Il livello di classificazione indicato in cartografia è il sottogruppo. Nella pagine successive, in ciascuna unità cartografica saranno brevemente descritti il sottogruppo dominante o comunque più rappresentativo.

Nella Fig. 3 è riportato uno schema della distribuzione delle unità nell'area in studio.

I - Paesaggi delle formazioni metamorfiche del Paleozoico e relativi depositi di versante

Unità cartografica 1

È osservabile in qualsiasi condizione morfologica su superfici caratterizzate dalla presenza di ampi tratti di roccia affiorante.

La superficie ascritta a questa unità ammonta a 98,75 ha. pari al 5,47% di quella in studio. La copertura vegetale è generalmente erbacea od arbustiva, ma non sono rare superfici boscate con roverella, sughera o conifere tutte a diversa densità di copertura.

I suoli hanno profili di tipo A R e potenze inferiori a 20-25 cm o in subordine profili di tipo A C, A Bw R o A Bw C con Bw sempre discontinuo. Il contenuto in scheletro è elevato. La tessitura varia dalla franco-sabbiosa alla franco sabbioso-argillosa, reazione subacida. Il grado di saturazione del complesso di scambio varia dal saturo al moderatamente insaturo.

Sono soggetti a rischi di erosione variabili dal molto gravi a moderati in funzione delle condizioni di morfologia e del grado di copertura vegetale.

In questa unità è presente un complesso di suoli che in funzione della potenza, della saturazione e della altitudine sono classificabili, secondo la Soil Taxonomy, come Lithic Xerorthents, Dystric Xerorthents, sottogruppi più comuni, e in subordine come Lithic Ruptic Xerorthentic Xerochrepts e Dystric Lithic Xerochrepts, Lithic Xerochrepts in tutte le situazioni con quote inferiori a 800 m. Alle quote superiori siamo in presenza di Lithic Ustorthents, Dystric Ustorthents, Lithic Ustochrepts, Dystric Ustochrepts e, in presenza di orizzonti A umbrici, di Entic Haplumbrepts.

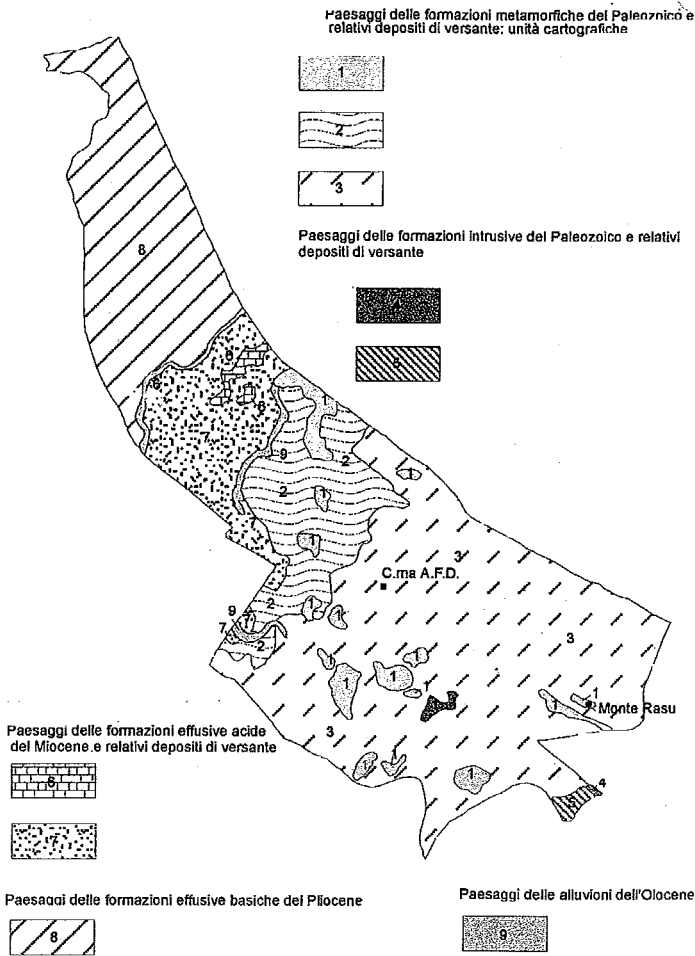


Fig. 3 - Azienda Foreste Demaniali di Goceano - Monte Pisanu: carta pedologica.

Fig. 3 - Goceano - Monte Pisanu state forest: soil map.

Unità cartografica 2

Si osserva a quote inferiori a 800 m, su forme variabili dalla ondulata alla collinare sotto una copertura vegetale da arborea ad arbustiva di qualsiasi densità.

È una delle unità cartografiche più diffuse. Interessa infatti una superficie di 275, 62 ha. pari al 15,26 di quella complessivamente studiata.

La pietrosità superficiale, per grossi blocchi di quarzo e di quarziti, è scarsa. La rocciosità affiorante, pur essendo diffusa, è sensibilmente inferiore a quella della unità 1 precedente.

I suoli hanno profili di tipo A R o A C o A Bw R con orizzonti Bw a tratti discontinui. La potenza è sempre inferiore a 30-40 cm. Lo scheletro è comune. La tessitura varia dalla franco-sabbioso-argillosa alla franco-argillosa. La reazione è subacida. Il grado di saturazione in basi varia dalla satura alla insatura, condizione questa più frequente.

I rischi di erosione variano da moderati a severi in funzione della morfologia e del grado di copertura vegetale.

In presenza di buone coperture vegetali, alle quote più alte e nei versanti settentrionali, possono essere osservati suoli a profilo A Bw R potenti 30-40 cm con orizzonte A di tipo umbrico molto potente e Bw di norma discontinuo.

Questa unità è costituita da una associazione di suoli che possono essere ascritti ai Lithic Xerorthents, Dystric Xerorthents, sottogruppi principali o dominanti e in subordine ai Dystric Lithic Xerochrepts, Lithic Xerochrepts, Lithic Ruptic Xerorthentic Xerochrepts e agli Entic e Lithic Haplumbrepts.

Unità cartografica 3

Si osserva a quote superiori a 800 m, su morfologie collinari e sotto una copertura vegetale variabile dalla erbacea all'arborea di qualsiasi densità, in presenza di un regime di umidità dei suoli di tipo ustico.

È l'unità più diffusa, ad essa sono stati ascritti 781,75 ha. pari al 43,29% della superficie in studio.

La pietrosità superficiale è scarsa, la rocciosità affiorante è sempre limitata.

I suoli hanno profili di tipo A R o A C o A Bw R con orizzonti Bw a tratti discontinui. La potenza è sempre inferiore a 30-40 cm. Lo scheletro è comune. La tessitura varia dalla franco-sabbioso-argillosa alla franco-argillosa. La reazione è subacida. Il grado di saturazione in basi varia da saturo a insaturo: condizione questa più frequente.

I rischi di erosione variano da moderati a severi in funzione della morfologia e del grado di copertura vegetale.

Le più favorevoli condizioni di umidità permettono una maggiore presenza di orizzonti umbrici.

L'unità è costituita da una associazione di suoli che possono essere classificati come Lithic Ustorthents, sottogruppo princi-

pale o dominante e in subordine dai Dystric Ustochrepts, Lithic Ustochrepts e agli Entic e Lithic Haplumbrepts.

II - *Paesaggi delle formazioni intrusive del Paleozoico e relativi depositi di versante*

Unità cartografica 4

L'unità cartografica 4 è simile alla precedente unità 1, da cui differisce per una maggiore rocciosità affiorante e per una minore diffusione; interessa infatti una superficie di 1 ha, quindi poco più del 0,06% della azienda in studio.

I suoli presenti in questa unità sono caratterizzati da profili di tipo A R o A C con potenze variabili da pochi cm a 20-30 cm; in questo caso sono frequenti profili di tipo A Bw C o A Bw R con Bw discontinuo. Lo scheletro è comune. La tessitura è franco-sabbiosa. reazione subacida o acida. Grado di saturazione del complesso di scambio da moderatamente insaturo a insaturo.

I rischi di erosione variano da moderati a severi in funzione delle condizioni morfologiche e del grado di copertura vegetale.

In questa unità sono diffusi i Lithic Ustorthents, che rappresentano il sottogruppo dominante, in complesso con i Lithic Ustochrepts e Dystric Ustochrepts.

Unità cartografica 5

Si osserva ad altitudini superiori a 800 m, ed interessa superfici di modesta ampiezza, dalla morfologia fortemente accidentata. La superficie ascritta a questa unità ammonta a 8,44 ha. (0,47% di quella aziendale).

La copertura vegetale varia dalla scarsa a buona ed è prevalentemente erbacea o arbustiva.

I suoli hanno un profilo di tipo A Bw R o A Bw C o A R o A C con potenze di 30-40 cm. Lo scheletro varia da comune ad abbondante. La tessitura varia dalla franco-sabbiosa alla franco-sabbioso-argillosa. La reazione è subacida o acida. Il complesso di scambio è di norma insaturo. I rischi di erosione sono sempre elevati anche se appaiono in funzione sia della morfologia che del grado di copertura vegetale.

Nell'unità 5 sono presenti suoli classificabili come Lithic Ustochrepts, sottogruppo dominante, in associazione con i Dystric Ustochrepts, Lithic Ustorthents e Dystric Ustorthents.

III - *Paesaggi delle formazioni effusive acide del Miocene
e relativi depositi di versante*

Unità cartografica 6

Si osserva su una morfologia variabile, collinare, nei pendii immediatamente sottostanti i bordi delle colate e interessa una superficie stimata di 23,13 ha. (1,28% di quella in studio). La copertura vegetale è prevalentemente arborea. La pietrosità superficiale può essere anche molto elevata. La rocciosità affiorante, con elementi spesso disposti in fasce più o meno parallele, è elevata.

I suoli hanno profili di tipo A R o A Bw R o, più raramente, A C o A Bw C con potenze generalmente inferiori 30-35 cm e con l'orizzonte Bw spesso discontinuo. Lo scheletro è elevato. La tessitura varia dalla franca alla franco-argillosa o alla argillosa. La reazione è neutra o subacida. Il complesso di scambio è saturo.

I rischi di erosione sono sempre molto severi.

In questa unità sono presenti suoli ascrivibili ai Lithic Xerorthents, sottogruppo dominante o principale, in complesso con i Lithic Xerochrepts e i Lithic Ruptic Xerorthentic Xerochrepts.

Unità cartografica 7

Si osserva su superfici dalla morfologia variabile dalla ondulata alla collinare, con una copertura vegetale variabile dalla arbustiva alla arborea a diverso grado di densità.

Occupava una superficie di 198,13 ha. pari al 10,97 dell'area studiata.

La pietrosità superficiale è scarsa. La rocciosità affiorante, con elementi spesso disposti in fasce più o meno parallele, è sensibilmente inferiore a quella della classe 6 precedente.

I suoli hanno profili A Bw C o, più raramente, A Bw R con potenze variabili da 40 cm ad oltre 80. Lo scheletro è scarso. La tessitura varia dalla franca alla argillosa. La reazione è neutra o subacida. Il complesso di scambio è saturo.

Nelle aree dalla morfologia meno accidentata sono osservabili caratteri vertici poco pronunciati.

I rischi di erosione, in funzione della morfologia e del grado di copertura vegetale, variano da moderati ad assenti.

Nella unità sono presenti suoli classificabili come Lithic Xerochrepts, sottogruppo dominante, in associazione ai Typic Xerochrepts e ai Typic Eutrochrepts.

IV - Paesaggi delle rocce effusive basiche del Pliocene

Unità cartografica 8

Si osserva su una morfologia pianeggiante o debolmente ondulata sotto una copertura vegetale da arbustiva ad arborea, con la roverella dominante, alternata ad ampi spazi a pascolo naturale. È la seconda unità per diffusione, interessando 403,43 ha. pari al 22,34% della superficie in studio.

La pietrosità superficiale è scarsa, mentre la roccia affiorante può interessare vaste superfici.

I suoli hanno potenze variabili da meno di 10-15 cm. a oltre 80. Il profilo varia pertanto dal tipo A R a A Bw C. Lo scheletro è scarso. La tessitura varia dalla franca alla franco argillosa o argillosa all'aumentare della profondità. La reazione è generalmente neutra. Il grado di saturazione del complesso di scambio varia dal saturo all'insaturo, condizione più frequente.

I rischi di erosione sono moderati o scarsi.

Questa unità è pertanto caratterizzata da di Lithic Xerorthents e Lithic Ruptic Xerorthentic Xerochrepts, sottogruppi dominanti in complesso (in funzione della profondità e della saturazione), con Dystric Lithic Xerochrepts, Lithic Xerochrepts, Typic e Dystric Xerochrepts.

V - Paesaggi delle alluvioni dell'Olocene

Unità cartografica 9

Si tratta di modeste superfici, spesso non cartografabili, disposte parallelamente ai vari corsi d'acqua. La superficie interessata è stata stimata pari a 15,75 ha. (0,87% dell'area della A.F.D.)

La pietrosità superficiale è scarsa o assente, la rocciosità affiorante è assente. La copertura vegetale, sempre molto buona, varia dalla erbacea, la più comune, alla arborea.

I suoli hanno profili di tipo A C o, più raramente, A Bw C con potenze variabili da 60 cm a oltre 100. Il contenuto in scheletro, per elementi di tutte le dimensioni, varia da scarso ad elevato. La tessitura varia dalla franco-sabbiosa alla franco-argillosa o argillosa. Reazione neutra. grado di saturazione in basi elevato. I rischi di erosione sono assenti o trascurabili.

Secondo la Soil Taxonomy il sottogruppo dominante è classificabile come Typic Xerofluents in complesso con i Fluventic Xerochrepts.

La valutazione della attitudine d'uso

Nel territorio in studio è stata realizzata, come indicato nelle pagine precedenti, una valutazione della attitudine per due usi: miglioramento pascoli e rimboschimento meccanizzato. Usi che a nostro avviso, in considerazione delle politiche agricole regionali e comunitarie, rappresentano delle destinazioni ottimali per le aree marginali della Sardegna.

Ai fini della valutazione sono state utilizzate due metodologie proposte dall'Ente regionale di Sviluppo in Agricoltura, ERSAT: note come *Miglioramento e utilizzo dei pascoli. Direttive* (Ersat, 1989) e *Gestione dei boschi, rimboschimento dei suoli nudi e degli arbusteti. Direttive*. (Ersat, 1992).

Entrambe le Direttive sono una applicazione per i specifici usi del Framework for Land Evaluation (FAO, 1976).

Come nella metodologia originale, le Direttive sono articolate su più livelli di valutazione, *ordine, classe di attitudine, sotto-classe di attitudine, unità di attitudine*.

Il numero degli ordini, e delle classi sono quelli previsti dalle metodologie FAO originali. Per la descrizione dei quattro livelli di valutazione, si rimanda alle due Direttive Ersat citate.

Rispetto alla metodologia FAO le due Direttive predisposte dall'Ersat prevedono degli schemi di valutazione basati sulle caratteristiche fisiche del territorio, differenti per le più comuni unità di paesaggio riconosciute dalla già citata Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250.000.

Questi schemi di valutazione differiscono tra di loro sia nelle scelte delle caratteristiche utilizzate ai fini della valutazione, sia nei range di ampiezza di ciascuna caratteristica ai fini della attribuzione alle diverse classi.

Le Direttive per il miglioramento pascoli, data l'importanza di questa destinazione d'uso per l'agricoltura regionale², sono state oggetto in questi anni di numerose applicazioni e verifiche anche nell'ambito di progetti di interesse comunitario quali il MEDALUS. Esse vengono considerate infatti uno degli strumenti fondamentali per la lotta al degrado ambientale dei pascoli sardi.

Questi studi sono finalizzati alla messa a punto di una metodologia valida per tutto il territorio regionale che tenga conto non

² Secondo il Censimento generale della Agricoltura (ISTAT, 1991) nell'Isola sono destinati a pascolo 789.499 ha pari al 33,14% della superficie regionale su cui grava un carico di 3.131.467 capi ovini, 286.831 capi bovini, 228.735 caprini a cui devono aggiungersi equini, bufalini ed suini.

solo delle caratteristiche fisiche del territorio ma anche dei suoi aspetti di produttività in termini sia agronomici che economici.

Occorre subito sottolineare che i risultati da noi esposti sono stati ottenuti su una cartografia alla scala 1:25.000. Questo livello di dettaglio è ottimale per la programmazione territoriale, ma non è assolutamente valido per una programmazione e progettazione a livello aziendale, dove il livello di valutazione deve esser eseguito su una cartografia a scala non inferiore al 1.10.000.

a) *Valutazione della attitudine d'uso al miglioramento pascoli*

I risultati della valutazione sono riepilogati nella Fig. 4 e nelle Tab. 4a e 4b successive.

L'area in studio è stata attribuita a 5 classi di attitudine. In tre casi il livello di dettaglio ha imposto il ricorso a classi miste nelle quali le superfici vengono ascritte non ad una classe ma ad un gruppo di classi. L'attribuzione alla singola classe sarà possibile solo con studi di maggior dettaglio.

Il primo dato che emerge è l'assenza di superfici ascrivibili alla classe S1, questo dato è in accordo con quanto osservato da Madrau S. (1990) nel territorio comunale di Gavoi (NU).

La classe più diffusa, 781,75 ha. pari al 43,29% dell'AFD, è stata indicata con la sigla S3-N1, da marginalmente adatta a temporaneamente non adatta. Vi ricade l'unità cartografica 3 (paesaggi delle formazioni metamorfiche del Paleozoico a quote superiori a 800-1.000 m).

Le principali limitazioni d'uso sono rappresentate dalla altimetria elevata e dalla scarsa profondità del suolo. La prima caratteristica influenza l'accessibilità e fruibilità del pascolo, ad essa sono infatti correlate, più o meno direttamente, altre caratteristiche o qualità del territorio, es. regimi di temperatura e di umidità del suolo, frequenza e distribuzione delle precipitazioni, frequenza delle gelate, emergenza della cotica pabulare, durata della stagione vegetativa, durata e frequenza dei turni di pascolamento, frequenza degli sfalci, ecc.

La seconda classe per diffusione, 403,44 ha. pari a 22,34% della area in studio, è stata indicata con la sigla S3-N2, da marginalmente adatta a permanentemente non adatta. Vi ricadono tutte le superfici ascritte alla unità cartografica 8 (paesaggi delle formazioni effusive basiche del Pliocene (basalti)).

Le caratteristiche del territorio che esercitano le maggiori limitazioni al miglioramento pascoli sono la roccia affiorante, che

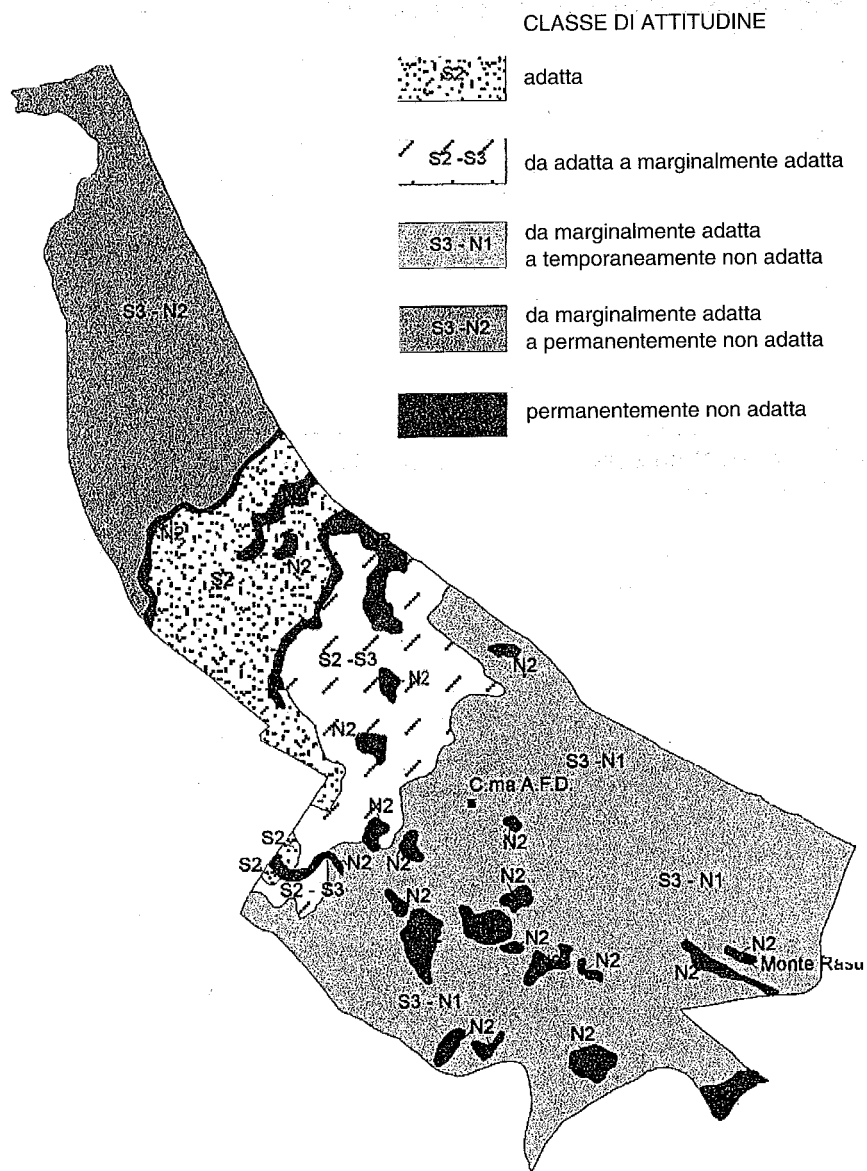


Fig. 4 - Azienda Foreste Demaniali di Goceano - Monte Pisanu: carta della attitudine al miglioramento pascoli.

Fig. 4 - Goceano - Monte Pisanu state forest: pasture improvement suitability map.

Tab. 4a - Unità cartografiche e valutazione della attitudine al miglioramento pascoli.

Tab. 4a - *Map units and pasture improvement land evaluation results.*

Unità cartografiche	Classe	Sottoclassi	Superficie ha.	%	Principali limitazioni d'uso
1	N2	t, e, f, s	98,75	5,47	Quota, pendenza, rocciosità, profondità del suolo, erosione
2	S2 - S3	t, v, s,	275,62	15,26	Quota, grado di copertura arborea o arbustiva, rocciosità, profondità del suolo
3	S3 - N1	t, s, v,	781,75	43,29	Quota, profondità del suolo, grado di copertura arborea o arbustiva
4	N2	t, e, f, s	1,00	0,06	Quota, pendenza, rocciosità, profondità del suolo, erosione
5	N2	t, e, f, s	8,44	0,47	Quota, pendenza, rocciosità, grado di copertura arborea o arbustiva
6	N2	t, e, f, s	23,13	1,28	Pendenza, rocciosità, profondità del suolo, erosione
7	S2	t, v	198,13	10,97	Quota, pendenze, grado di copertura arborea o arbustiva
8	S3 - N2	s, v	403,43	22,34	Rocciosità, grado di copertura arborea o arbustiva
9	N2	i	15,75	0,87	Scarsa ampiezza delle superfici
Totale A.F.D.			1.806,00	100,00	

su ampi tratti raggiunge le classi 4 e 5 di rocciosità previste dal Guidelines for Soil Profile Description (FAO, 1977), e il grado di copertura arborea e/o arbustiva.

Questa caratteristica è, fra tutte quelle considerate ai fini della valutazione, una delle più severe in quanto se la superficie oggetto di valutazione ricade nella definizione di bosco data dal regola-

Tab. 4b - Classi di attitudine al miglioramento pascoli, superfici in ha e in %.

Tab. 4b - *Pasture improvement land evaluation classes, surfaces in ha and %.*

Classi di attitudine	Superficie ha.	%
S2	198,13	10,97
S2 - S3	275,62	15,26
S3 - N1	781,75	43,29
S3 - N2	403,43	22,34
N2	147,07	8,14
Totale A.F.D.	1.806	100,00

mento di applicazione della legge 431/85³, essa viene automaticamente esclusa da qualsiasi intervento di miglioramento pascoli.

Nelle classi S2, adatte, e S2-S3 da adatte a marginalmente adatte, ricadono rispettivamente i 198,13 ha., (10,97%) della unità cartografica 7, paesaggi delle formazioni effusive acide del Miocene, e i 275,63 ha. (15,26%) della unità cartografica 2, paesaggi delle formazioni metamorfiche del Paleozoico a quote inferiori a 800-1.000 m.

In entrambe le classi le caratteristiche maggiormente limitanti sono risultate la quota, le pendenze delle superfici, la scarsa profondità del suolo e il grado di copertura arborea e/o arbustiva.

Riguardo a questa caratteristica occorre ulteriormente precisare che al momento non è disponibile per l'A.F.D. Goceano - Monte Pisanu, una carta del grado di copertura arborea e arbustiva; le carte di uso del suolo fanno riferimento infatti alle sole associazioni vegetali. È pertanto altamente probabile che in un prossimo futuro, in seguito alla realizzazione delle carte di cui sopra, le superfici ascritte a queste due classi subiscano una brusca diminuzione anche nella cartografia al 25.000.

Nella classe N2, 147,07 ha. (8,15%), sono state ascritte le superfici ricadenti nelle unità cartografiche 1, 4, 5, 6, dove le

³ Circolare n. 16.210 del 2/7/1986, pubblicata nel Bollettino Uff. Reg. Aut. Sardegna n. 38/1986. Tra le varie caratteristiche un popolamento di specie legnose forestali può definirsi bosco è una superficie minima di 2000 mq in cui la proiezione della chioma di piante e polloni di specie forestali è superiore al 20%. Vengono considerate bosco anche le formazioni a macchia secondaria, in quanto forma di degradazione di più evolute formazioni climax, purché atte a riprodurre stati dinamici tendenti al climax.

principali caratteristiche limitanti sono la quota, la rocciosità affiorante, la profondità del suolo, i rischi di erosione e, limitatamente alla superfici ascritte alla unità cartografica 9 (paesaggi delle alluvioni recenti), l'ampiezza delle superfici interessate in ciascuna sponda, di norma inferiore a 20 m.

b) *Attitudine al rimboschimento meccanizzato*

Prima di descrivere brevemente i risultati ottenuti è necessario premettere che, vista la particolare natura della A.F.D. Goceano - Monte Pisanu, la valutazione della attitudine al rimboschimento meccanizzato deve intendersi riferita non tanto al rimboschimento quanto alla possibilità di eseguire con mezzi meccanici la gran parte delle operazioni di governo del bosco.

Per cui i risultati da noi ottenuti devono essere considerati esemplificativi per le aree boscate della media-alta collina della Sardegna, sia di proprietà pubblica che privata.

Anche nella valutazione della attitudine al rimboschimento meccanizzato, la complessità degli aspetti del territorio in studio e il dettaglio cartografico hanno imposto la adozione di classi quasi sempre miste.

Come per il miglioramento pascoli hanno esercitato una notevole influenza ai fini della valutazione le caratteristiche copertura arborea ed arbustiva, pendenza delle superfici, rocciosità affiorante. Esse possono ostacolare o impedire l'utilizzo delle macchine più comuni


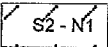
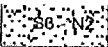

I risultati della valutazione sono riportati nella Fig. 5 e riepilogati nelle Tabb. 5a e 5b.

Il territorio in studio è stato attribuito a quattro classi di attitudine. Sottolineiamo ancora una volta che quasi tutte le classi proposte indicano uno spettro di risposte agli input produttivi. Questa nostra scelta metodologica si è resa necessaria per tenere conto della complessità del paesaggio, che alla cartografia adottata non può essere evidenziata.

Nella classe S1-S3, da molto adatta a marginalmente adatta ricade con 198,13 ha. (10,97% della superficie aziendale), la sola unità cartografica 7, paesaggi delle formazioni effusive acide del Miocene.

La classe S2-N1, da adatta a temporaneamente non adatta, comprende le unità 2 e 3 entrambe del paesaggio delle formazioni metamorfiche paleozoiche. La superficie ascritta a questa classe è pari a 1.057,37 ha, 58,55% della A.F.D.

CLASSE DI ATTITUDINE

-  S1 - S3 da molto adatta a marginalmente adatta
-  S2 - N1 da adatta a temporaneamente non adatta
-  S3 - N2 da marginalmente adatta a permanentemente non adatta
-  permanentemente non adatta

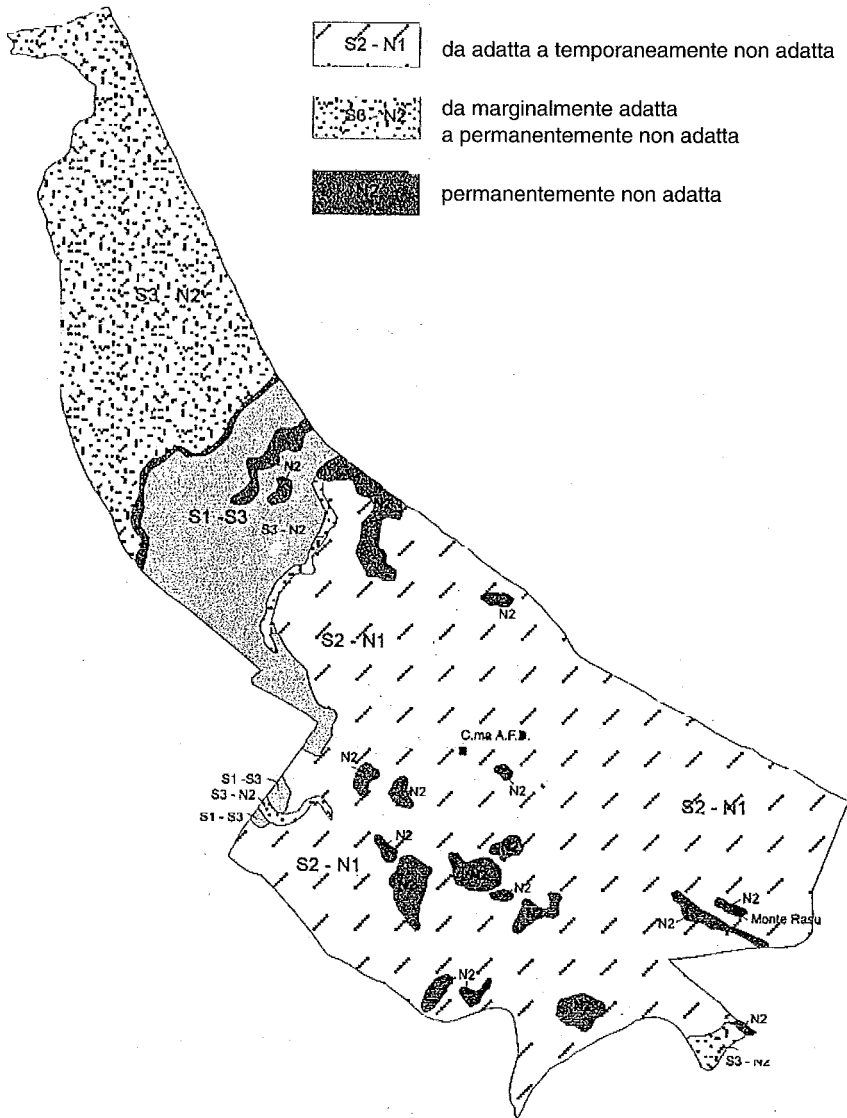


Fig. 5 - Azienda Foreste Demaniali di Goceano - Monte Pisano: carta della attitudine al rimboschimento meccanizzato.

Fig. 5 - Goceano - Monte Pisano state forest: mechanized reforestation suitability map.

Tab. 5a - Unità cartografiche e valutazione della attitudine al rimboschimento meccanizzato.

Tab. 5a - *Map units and mechanized reforestation land evaluation results.*

Unità cartografiche	Classe	Sottoclassi	Superficie ha.	%	Principali limitazioni d'uso
1	N2	t, f, s	98,75	5,47	Pendenza, rocciosità, profondità del suolo
2	S2 - N1	t, v, s,	275,62	15,26	Grado di copertura arborea e arbustiva, rocciosità, profondità del suolo
3	S2 - N1	t, s, v,	781,75	43,29	Profondità del suolo, grado di copertura arborea e arbustiva
4	N2	t, f, s	1,00	0,06	Pendenza, rocciosità, profondità del suolo
5	S3 - N2	t, e, f, s	8,44	0,47	Pendenza, rocciosità, grado di copertura arborea e arbustiva
6	N2	t, e, f, s	23,13	1,28	Pendenza, rocciosità, profondità del suolo, erosione
7	S1 - S3	t, v	198,13	10,97	Pendenze, grado di copertura arborea e arbustiva
8	S3 - N2	s, v	403,43	22,34	Rocciosità, copertura arborea e arbustiva
9	S3 - N2	i	15,75	0,87	Scarsa ampiezza delle superfici
Totale A.F.D.			1.806,00	100,00	

Alla classe S3-N2, da marginalmente adatta a permanentemente non adatta, sono state ascritte le unità cartografiche 5, paesaggio delle formazioni intrusive, 8, paesaggio delle formazioni effusive basiche e 9, paesaggio delle alluvioni recenti, per complessivi 427,62 ha pari al 23,68% della superficie in studio.

Infine alla classe N2 permanentemente non adatta, sono state attribuite le unità 1, paesaggi delle formazioni metamorfiche, 4, paesaggi delle formazioni intrusive, e 6 paesaggi delle formazioni effusive acide. La superficie interessata è 122,88 ha pari al 6,80 % dell'azienda in studio.

Tab. 5b - Classi di attitudine al rimboschimento meccanizzato, superfici in ha. e in %.

Tab. 5b - *Mechanized reafforestation land evaluation classes, surfaces in ha. and %.*

Classi di attitudine	Superficie ha.	%
S1 - S3	198,13	10,97
S2 - N1	1057,37	58,55
S3 - N2	427,62	23,68
N2	122,88	6,80
Totale A.F.D.	1.806	100,00

Discussione dei risultati e conclusioni

Nonostante i risultati positivi, il 26,33% delle superfici ricade in classi da adatte a marginalmente adatte al miglioramento pascoli (S2, e S2-S3), e il 10,97 % nelle classi da molto adatte a marginalmente adatte al rimboschimento meccanizzato (S1-S3) e con il 58,55% da adatte a temporaneamente non adatte per la stessa destinazione, le valutazioni dell'attitudine uso eseguite hanno confermato la marginalità delle superfici in studio anche per i due usi estensivi quali quelli da noi proposti.

Pertanto la destinazione ottimale per l'area in studio e per gran parte delle superfici collinari dell'Isola è il rimboschimento finalizzato principalmente alla protezione del suolo e del paesaggio e, in minor misura, alla produzione di legname da opera o da cellulosa. Su queste superfici è comunque possibile il pascolo, solo in minima parte migliorato, di razze bovine da carne di elevata rusticità.

L'applicazione delle due metodologie, sia pure nella loro versione non definitiva e con i limiti imposti dalla scala cartografica adottata, ha permesso di individuare le aree in cui la risposta produttiva alla meccanizzazione delle operazioni colturali nei pascoli e nei boschi è positiva.

Questo risultato è probabilmente più significativo per gli operatori economici privati nel settore zootecnico e forestale, assai meno per coloro che dal punto di vista tecnico o politico gestiscono le aree forestali demaniali sia della regione che dei comuni.

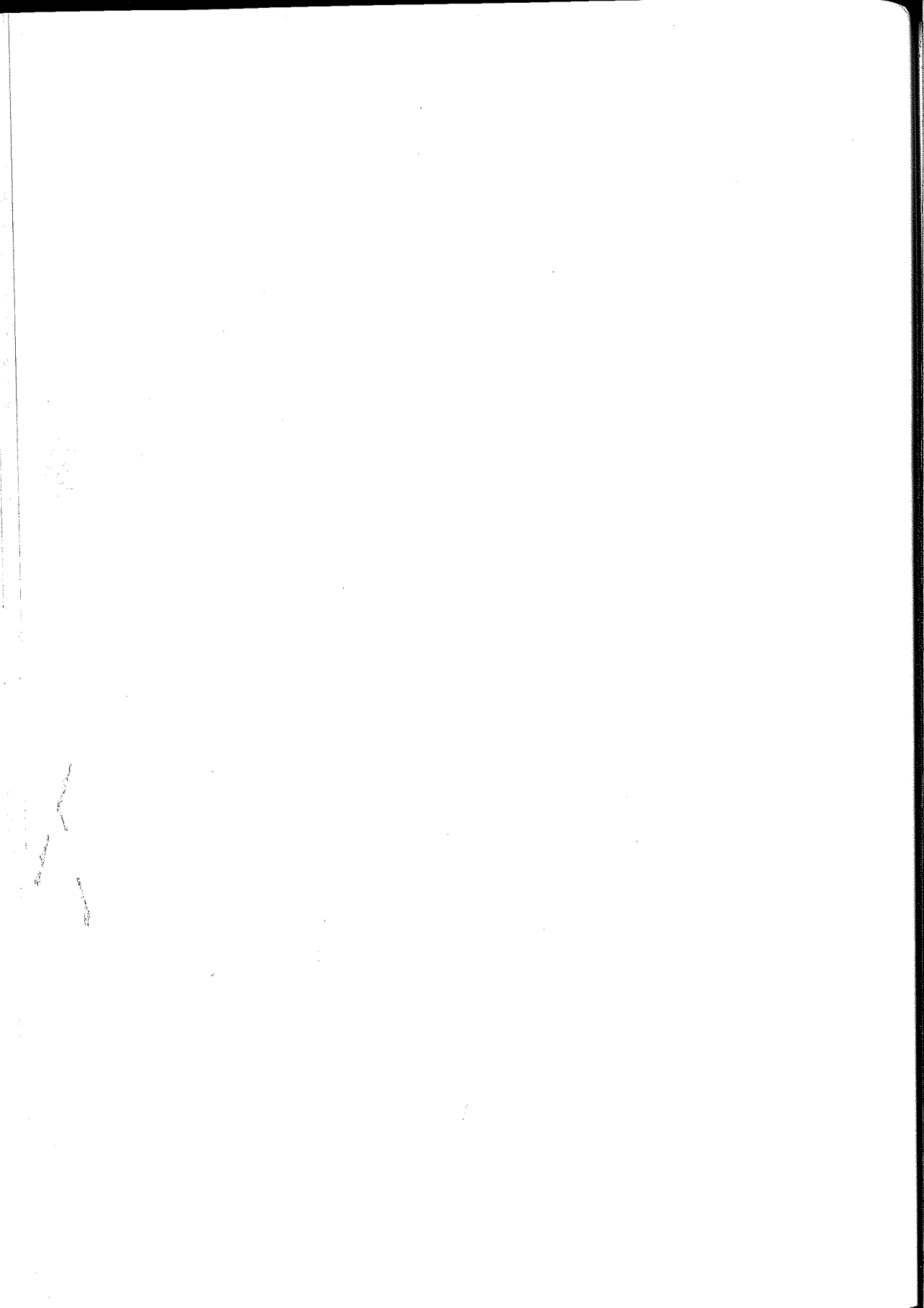
Per vaste aree del territorio regionale gli interventi in queste aree al momento rappresentano una delle poche, se non l'unica, opportunità di lavoro per gran parte della popolazione attiva.

È comunque nostra intenzione procedere in tempi relativamente brevi a uno studio di maggior dettaglio di questa e di altre aree boscate delle colline della Sardegna, per una ulteriore verifica della validità non tanto della metodologia quanto degli schemi di valutazione da noi proposti in modo che siano più rispondenti alle esigenze produttive regionali.

BIBLIOGRAFIA

- 1) SOIL SURVEY STAFF, U.S.D.A.: *Keys to Soil Taxonomy*. 6th ed., 1994. Pocahontas press, Inc. blacksburg, Virginia.
- 2) ARU A., BALDACCINI P. et al. (1992): *Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250.000*. Regione Aut. della Sardegna - Assessorato alla Programmazione Bilancio ed Assetto del Territorio, Dipartimento Sc. della Terra Università di Cagliari, Cagliari.
- 3) ARU A., BALDACCINI P. et al. (1992): *Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250.000*. Regione Aut. della Sardegna - Assessorato alla Programmazione Bilancio ed Assetto del Territorio, Dipartimento Sc. della Terra Università di Cagliari, Cagliari.
- 4) ERSAT (1989): *Miglioramento e utilizzo dei pascoli*. Direttive. draft. ed. Cagliari.
- 5) ERSAT (1992): *Gestione dei boschi, rimboschimento dei suoli nudi e degli arbusti*. Direttive. draft ed., Cagliari.
- 6) F.A.O. (1976): *A Framework for Land evaluation*. Soil Bulletin n. 32, Roma.
- 7) F.A.O. (1977): *Guidelines for soil description*. Roma.
- 8) ISTAT (1992): *4° Censimento generale dell'agricoltura, 21/10/90 - 22/02/1991. Caratteristiche strutturali delle aziende agricole*. Fascicolo regionale Sardegna. Roma.
- 9) MADRAU S. (1992): *Valutazione della attitudine al pascolo dei suoli della Sardegna. I territori comunali di Gavoi e Lodine (Nu)*. Atti dell' Istituto di Geopedologia e Geologia Applicata, Vol. 6, 1985-92, pp. 125-163, Sassari.
- 10) PIRAS F. (1993): *Prime osservazioni sui suoli della Azienda Foreste Demaniali di Monte Pisanu. Principali caratteristiche e potenzialità*. Tesi di Laurea. Facoltà di Agraria, Università di Sassari, A. A. 1992-93.
- 11) RAIMONDI S., BALDACCINI P., MADRAU S. (1995): *Caratteristiche del clima e del pedoclima dei suoli della Sardegna negli anni 1951-80*. Atti Convegno SISS Il ruolo della Pedologia nella Pianificazione e gestione del Territorio, Cagliari, pp. 207 - 306.
- 12) Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato alla Agricoltura - Ersat (1994): *Regime comunitario di aiuti alle misure forestali. Attuazione in sardegna del reg. CEE n. 2080/92*. Centro Stampa Ersat, cagliari.
- 13) THORTHWAITE C.W., MATHER J.R. (1957): *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance*. Centerton.

SESSIONE POSTER



L'INFLUENZA DELL'ALTIMETRIA SUL PEDOCLIMA NEL VERSANTE SUD-OCCIDENTALE DI M. ERICE (TP)

S. RAIMONDI

Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee di Palermo

Riassunto

L'autore propone una metodologia per lo studio del pedoclima che prevede:

- l'elaborazione dei bilanci idrici annuali, considerando il periodo settembre-agosto che rispecchia il ciclo di inumidamento-disseccamento nell'ambiente siciliano e quello vegetativo, delle colture ceralicole autunno-vernine e della cotica erbosa dei pascoli naturali permanenti;
- la determinazione dei giorni secchi della sezione di controllo dell'umidità mediante la rappresentazione di Billaux;
- la determinazione, per ogni anno, dei valori di temperatura del suolo: media annua, estiva e invernale, secondo le indicazioni della Soil Taxonomy per i suoli nelle medie latitudini;
- l'applicazione della formula di Hazen per determinare i valori probabilistici, così come è richiesto dalla tassonomia americana (probabilità di 6 anni su 10);
- l'interpolazione altimetrica per zonizzare i parametri su una base cartografica.

La metodologia applicata al versante sud-occidentale di M. Erice in cui ricadono le stazioni termopluviometriche di Trapani e Erice, ha evidenziato:

- il clima semiarido a Trapani (D) e quello da subumido a subarido (C1) a Erice;
- regime di temperatura termico a Trapani e Mesico a Erice;
- regime idrico intermedio xerico-torrico, in entrambe le stazioni, per A.W.C. di 25 mm; intermedio xerico-torrico a Trapani e xerico a Erice per A.W.C. di 50 a 100 mm; xerico in entrambe le stazioni per A.W.C. di 200 e 300 mm.

Infine propone due classificazioni per l'interpretazione di alcuni parametri del pedoclima per fini agronomici.



CARATTERISTICHE E DISTRIBUZIONE DEI SUOLI FORESTALI DEL BOSCO LEDERA SUI MONTI SICANI (SICILIA OCCIDENTALE)¹

CARMELO DAZZI, ANGELO DI PISA,
DONATO S. LA MELA VECA, GIOVANNI VACANTE²

Istituto di Agronomia Generale, Cattedra di Pedologia (Università di Palermo).

Riassunto

A partire dagli anni '50, i monti Sicani (Sicilia Occidentale) sono stati interessati da estesi interventi di forestazione in funzione di difesa del suolo, che hanno portato alla costituzione di diverse aree boscate. In una di queste, il Demanio forestale Ledera, nel territorio di S. Stefano Quisquina (AG), è stato condotto uno studio pedologico con l'intento di riconoscere, inventariare e cartografare i suoli che in esso si trovano distribuiti.

È stato adottato un metodo di rilevamento "libero", condotto a scala di dettaglio (1:10.000), che ha comportato l'apertura di 87 profili, classificati fino a livello di Sottogruppo, secondo la tassonomia statunitense (USDA).

I tipi pedologici individuati afferiscono a cinque Ordini di suolo e la loro distribuzione è strettamente legata alla variabilità morfologica del paesaggio.

Dove i versanti si presentano erti e quasi privi di vegetazione il suolo è molto superficiale e ai primi stadi di sviluppo (Entisuoli), mentre laddove la morfologia tende ad addolcirsi, sia pure di poco, e il bosco assume un livello di copertura medio-alto, sono presenti suoli con un grado di evoluzione maggiore che afferiscono all'Ordine degli Inceptisuoli. Questi, interessano gran parte del territorio boscato oggetto di studio. Non meno importante risulta la presenza di Mollisuoli, comuni nelle aree in cui, la particolare copertura arborea nonché il contesto morfologico, hanno favorito la formazione di un epipedon mollico.

In alcune situazioni lito-morfologiche particolari, e comunque oasisticamente, si rinvennero suoli afferenti all'Ordine dei Vertisuoli e degli Alfisuoli.

¹ Ricerca eseguita con finanziamento MURST; fondo per la ricerca scientifica 60% (Direttore della ricerca: Prof. Carmelo Dazzi).

² Rispettivamente Professore Associato di Pedologia forestale, Coordinatore generale tecnico e Dottori forestali collaboratori esterni (il 3° e 4° autore) presso l'Università di Palermo. Il 1°, il 3° e il 4° autore hanno condotto lo studio e provveduto alla stesura della nota. Il 2° autore ha collaborato alle analisi di laboratorio.

Parole chiave: Entisuoli, Inceptisuoli, Vertisuoli, Mollisuoli, Alfisuoli, Monti Sicani.

Summary

Since '50, several areas of Sicani range (western Sicily) were involved in a large reafforestation program aimed at soil conservation.

One of these areas, called Ledera, was chosen for a detailed soil survey (on scale 1:10.000). According to Soil Taxonomy, 87 soil profiles belonging to five soil Orders, were classified at Subgroup level.

Entisols appeared in the steepest areas, while, where the morphology is a little bit gentle, Inceptisols were found. Mollisols were found where the forest stand is particularly dense. In some cases it was possible to find also Vertisols and Alfisols.

Key-words: Entisols, Inceptisols, Vertisols, Mollisols, Alfisols, Sicani range.

Premessa

Questo studio, condotto nell'ambito di una ricerca finalizzata alla definizione delle relazioni suolo-vegetazione negli ecosistemi forestali siciliani, si pone come obiettivo di riconoscere, inventariare e cartografare i suoli del demanio forestale Ledera, sui monti Sicani (Sicilia Occidentale). Oltre alla cartografia pedologica a scala 1:10.000 sono stati realizzati diversi altri documenti cartografici (Carta Clivometrica, Carta Altimetrica, Carta delle Esposizioni, Carta Forestale, Carta delle Infrastrutture) sì da corredare lo studio di una serie di informazioni che ne completano l'utilità³.

Principali lineamenti ambientali

Il demanio forestale Ledera, si compone di cinque aree boscate per una superficie complessiva di 1.430 ettari. Il paesag-

³ La cartografia originale, a scala 1:10.000, è custodita negli archivi della Cattedra di Pedologia dell'Università di Palermo.

gio, che si eleva dai 612 ai 1.346 metri s.l.m., presenta gli aspetti tipici della montagna calcarea siciliana, ed è caratterizzato da terreni di età compresa fra il Trias-sup. e il Miocene che, in ordine crono-stratigrafico, sono costituiti da (S. Monteleone, comunicazione personale): calcari con selce e calcari dolomitici; calcari marnosi "scaglia"; brecce e megabrecce; argille marnose.

Morfologicamente si riconoscono quattro distinte forme del rilievo, distribuite in modo disomogeneo nelle aree boscate che costituiscono il demanio:

- 1) forme costituite da pareti alte e ripide;
- 2) forme con versanti da inclinati a ripidi o molto ripidi;
- 3) forme con versanti da moderati ad inclinati;
- 4) forme di dolina di modeste dimensioni ove, nei periodi piovosi, l'acqua può anche ristagnare in superficie.

Il clima, (dati della stazione di Piano del Leone; 831 m s.l.m.; 33 anni di osservazioni) presenta una piovosità media di poco inferiore agli 800 mm distribuiti in 85 giorni piovosi e una temperatura media annua di 13,4°C.

Per la costituzione del bosco, realizzato sul finire degli anni '50, sono state utilizzate specie tipiche del Laetum sottozona fredda, fascia entro cui, secondo la classificazione fitoclimatica del Pavari, si colloca il bosco Ledera. Fra le conifere maggiore impiego hanno avuto le mediterranee (*Pinus halepensis* Miller., *Pinus pinea* L., *Cupressus sempervirens* L., *Cupressus arizonica* Greene., *Cedrus atlantica* Carr., *Pinus nigra* Arnold.); fra le latifoglie, alle quote più elevate, sono state maggiormente utilizzate: *Fraxinus ornus* L. e, in subordine *Acer pseudoplatanus* L., *Celtis australis* L. e *Ulmus campestris* L.; alle quote più basse *Quercus pubescens* L. e *Quercus ilex* Willd.

Attualmente il bosco si avvia a maturità con gran parte delle specie a suo tempo impiegate. Tuttavia, la mancata esecuzione delle normali cure colturali e l'assenza di un appropriato piano di gestione, hanno determinato una moltitudine di situazioni, anche molto diverse fra loro, che rendono difficile e complicato l'avvio di una corretta gestione selvicolturale del bosco. Il soprassuolo è infatti caratterizzato da una notevole variabilità fisionomica: coesistono aree in cui si presenta quasi maturo, con una densità colma e composizione monospecifica, e zone in cui non ha ancora raggiunto lo stadio di perticaia, con una densità scarsa e una composizione mista.

Metodologia del rilevamento

Lo studio pedologico è stato condotto con una metodologia di rilevamento definita "libera" (7). Mediante fotointerpretazione e con l'ausilio di alcuni sopralluoghi, sono state preliminarmente delimitate le unità territoriali omogenee; sono quindi stati aperti e descritti i profili di suolo (in totale 87), alcuni dei quali (profili-tipo) sono stati campionati per le indagini di laboratorio; contemporaneamente sono state condotte altre osservazioni di campagna tramite trivellate o su spacchi naturali presenti nel territorio; infine sono state delimitate le unità pedologiche e completata la cartografia a scala 1:10.000. I suoli sono stati classificati fino a livello di Sottogruppo secondo il sistema della Tassonomia dei Suoli (13). Si è reso pertanto indispensabile definire il pedoclima. Questo, seguendo una metodologia ampiamente utilizzata (2), con i dati climatici disponibili e per valori di capacità idrica dei suoli di 50 e 100 mm (che coprono la variabilità degli "storage" dei suoli investigati) consente di definire il regime pedo-udometrico come "xerico" e il regime pedo-termometrico come "mesico".

I suoli del bosco "Ledera"

Il rilevamento pedologico ha consentito di individuare cinque Ordini di suoli (Entisuoli; Vertisuoli; Inceptisuoli; Mollisuoli; Alfisuoli) che risultano variamente distribuiti nelle aree che formano il demanio forestale Ledera (Fig. 1). Classificati fino a livello di Sottogruppo, insieme alle loro fasi danno origine alle 51 unità cartografiche che compongono la Carta dei Suoli e che ne costituiscono la legenda.

Unità cartografica A

Si rinviene in contrada Pioppo e in contrada Castelluzzo, ove si riscontrano paesaggi con forme delimitate da pareti alte e ripide, quasi prive di vegetazione in cui prevale la roccia affiorante con frammisti suoli a profilo A-R, superficiali, con tessitura franco-sabbiosa-argillosa, struttura da grumosa a poliedrica sub-angolare, e con scheletro abbondante. La reazione è sub-alcina, la capacità di scambio cationico è moderata e totalmente

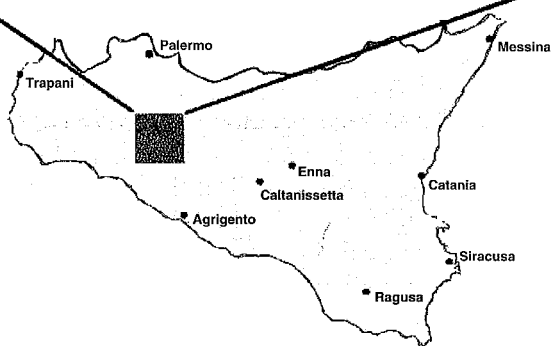
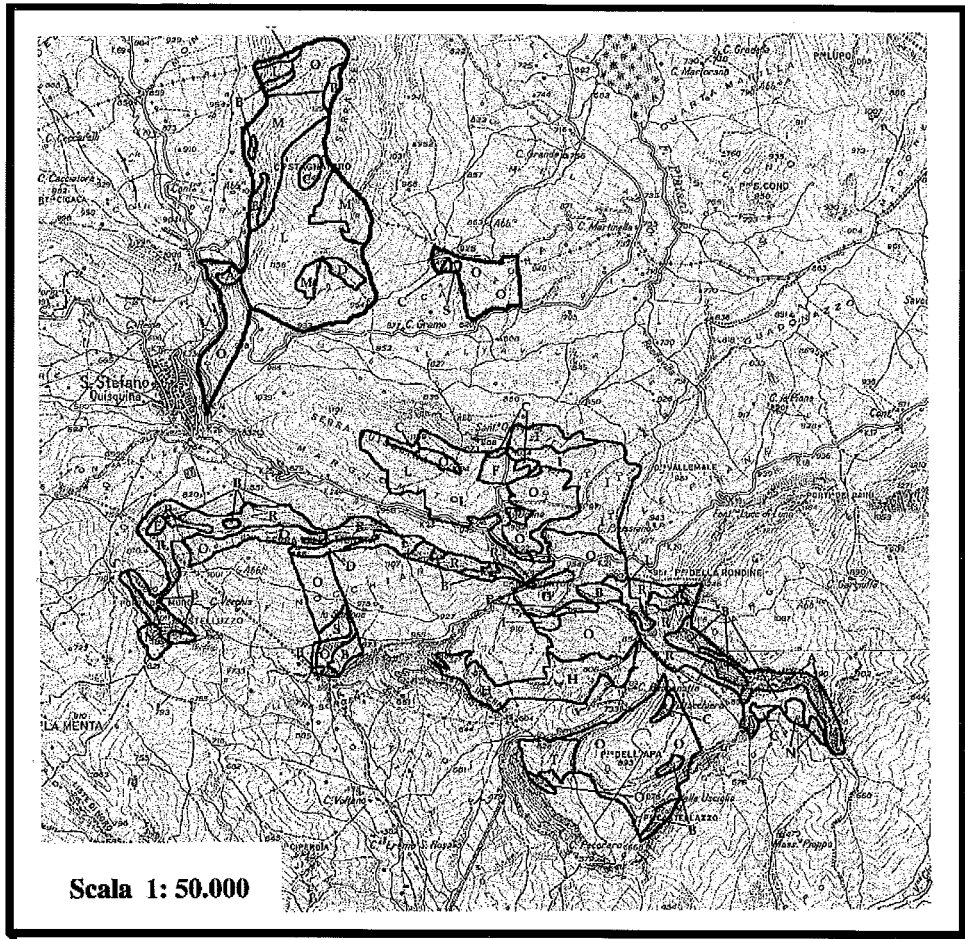


Fig. 1 - Le aree sottese al bosco Lereda. Le lettere indicano le unità cartografiche commentate nel testo (dall'originale a scala 1:10,000).

satura. Media la dotazione in carbonati, in azoto e in potassio; alta quella in fosforo. Il drenaggio varia da normale a rapido.

(Rock Outcrop - Lithic Xerorthents)

Unità cartografica B

Oltre che in contrada Pioppo, frequente risulta sulle alture di Cozzo Stagnataro e di contrada Buonanotte e La Donna. Su questi paesaggi, morfologicamente costituiti da versanti da inclinati a ripidi o molto ripidi prevale la roccia affiorante di natura detritica con frammisti suoli a profilo A-R, poco profondi o superficiali, ricchi in scheletro, a tessitura franco-sabbiosa-argillosa e con struttura poliedrica sub-angolare. Risultano sub-alcini, con una moderata capacità di scambio cationico, totalmente saturata. Mediamente dotati in carbonati, in azoto e in potassio. Alta la dotazione in fosforo. Il drenaggio varia da normale a rapido.

(Rock Outcrop - Lithic Xerorthents)

Unità cartografica C

Si rinviene in limitate aree di scarsa estensione nella zona di cozzo Stagnataro e di Serra della Moneta, su paesaggi con forme costituite da versanti da moderati a inclinati in cui, frammisti alla roccia affiorante, evolvono suoli a profilo O-A-R, poco profondi o superficiali; franco-argillosi, con struttura poliedrica sub-angolare, e con scheletro abbondante; Sono sub-alcini, con una capacità di scambio moderata ma totalmente satura. Media risulta la dotazione in carbonati, in azoto e in potassio; alta quella in fosforo. Il drenaggio varia da normale a buono.

(Rock Outcrop - Lithic Xerorthents)

Unità cartografica D

I suoli afferenti ad essa sono stati rilevati alla sommità di Serra della Moneta. Il paesaggio presenta forme con versanti da inclinati a ripidi o molto ripidi. I suoli sono a profilo O-A-R, poco profondi, con scheletro abbondante; la tessitura prevalente è la franco-argillosa e, l'aggregazione grumosa in superficie tende, con la profondità, a poliedrica sub-angolare. Risultano sub-alcini, con una moderata capacità di scambio cationico. Scarsa la dotazione in carbonati e in potassio; moderata quella in azoto e

in fosforo. Il drenaggio varia da normale a buono. (Nell'ambito di questa U.C. è stata individuata una fase rocciosa, Dr).

(Lithic Xerorthents)

Unità cartografica E

È stata localizzata in una piccola area ad ovest del santuario di San Calogero, su un paesaggio con forme costituite da versanti da inclinati a ripidi o molto ripidi in cui sono presenti suoli a profilo O-A-C, mediamente profondi, con tessitura franco-sabbiosa e struttura da grumosa a poliedrica sub-angolare e angolare con la profondità. Presentano reazione sub-alcalina, moderata C.S.C. totalmente saturata. Elevata risulta la dotazione in carbonati e in sostanza organica. Variabile su valori medio-bassi la dotazione in elementi della fertilità. Il drenaggio è normale.

(Typic Xerorthents)

Unità cartografica F

Presente esclusivamente in un tratto di territorio alle quote maggiori di contrada La Donna e in una piccola area in contrada Pioppo. Il paesaggio presenta forme di dolina di modeste dimensioni in cui i suoli, a profilo O-A-C, sono profondi, con tessitura argillosa, scheletro quasi assente e struttura che in superficie risulta grumosa e poliedrica ma che con la profondità diviene sfenoidale; la reazione è tendenzialmente neutra; da moderata ad alta la capacità di scambio cationico. Scarsa risulta la dotazione in carbonati e in potassio; media quella in azoto, fosforo e sostanza organica. Il drenaggio è lento o molto lento. (Nell'ambito di questa U.C. è stata individuata una fase erosa, Fe, e una fase pietrosa Fp).

(Typic Haploxererts)

Unità cartografica G

Ad essa afferiscono suoli che si rinvencono a sud-ovest di Contrada Buonanotte, su paesaggi con forme costituite da versanti da moderati a inclinati in cui si rinvencono suoli a profilo del tipo O-A-Bw-R, mediamente profondi; la tessitura varia da franco-sabbiosa a franca; l'aggregazione è di tipo grumosa in superficie e tende a poliedrica sub-angolare e angolare in profondità. La reazione è tendenzialmente neutra; il complesso di scambio, sempre saturo, mostra una capacità variabile da moderata

ad alta. Scarsa la dotazione in carbonati; abbondante quella in sostanza organica; variabile su valori medi la dotazione in elementi della fertilità. Il drenaggio è normale.

(*Typic Xerochrepts*)

Unità cartografica H

È localizzata in una piccola area in contrada Pioppo ove sono paesaggi con forme costituite da versanti spesso da inclinati a ripidi o molto ripidi in cui si rinvencono suoli a profilo O-A-Bw-C, mediamente profondi, con tessitura da franco-argillosa ad argillosa e scheletro abbondante; l'aggregazione è grumosa in superficie e tende a poliedrica sub-angolare e angolare in profondità; la reazione è neutra e il complesso di scambio mostra una capacità moderata e risulta totalmente saturo. Scarsa la dotazione in carbonati, discreta quella in sostanza organica. Variabile su valori medio-bassi la dotazione in elementi della fertilità. Il drenaggio è normale. (Nell'ambito di questa U.C. è stata individuata una fase erosa, He).

(*Typic Xerochrepts*)

Unità cartografica I

È localizzata in quel tratto di contrada La Donna in cui il paesaggio presenta forme costituite da versanti da moderati a inclinati. Qui evolvono suoli a profilo di tipo O-A-Bw-R, poco profondi con scheletro presente in quantità variabile; la tessitura varia da franco-sabbioso-argillosa ad argillosa; l'aggregazione, da grumosa e poliedrica sub-angolare in superficie, diviene poliedrica angolare e prismatica in profondità. La reazione oscilla da neutra a sub-alcalina; moderata la capacità di scambio, scarso il contenuto in carbonati e in potassio; discreto quello in azoto, fosforo e sostanza organica. Il drenaggio è normale o, in qualche caso, lento. (Nell'ambito di questa U.C. è stata individuata una fase erosa, Ie, una fase pietrosa Ip e una fase rocciosa, Ir).

(*Lithic Xerochrepts*)

Unità cartografica L

È presente in contrada Monteverno e in contrada Margio-muto, ove i paesaggi, che presentano forme costituite da versanti da inclinati a ripidi o molto ripidi, determinano la formazione

di suoli a profilo O-A-Bw-R, limitatamente profondi, con scheletro comune; la tessitura varia da franco-sabbioso-argillosa a franca; la struttura da grumosa a prismatica con la profondità; la reazione è tendenzialmente neutra e la capacità di scambio cationico varia da moderata ad alta. Variabile la dotazione in carbonati, discreta quella in azoto, fosforo e sostanza organica; scarso il contenuto in potassio. Il drenaggio è normale. (In questa U.C. sono state individuate cinque fasi: erosa, Le; pietrosa, Lp; rocciosa, Lr; erosa e rocciosa, Ler; rocciosa e pietrosa, Lrp).

(Lithic Xerochrepts)

Unità cartografica M

Si rinviene in tutta l'area nord di Cozzo Stagnataro, caratterizzata da un paesaggio con forme costituite da versanti da inclinati a ripidi o molto ripidi in cui evolvono suoli a profilo O-A-Bw-R, a profondità limitata, tessitura che varia da franco-sabbiosa a franco-argillosa e con scheletro comune. La struttura risulta da grumosa a prismatica con la profondità. Sono sub-acidi, i carbonati sono assenti, il complesso di scambio, lievemente desaturato, mostra una capacità moderata. Buona la dotazione in azoto, fosforo e sostanza organica; scarso il contenuto in potassio. Il drenaggio è normale. (In questa U.C. sono state individuate quattro fasi: erosa, Me; pietrosa, Mp; rocciosa, Mr; rocciosa e pietrosa, Mrp).

(Dystric Lithic Xerochrepts)

Unità cartografica N

Rinvenuta in contrada Pioppo e in contrada Castelluzzo su forme costituite da versanti da moderati a inclinati, presenta suoli che mostrano un profilo del tipo O-A-Bkss-C, mediamente profondo, argilloso, ben strutturato e con caratteri vertici ben espressi; la capacità di scambio cationico risulta moderata; sono sub-alcalini, ricchi in carbonati, con dotazione media in azoto, fosforo e sostanza organica; basso il contenuto in potassio. Il drenaggio è lento. (È presente una fase pietrosa, Np).

(Vertic Xerochrepts)

Unità cartografica O

È stata localizzata nell'area di Cozzo Minavento ove prevalgono forme costituite da versanti spesso da inclinati a ripidi o

molto ripidi in cui evolvono suoli a profilo O-A-Bw-R, con profondità moderata, tessitura franco-sabbioso-argillosa e scheletro comune; risultano ben strutturati, con una capacità di scambio cationico che si attesta su valori medio-alti e con reazione sub-alcaina. I carbonati sono spesso assenti; azoto, fosforo, potassio e sostanza organica sono ben rappresentati. Il drenaggio è normale. (In questa U.C. sono state individuate cinque fasi: erosa, Oe; pietrosa, Op; rocciosa, Or; erosa e rocciosa, Oer; rocciosa e pietrosa, Orp).

(Lithic Ruptic-Xerorthentic Xerochrepts)

Unità cartografica P

Raggruppa i suoli che evolvono nelle depressioni a forma di dolina aperta, localizzate nella parte meridionale dell'area di Contrada La Donna e a nord di Cozzo Minavento. Presentano un profilo del tipo O-A-Bw-C, con buona profondità e tessitura che varia da franco-argilloso-sabbiosa ad argillosa, ben strutturato, scheletro scarso; la reazione oscilla su valori di sub-acidità; i carbonati sono assenti e, nell'orizzonte profondo, presentano piccole concrezioni di ferro e manganese a contorno netto e dure; il complesso di scambio presenta una capacità di scambio che oscilla su valori medio-alti e risulta notevolmente desaturato. Discretamente rappresentati sono gli elementi della fertilità e la sostanza organica. Il drenaggio è lento o molto lento.

(Oxyaquic Haplumbrepts)

Unità cartografica Q

I suoli che costituiscono questa unità cartografica sono ubicati in quasi tutta l'area di Pizzo dell'Apa, a cozzo Galluzzo, in contrada La Donna e in prossimità di Serra Quisquina. Il paesaggio presenta forme costituite da versanti da moderati a inclinati. I suoli mostrano profilo O-A-Bw-R, di modesta profondità. La tessitura varia da franco-sabbioso-argillosa a franca; sono ben strutturati; la capacità di scambio cationico si attesta su valori medio-alti. La reazione varia da neutra a sub-alcaina; assenti i carbonati, presentano una buona dotazione in azoto, fosforo e sostanza organica. Discreta la dotazione in potassio. Il drenaggio è normale. (Sono state riconosciute le fasi: erosa, Qe; pietrosa, Qp; rocciosa, Qr).

(Lithic Haploxerolls)

Unità cartografica R

Si rinviene in prossimità di Pizzo della Rondine e del santuario di San Calogero. I paesaggi presentano versanti spesso da inclinati a ripidi o molto ripidi con suoli a profilo O-A-Bw-R, con media profondità, scheletro comune, tessitura da franco-sabbioso-argillosa ad argillosa; struttura poliedrica, da moderata a forte, reazione neutra o sub-alcaina, acalcarei. Presentano una moderata capacità di scambio, una buona dotazione in elementi della fertilità e in sostanza organica. Il drenaggio è normale. (Sono state riconosciute le fasi erosa, Re; pietrosa, Rp; rocciosa, Rr; erosa e rocciosa, Rer; rocciosa e pietrosa, Rrp).

(Typic Haploxerolls)

Unità cartografica S

Presente solo a Serra della Moneta in un tratto in cui i versanti spesso sono da inclinati a ripidi o molto ripidi. I suoli, a profilo O-A-Bt-R, sono mediamente profondi; modesta la presenza di scheletro. Presentano un orizzonte di superficie mollico, ben strutturato con tessitura variabile da franco-sabbiosa a franco-argillosa; evidenti i rivestimenti di argilla sugli aggregati prismatici dell'orizzonte B; la capacità di scambio mostra valori elevati e risulta quasi sempre totalmente satura; la reazione oscilla su valori compresi fra la neutralità e la sub-acidità. Sono acalcarei e presentano una buona dotazione in sostanza organica e in elementi della fertilità. Il drenaggio varia da normale a lento. (Due le fasi presenti in questa U.C.: rocciosa, Sr; rocciosa e pietrosa, Srp).

(Typic Argixerolls)

Unità cartografica T

Si rinviene ad est di Pizzo dell'Apa, in paesaggi con versanti da moderati ad inclinati. I suoli, a profilo O-A-Bt-R, sono mediamente profondi con scheletro scarso. Presentano un orizzonte di superficie avente caratteri mollici mentre l'orizzonte B è di tipo argillico. La tessitura varia da franco-sabbioso-argillosa ad argillosa; la struttura risulta molto bene espressa. La capacità di scambio presenta valori medio-alti e risulta leggermente desaturata. La reazione oscilla da sub-acida a neutra, i carbonati sono assenti. Buona la dotazione in sostanza organica e in elementi della fertilità. Il drenaggio è lento. (È presente una fase rocciosa, Tr).

(Lithic Mollic Haploxeralfs)

Conclusioni

Dallo studio dei suoli sono emersi alcuni elementi significativi che giova mettere in evidenza poiché possono avere una notevole importanza per gli scopi applicativi cui può essere destinato lo studio stesso.

Si rileva come i suoli risultino fortemente influenzati dal clima e dalla vegetazione.

Importanza primaria riveste l'andamento delle precipitazioni che, insieme alla copertura forestale, ha portato alla formazione di diversi tipi pedologici. In essi prevalgono i processi pedogenetici della decarbonatazione e, in minor misura, della brunificazione.

Il primo, determina l'allontanamento dei carbonati dal suolo. Fanno eccezione quei suoli (pochi per la verità) in cui si ha una maggiore difficoltà nello smaltimento delle acque, e quindi, si verifica un accumulo di carbonati sotto forma di concrezioni. È quanto accade, per esempio, nei suoli dell'unità cartografica N alla quale afferiscono i Vertic Xerochrepts.

Il processo della brunificazione è condizionato da una discreta piovosità che favorisce la lisciviazione su materiale decarbonatato (processo quest'ultimo messo in evidenza in alcuni tipi pedologici presenti). In tutti quei casi in cui la vegetazione, e in particolare quella di latifoglie, assicura un grado di copertura elevato, la lisciviazione viene parzialmente attenuata, poiché la perdita delle basi, è compensata dall'apporto derivante dalla demolizione della sostanza organica. In tali condizioni si ha la prevalenza del processo pedogenetico della brunificazione, come accade nella gran parte dei suoli presenti.

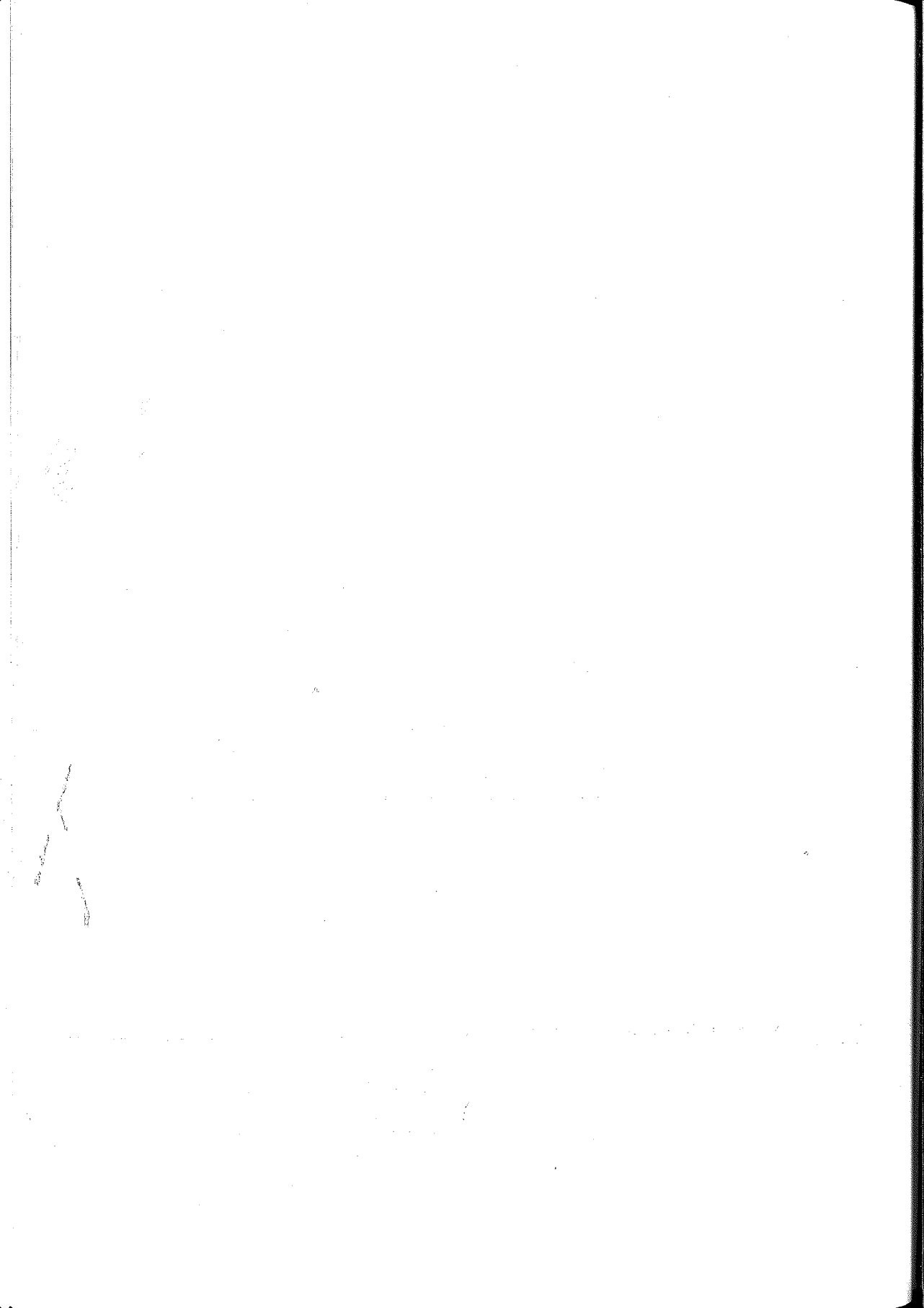
Infine, si sottolinea che, nonostante le specie utilizzate per il rimboschimento non abbiano realizzato una copertura omogenea del suolo, tuttavia, a distanza di più di 40 anni si è formato un soprassuolo boschivo che ha protetto e condizionato positivamente l'evoluzione dei suoli presenti nel Demanio.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento al Prof. Giovanni Fierotti dell'Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee dell'Università di Palermo per la lettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ASCIUTO G. (1992): *Dislocazione, consistenza e produttività del bosco. I boschi di Sicilia* - ed. Arbor - Palermo.
- 2) BILLAUX P. (1978): *Estimation du "regime hydrique" des sols au moyen des données climatiques. La méthode graphique: son utilisation dans le cadre de la Taxonomie Américaine des sols*. ORSTOM ser Pedol. vol. XVI n. 3.
- 3) BUOL S.W., HOLE F.D., MC CRACKEN R.J. (1980): *Soil Genesis and Classification*. Iowa State University Press.
- 4) DAZZI C., RAIMONDI S. (1986): *I Vertisuoli della Sicilia. Nota II: I Vertisuoli dell'azienda Pietranera (AG)*. Quaderni di Agronomia n. 11 - Palermo.
- 5) DAZZI C. (1986): *Sistemi di valutazione del territorio a fini forestali*. Quaderni di Agronomia n. 11 - Palermo.
- 6) DAZZI C. (1995): *L'ambiente pedologico del parco dei Nebrodi*. Tratto dal volume "Il Parco dei Nebrodi: un viaggio tra natura e cultura". Ed. Pubbliscuola - Palermo.
- 7) DENT D., YOUNG A. (1980): *Soil Survey and Land Evaluation*. Allen & Unwin.
- 8) FIEROTTI G. et al. (1988): *Carta dei suoli della Sicilia*. Ass. Territorio e Ambiente Reg. Sicilia. - Università di Palermo.
- 9) FIEROTTI G., DAZZI C., RAIMONDI S. (1988): *Commento alla carta dei suoli della Sicilia*. Ass. Territorio e Ambiente Reg. Sicilia. Università di Palermo.
- 10) PRITCHETT W.L., FISHER R.F. (1987): *Properties and management of forestry soils*. John Wiley & sons.
- 11) RAIMONDI S., DAZZI C., CIRRITO V. (1983): *Modello di studio integrato del territorio (Ficuzza - Palermo). Nota n. 5: I suoli*. Quaderni di Agronomia n. 10 - Palermo.
- 12) SOIL SURVEY STAFF (1993): *Soil Survey Manual - USDA Handbook n. 18 - Washington*.
- 13) SOIL SURVEY STAFF (1994): *Keys to Soil Taxonomy - 6th ed. - CSC*.
- 14) WILDING L.P., SMECK N.E., HALL G.F. (1983): *Pedogenesis and Soil Taxonomy*. Vol. I e II - Elsevier.



STUDIO PEDOLOGICO-VEGETAZIONALE DELLA TOPOSEQUENZA RIFUGIO FALCK (VAL GROSINA ORIENTALE)

MARCO BARCELLONA, ROBERTO COMOLLI

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio Università degli Studi di Milano

Riassunto

Il *transect* è stato eseguito su un terrazzo in roccia posto presso il Rifugio E. Falck (alta Val Grosina Orientale), alla quota di 1.950 m circa.

Le principali situazioni vegetazionali prese in esame (connesse a specifici aspetti topografici e morfologici) sono rappresentate da: una torbiera ombrogena zonata, a sfagni (sfagneta e mugo-sfagneta) e carici (cariceto a carice rostrata); una torbiera in evoluzione a vegetazione prativa (cariceto a carice fosca); una mugheta spontanea (rododendro-vaccinieto mughetoso), localizzata in differenti situazioni topografiche (in aree semipianeggianti presso i bordi della torbiera; su versanti rocciosi fortemente acclivi); praterie a nardo più o meno umide. Nella classificazione delle tipologie si è giunti fino al livello di associazione vegetale.

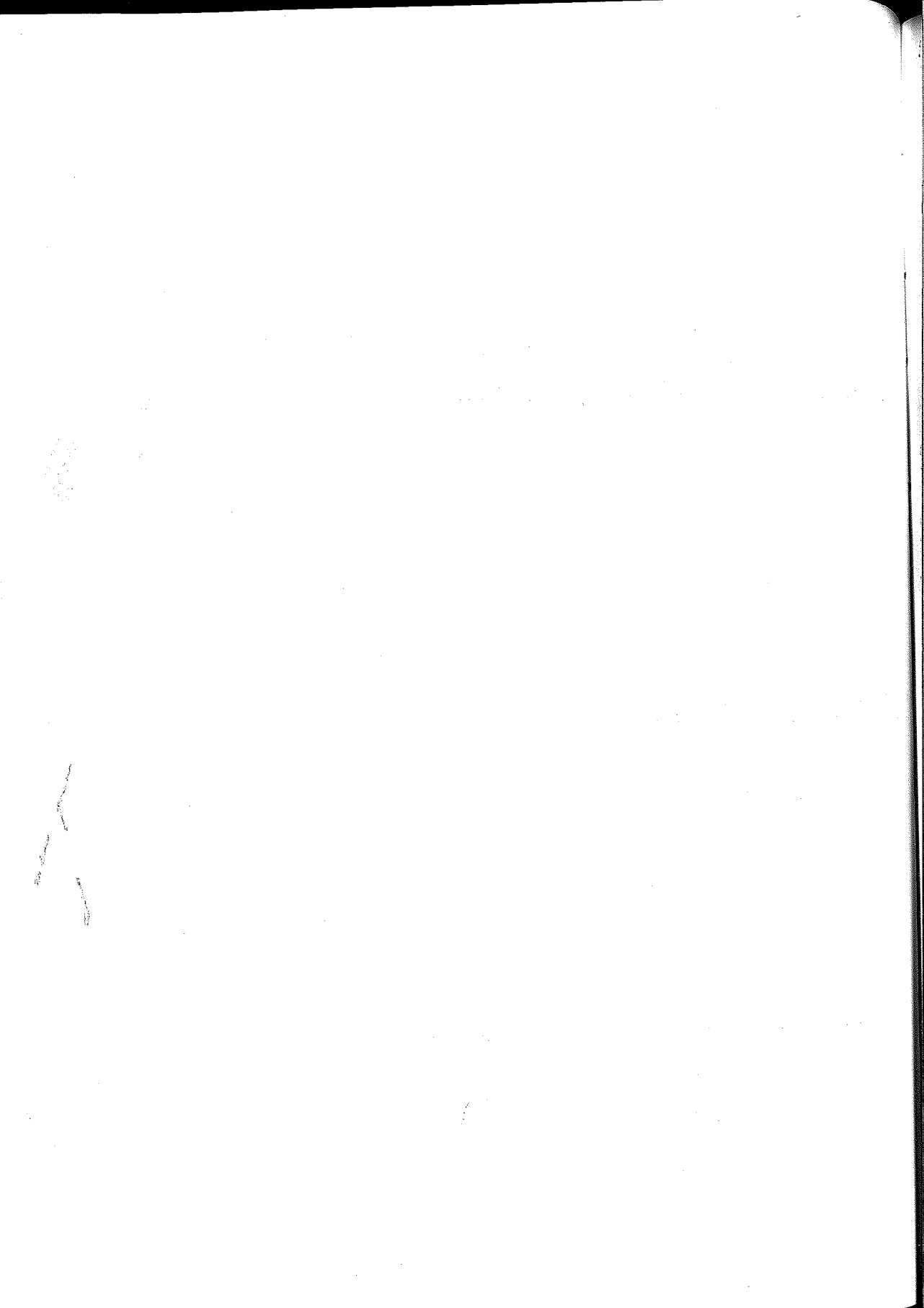
I suoli individuati, inquadrati secondo la tassonomia FAO, sono Haplic e Cambic Podzol, Fibric e Terric Histosols, Umbric Leptosols e (con minor diffusione) Regosols, Cambisols e Gleysols.

Il transect si sviluppa su una lunghezza di 250 m ed è disposto all'incirca in direzione NE-SO; vi fa capo anche uno dei profili pedologici presentati nell'escursione (P2).

I punti di rilevamento del suolo e della vegetazione sono stati distanziati di 5 m l'uno dall'altro: in totale sono stati presi in esame 52 punti.

Lo studio dei suoli è stato compiuto per mezzo di osservazioni speditive, realizzate con trivella a sgorbia, fino a profondità massima di 100 cm. La vegetazione è stata descritta a partire dal rilevamento floristico di un'area circolare (1 m²) incentrata sul punto di indagine pedologica.

Vengono presentate le diverse situazioni pedovegetazionali incontrate; vengono inoltre messi in evidenza i rapporti reciproci fra tipologie pedologiche e vegetazionali, valutati anche mediante l'impiego di strumenti statistici.



CARATTERIZZAZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA E DELLA ATTIVITÀ DELLA BIOMASSA MICROBICA IN SUOLI FORESTALI SOTTOPOSTI A DIVERSA GESTIONE

GABRIELLA ROSSI¹, FLAVIA PINZARI², ANNA BENEDETTI³

¹ Ricercatore presso l'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, MIRAAF,
via della Navicella 4, 00184 Roma.

² Borsista presso l'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, MIRAAF,
via della Navicella 4, 00184 Roma.

³ Direttore della Sezione di Nutrizione Azotata e Microbiologia del Terreno presso l'Istituto
Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, MIRAAF, via della Navicella 4, 00184 Roma.

Riassunto

Nel presente lavoro è stato studiato il turnover della sostanza organica di suoli forestali sottoposti a differente tipo di gestione (*indisturbato; sfruttamento pastorale; fruizione turistico-ricreativa*) per evidenziare eventuali stati di perturbazione dei processi di mineralizzazione-umificazione. L'indagine è stata condotta sia attraverso la caratterizzazione chimica della sostanza organica dei diversi suoli considerati, che attraverso la determinazione di alcuni parametri biochimici. L'uso di diversi indici ($Q_{mC}\%$, $Q_{mN}\%$, biomassa-C, $q(CO_2)$, rapporto (biomassa-C/TOC)% e parametri dell'umificazione), ha reso possibile evidenziare l'influenza del tipo di gestione dei suoli sul turnover della sostanza organica e sullo stato di salute del suolo stesso. Nel caso dei suoli provenienti da aree considerate imperturbate si sono riscontrate differenze nel processo di mineralizzazione-umificazione riconducibili probabilmente alla influenza esercitata dalla copertura vegetale (*Quercus* spp. caducifoglie, *Fagus sylvatica* L.).

Nel caso del sito soggetto a fruizione turistica si è avuta un'ottima risposta dei parametri biochimici nell'evidenziare una situazione di forte disturbo dell'attività metabolica che, peraltro, non è stata invece rilevata dall'esame dei parametri dell'umificazione. Infine, nell'area caratterizzata da ceduzione e da pascolamento è stato riscontrato un sensibile incremento dell'attività metabolica che non sembra tuttavia avere alterato l'equilibrio generale del sistema.

Parole chiave: suoli forestali, sostanza organica, attività della biomassa, quozienti metabolici.

Summary

Characterization of soil organic matter and microbial biomass activity in differently managed forest soils

The organic matter turnover of differently managed forest soils (*undisturbed; pastured coppice; intensive tourism*) was examined for the evaluation of qualitative and quantitative alteration of mineralization and humification processes. The study consisted of the chemical characterization of organic matter and of the evaluation of biochemical parameters for the analysis of microbial biomass activity. Several indices of soil quality ($Q_{mC}\%$, $Q_{mN}\%$, C-biomass, $q(\text{CO}_2)$, (C-biomass/TOC)% ratio, and humification parameters, were used to evaluate the influence of the different management of soils on their organic matter turnover. A relationship between leaf litter quality, humification parameters and microbial biomass respiration rates was found for undisturbed forest soils, which depends on differences in the vegetation cover (deciduous *Quercus* spp., *Fagus sylvatica* L.). In the case of the area subject to intensive tourism the disturbance of microbial biomass activity, as compared with the control area values, was evidenced. Soil compaction due to human trampling down appeared to affect only metabolic processes (respiration and C-biomass contents) but not humification which seems much resistant in recently disturbed soil. Very high rates of mineralization processes were evident in pastured coppice area; which was probably due to high input rates of fresh substrate (leaves and cattle manure). However, mineralization processes appeared to involve only the labile fraction of soil organic matter, whereas, the humification parameters of the sample appeared well balanced.

Key words: forest soils, organic matter, biomass activity, metabolic quotients.

Premessa

Il tipo di utilizzazione delle foreste, incluso il *no management*, può influenzare alcuni dei fenomeni che regolano il ciclo del carbonio nel suolo e quindi il contenuto di sostanza organica. Jhonson (1992) cita numerosi studi che esaminano l'influenza di varie pratiche di gestione su questo parametro, ma pochi ne valutano gli effetti sui fenomeni di decomposizione, umificazione e mineralizzazione che controllano il turnover della sostanza organica. Tali processi sono mediati in gran parte dalle attività della pedofauna e dei microrganismi tellurici (Nannipieri et al., 1990; Nannipieri, 1994).

La complessità delle relazioni che intercorrono tra le diverse componenti chimiche, fisiche e biologiche del sistema suolo ren-

dono tuttavia arduo stabilire dei criteri di valutazione ed una definizione univoca della qualità e dell'efficienza del suolo stesso (Papendick & Parr, 1992). La valutazione delle attività della biomassa microbica legate alla mineralizzazione della sostanza organica può fornire di per sé delle indicazioni sullo stato di salute e di fertilità dei suoli (Anderson & Domsch, 1986a, 1986b). Si tratta infatti di parametri che rispondono velocemente a diversi tipi di disturbo che possono invece manifestare i loro effetti sul suolo solo nel medio o lungo periodo se si utilizzano esclusivamente indici di tipo chimico-fisico (Benedetti et al., 1993; Brookes, 1992; Rossi et al., 1994; Gupta et al., 1994). Inoltre, la determinazione del rapporto percentuale tra il C della biomassa microbica ed il C organico totale del suolo (biomassa-C/TOC)% e del quoziente metabolico $q(\text{CO}_2)$, pari alla quantità di carbonio mineralizzato come CO_2 per unità di C della biomassa e di tempo, possono costituire un mezzo diagnostico complementare per quantificare gli effetti dei cambiamenti ambientali sulle comunità microbiche e sul turnover della sostanza organica. È stato infatti dimostrato che valori elevati dell'attività respiratoria e del $q(\text{CO}_2)$ possono essere interpretati sia come una risposta fisiologica a stress ambientali (Killham, 1985; Anderson & Domsch, 1990) che come fenomeni legati al grado di stabilità del sito stesso (Insam & Domsch, 1988). Anche la valutazione dei coefficienti di mineralizzazione dell'azoto organico, $Q_{mN}\%$ (rapporto percentuale tra la quantità di azoto mineralizzato in 30 settimane ed il contenuto di azoto totale del suolo) e del carbonio organico, $Q_{mC}\%$ (rapporto percentuale tra la quantità di carbonio mineralizzato come CO_2 ed il contenuto in carbonio organico totale del suolo) permette di evidenziare variazioni nella velocità di mineralizzazione della sostanza organica, non consentendo la semplice determinazione del contenuto in carbonio ed azoto organico totale del suolo una valutazione quantitativa del fenomeno (Benedetti A., 1982). Infine, i cambiamenti nella gestione del suolo causano l'incremento o il decremento della biomassa microbica molto più velocemente che non della quantità totale di sostanza organica del suolo (Ayana-ba et al., 1976; Adams & Laughlin, 1981; Powlson et al., 1987; Anderson & Domsch, 1989). Pertanto è necessario l'utilizzo di parametri sia chimico-fisici che biochimici per valutare eventuali perturbazioni nel turnover della sostanza organica e quindi nella fertilità del suolo stesso, da cui dipende il mantenimento della qualità dell'ambiente (Doran & Parkin, 1994).

Obiettivo

L'obiettivo del presente lavoro è quello di valutare l'influenza del tipo di gestione (*imperturbato; sfruttamento pastorale; fruizione turistico-ricreativa*) sul turnover della sostanza organica in alcuni suoli forestali. L'indagine è stata condotta sia attraverso la analisi chimica della sostanza organica dei diversi siti, che attraverso la determinazione di alcuni parametri biochimici.

Materiali e metodi

Sono stati utilizzati cinque suoli forestali provenienti da tre aree sperimentali diversificate per collocazione geografica e per tipo di utilizzo.

Le aree sono le seguenti:

- *Monti Cimini* (Viterbo): area interna alla riserva naturale e considerata imperturbata. I campioni di suolo sono stati prelevati sulle pendici del Monte Fogliano (MF) e del Monte Venere (MV);

- *Monti della Tolfa* (Roma): zona a sfruttamento pastorizio. Campionamenti effettuati su due profondità: 0-20 cm (TF1) e 20-40 cm (TF2);

- *Parco Nazionale d'Abruzzo*-loc. Campitelli (L'Aquila): in questo caso i campionamenti sono stati effettuati in due zone limitrofe, rispettivamente indisturbata (C3) e a fruizione turistica (C4).

Tutti i campioni di suolo, ad esclusione di Tolfa, sono stati campionati nello strato di 0-40 cm.

Le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni (Tab. 1) sono state determinate secondo i metodi normalizzati della S.I.S.S. (Società Italiana di Scienza del Suolo, 1985). La sostanza organica umificata è stata determinata secondo la tecnica del polivinilpirrolidone (Sequi et al., 1986); inoltre sono stati calcolati il grado di umificazione [$DH\% = (HA+FA)/TEC \times 100$, cioè il rapporto percentuale fra il C umico (HA+FA) e quello estratto (TEC)] ed il tasso di umificazione [$HR\% = (HA+FA)/TOC \times 100$, cioè il rapporto percentuale fra il C umico (HA+FA) e quello totale (TOC)] (Ciavatta et al., 1990).

I parametri biochimici considerati sono stati: la misura dell'attività respirometrica secondo una tecnica standardizzata da Nigro (Nigro et al., 1978) che prevede la determinazione della CO₂ svolta dal suolo mediante metodo titrimetrico; la determinazione del contenuto in carbonio della biomassa (biomassa-C)

Tab. 1 - Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli (valori riferiti a sostanza secca a 105°C).

Tab. 1 - *Soils chemical and physical characteristics (values referred to 105°C dry matter).*

Parametro	MF	MV	TF 1	TF 2	CA 3	CA 4
Sabbia %	76	67	46	32	54	56
Limo %	22	31	29	30	30	33
Argilla %	2	2	25	38	16	11
Tessitura (USDA)	SF	FS	F	FA	FS	FS
Capacità di ritenzione capillare % (pF=2.5)	47.8	40.3	52.9	40.4	38.5	38.5
pH (H ₂ O)	5.5	5.7	6.9	6.5	5.1	4.9
C.S.C. (T) meq/100 g	65	60	50	53	41	46
CaCO ₃ tot. % (De Astis)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
P ass. (Olsen) (ppm)	13.5	9.4	25.0	13.6	16.3	19.4
K ass. (ppm)	468	298	860	424	152	122
T.O.C. % (Springer-Klee)	12.1	6.4	9.5	4.1	6.4	6.4
N tot. % (Kjeldhal)	0.81	0.62	0.58	0.31	0.41	0.48
C/N	14.9	10.3	16.4	13.2	15.6	13.3

Legenda: F = franco; FA = franco argilloso; FS = franco sabbioso; SF = sabbioso franco.

mediante il metodo della fumigazione-estrazione (Vance et al., 1987); l'attività di mineralizzazione potenziale dell'azoto organico secondo Stanford e Smith modificato da Benedetti (Benedetti, 1983). Sono stati inoltre elaborati il quoziente metabolico $q(\text{CO}_2)$ ed il rapporto (biomassa-C/TOC)%, nonché i coefficienti di mineralizzazione dell'azoto organico ($Q_{mN}\%$) e del carbonio organico ($Q_{mC}\%$).

Risultati e Discussione

I risultati ottenuti saranno presentati separatamente per i diversi siti.

Monti Cimini: Monte Fogliano e Monte Venere

Per le località dei Monti Cimini, considerate "indisturbate" sulla base del tipo di gestione dell'intera area (Riserva Naturale del Lago di Vico), sono emerse per i due siti differenze significa-

tive nei valori dei parametri biochimici che indicano una differente dinamica di mineralizzazione della sostanza organica. I valori di respirazione della biomassa microbica e quelli di mineralizzazione dell'azoto organico (Tab. 2) mostrano infatti un'attività di mineralizzazione potenziale della sostanza organica più elevata nel campione MF che in MV. Una conferma viene dal calcolo dei coefficienti di mineralizzazione $Q_{mN}\%$ e $Q_{mC}\%$ che permettono di confrontare i due suoli proprio sulla velocità del metabolismo degradativo. Inoltre, interpretando le differenze nei valori del quoziente metabolico e del contenuto percentuale di carbonio della biomassa rispetto al carbonio organico totale (Tab. 3) secondo la teoria della successione degli ecosistemi di Odum (Odum, 1985; Anderson & Domsch, 1990; Insam &

Tab. 2 - Attività di mineralizzazione del carbonio e dell'azoto organico.

Tab. 2 - Mineralization activity of organic carbon and nitrogen.

Campioni	ppm CO ₂ (14 gg)	Q _{mC} %	ppm N min. (30 sett.)	Q _{mN} %
MF	888±32	0.73	547±13	6.75
MV	394±15	0.62	279±70	4.50
TF1	2409±55	2.54	821±25	14.15
TF2	790±19	1.93	277±15	8.94
C3	636±16	0.99	392±23	9.56
C4	220±11	0.35	221±12	4.60

Tab. 3 - Contenuto in biomassa-C (mg/kg); valori del $q(\text{CO}_2)$ (mg C-CO₂/mg C-biomassa·h⁻¹); rapporto (biomassa-C/TOC)%.

Tab. 3 - C-biomass (mg/kg) contents; $q(\text{CO}_2)$ (mg C-CO₂/mg C-biomass·h⁻¹) values; (biomass-C/TOC)% ratio.

Campioni	biomassa-C	$q(\text{CO}_2)$	(biomassa-C/TOC)%
MF	285±13	15·10 ⁻⁴	0.24
MV	229±70	8·10 ⁻⁴	0.36
TF1	733±22	11·10 ⁻⁴	0.77
TF2	268±13	7·10 ⁻⁴	0.65
C3	503±15	6·10 ⁻⁴	0.79
C4	142±60	12·10 ⁻⁴	0.23

Domsch, 1988), l'elevato quoziente metabolico di MF è riconducibile ad una situazione in evoluzione, in contrapposizione alla condizione più stabilizzata riscontrata nel sito di MV. Tale osservazione è confermata anche dai valori dei parametri di umificazione (Tab. 4) dai quali risulta che Monte Fogliano ha un minor contenuto di sostanza organica umificata rispetto a Monte Venere, pur avendo un maggior contenuto di carbonio organico totale. Si tratta di un dato che è stato peraltro confermato in un lavoro di Benedetti (Benedetti et al., 1994) in cui la sostanza organica estratta dagli stessi suoli forestali è stata analizzata mediante la tecnica di elettrofocalizzazione (EF). Anche in questo caso i risultati ottenuti dall'analisi dei profili di EF per i due siti mostrano un contenuto maggiore in sostanza organica umificata nel campione di MV rispetto a MF. Tali differenze sono probabilmente dovute al tipo di copertura vegetale che influenza le caratteristiche chimiche della lettiera e del suolo stesso; nel caso di MF la lettiera di *Fagus sylvatica* costituisce infatti un substrato di più difficile degradazione rispetto a quella costituita da *Quercus* spp. di MV, presentando la prima un rapporto lignina/N più alto della seconda (Cortez et al., 1996).

Monti della Tolfa

In questo caso lo studio dello strato organico (TF1) ha evidenziato un'attività mineralizzante della biomassa estremamente alta (Tab. 2), nonché una notevole consistenza dello stesso comparto microbico (Tab. 3). Inoltre, l'ampliamento delle indagini allo strato più profondo (TF2) ha permesso di evidenziare la presenza di una discreta quantità di biomassa microbica meta-

Tab. 4 - Parametri dell'umificazione.

Tab. 4 - Humification parameters.

Campioni	TOC%	TEC%	C(HA+FA)%	HD%	HR%
MF	12.1	3.8	1.9	49.3	16.0
MV	6.4	5.6	3.9	69.5	61.0
TF1	9.5	5.9	4.4	74.6	46.3
TF2	4.1	2.6	2.2	84.6	53.7
C3	6.4	3.4	2.1	52.7	32.5
C4	6.4	3.9	2.1	53.8	33.0

bolicamente attiva e di sostanza organica anche a 40 cm di profondità. In particolare, in TF1 si osserva un turnover della frazione labile della sostanza organica molto rapido evidenziato dall'elevato valore dell'attività respirometrica (2409 ppm CO₂ in 14gg) e dei coefficienti di mineralizzazione QmC% (2.53%) e QmN% (14%). Tali valori risultano elevati anche nel secondo strato, dove il rapporto (biomassa-C/TOC)% è pari allo 0.65%. Il tipo di utilizzo dell'area in esame (ceduazione e pascolo), che determina un continuo apporto di materiale organico al suolo sotto forma sia di deiezioni animali che di residui vegetali, comporterebbe una iperattività metabolica della biomassa microbica. Tuttavia, dal confronto tra il valore del quoziente metabolico e dal rapporto (biomassa-C/TOC)% (Tab. 3) si evidenzia per entrambi gli strati una situazione di relativo equilibrio (Anderson, 1994). Anche i valori dei parametri dell'umificazione, ed in particolare del grado di umificazione (DH%=74.6%), confermano che si tratta di un suolo con una buona attività umificante. Questi dati suggeriscono che l'elevata attività metabolica della biomassa potrebbe avvenire soprattutto a carico della frazione organica labile del substrato apportato di volta in volta al terreno. Tali considerazioni comunque offrono lo spunto per ulteriori approfondimenti.

Parco Nazionale d'Abruzzo: loc. Campitelli

I campioni prelevati dalle due aree oggetto di studio (C3 e C4) presentano caratteristiche chimico-fisiche simili (Tab. 1). Come accennato, C4 è un suolo sottoposto ad un disturbo antropico costante, individuabile nel compattamento del suolo da calpestio. Il terreno C3 è stato considerato un "bianco" della situazione di alterazione; si tratta cioè di un terreno limitrofo con simili caratteristiche pedologiche e stessa copertura vegetale, ma non sottoposto a fruizione turistica. L'esame dei parametri biochimici ha evidenziato delle differenze significative tra le due zone per quanto riguarda il metabolismo microbico (Tab. 3). Infatti il contenuto in carbonio della biomassa subisce un forte decremento nella zona a prevalente fruizione turistica rispetto a quella indisturbata. Il significato di questo fenomeno è meglio evidenziato dal confronto dei valori del rapporto (biomassa-C/TOC)% che sono pari allo 0.79% per C3 e allo 0.23% per C4 contro un uguale contenuto in carbonio organico totale per i due siti (Tab. 4). Queste differenze indicano che la condizione di alterazione del sito C4 si è tradotta in una perdita quantitativa

di biomassa (Anderson & Domsch, 1989). Anche i valori del $q(\text{CO}_2)$ permettono di evidenziare uno stato di stress metabolico del campione C4 che si manifesta con un aumento della domanda energetica rispetto al sito C3 (Anderson, 1994). Ciononostante il contenuto in carbonio organico totale ed i valori dei parametri dell'umificazione sono simili nei due campioni (Tab. 4). I risultati riportati suggeriscono inoltre che la più lenta mineralizzazione della sostanza organica, evidenziatasi nel sito soggetto a fruizione turistica (Tab. 2) potrebbe essere dovuta ad una situazione di alterazione fisica da compattamento dello strato superficiale del suolo con conseguente occlusione dei macropori, impermeabilizzazione, anossia e decremento dell'ampiezza delle popolazioni di microrganismi saprofiti metabolicamente attivi (Kaiser et al., 1991). Queste osservazioni potrebbero essere convalidate da approfondimenti mediante analisi micromorfologica (Pagliai et al., 1983).

Conclusioni

Attraverso la valutazione dell'attività metabolica della biomassa microbica e dei parametri dell'umificazione di suoli forestali differenti per caratteristiche pedoclimatiche e per tipo di utilizzo, è stato possibile evidenziare l'influenza del tipo di gestione sul turnover della sostanza organica e sullo stato di salute del suolo stesso. Infatti i parametri chimici e biochimici utilizzati hanno fornito indicazioni sulla qualità dei sistemi sia nel caso di suoli forestali considerati imperturbati (Monti Cimini), che in quello di aree diversamente antropizzate (ceduazione e pascolo; fruizione turistica).

Per quanto concerne Monte Fogliano e Monte Venere, attraverso lo studio del turnover della sostanza organica e la determinazione dei parametri dell'umificazione sono state riscontrate delle differenze tra i due siti nella dinamica del metabolismo del carbonio e dell'azoto organici, nel senso di una maggiore stabilità di MV rispetto a MF.

Nel caso di Tolfa (TF1 e TF2), si è osservata un'elevata attività metabolica non accompagnata da bassi valori di sostanza organica umificata. Pertanto, sebbene non sia possibile effettuare confronti con situazioni precedenti o successive all'attuale, si può ritenere che finora la gestione del suolo di Tolfa non abbia comportato delle alterazioni della fertilità del suolo.

Nell'area sperimentale del Parco Nazionale d'Abruzzo si è avuta un'ottima risposta dei parametri biochimici nell'evidenziare una situazione di forte disturbo dell'attività metabolica e di alterazione della fertilità, non rilevabile attraverso la caratterizzazione dei soli parametri chimico-fisici (Tab. 1). Questi infatti non mostrano differenze significative tra il controllo e l'area sottoposta a fruizione turistica.

Ringraziamenti

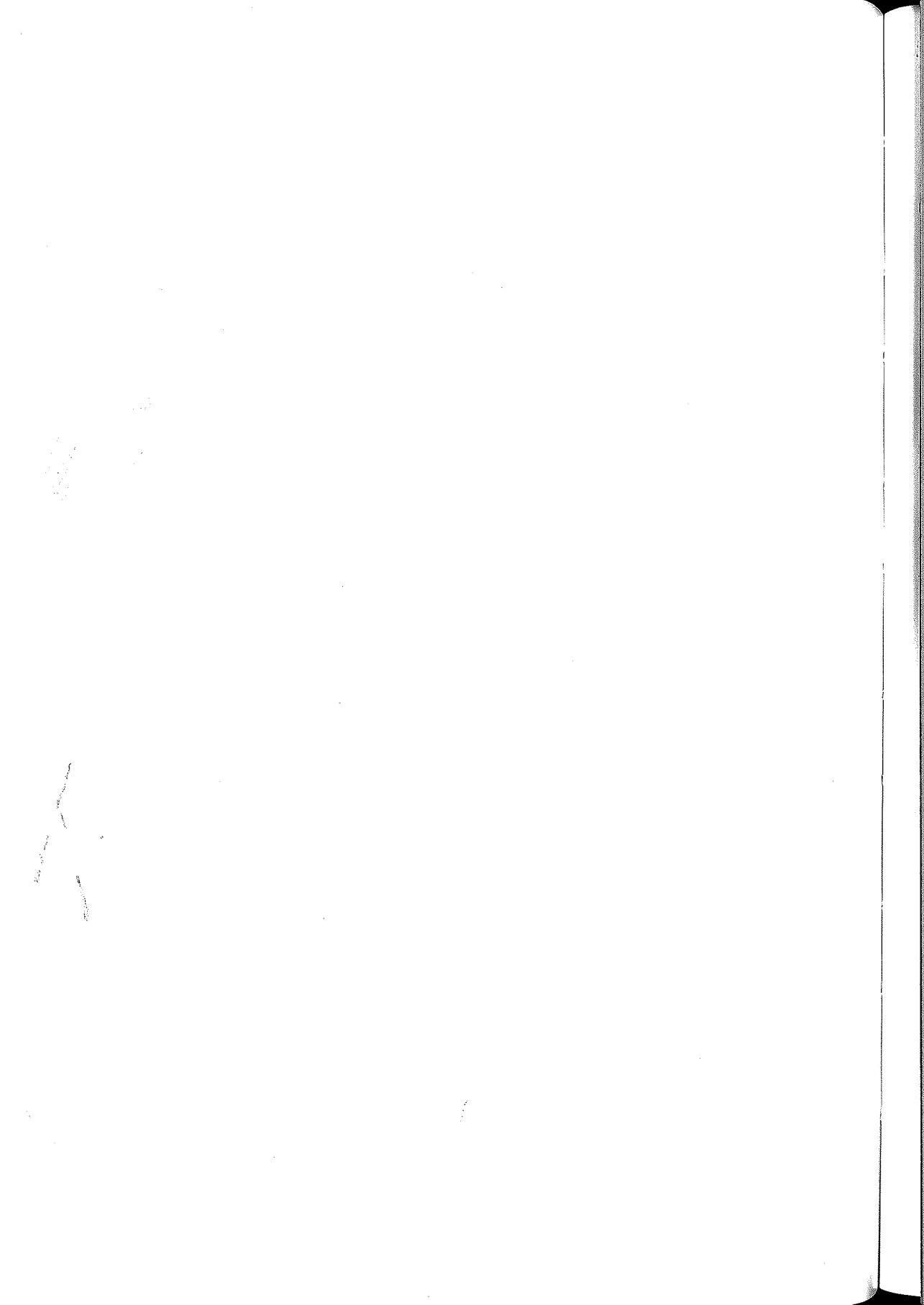
Si ringrazia il Dr. Stefano Canali per il contributo dato alla individuazione delle aree sperimentali e nella determinazione dei parametri di unificazione.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ADAMS T.M.CM, LAUGLIN R.J. (1981): *The effects of agronomy on the carbon and nitrogen contained in the soil biomass*. J. Agric. Sci. (Cam) 97: 319-327.
- 2) ANDERSON T.-H., DOMSCH K.H. (1986a): *Carbon assimilation and microbial activity in soil*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 149: 457-468.
- 3) ANDERSON T.-H., DOMSCH K.H. (1986b): *Carbon-link between microbial biomass and soil organic matter*. In: Megusar F., and Gantar M. (eds) Proc. Fourth International Symposium on Microbial Ecology. Ljubljana, Yugoslavia: Mladinska Knjiga.
- 4) ANDERSON T.-H., DOMSCH K.H. (1989): *Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils*. Soil Biol. & Biochem. 21: 471-479.
- 5) ANDERSON T.-H., DOMSCH K.H. (1990): *Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories*. Soil Biol. & Biochem. 10: 251-255.
- 6) ANDERSON T.-H. (1994): *Physiological analysis of microbial communities in soil: Applications and Limitations*. In: Beyond the Biomass. Ritz K., Dighton J. and Giller K.E. (eds.) British Society of Soil Science (BSSS). 7: 67-76.
- 7) AYANABA A., TUCKWELL S.B., JENKINSON D.S. (1976): *The effects of clearing and cropping on the organic reserves and biomass of tropical forest soils*. Soil Biol. & Biochem. 8: 519-525.
- 8) BENEDETTI A., CAVALLARI L., NIGRO C. (1982): *Su alcuni aspetti del bilancio umico azotato del terreno. Nota 1: azione di diversi materiali organici*. Ann. Ist. Sper. Nutr. Piante - Roma, v. XI.
- 9) BENEDETTI A. (1983): *Fertilità biologica del terreno e concimi ad azoto lento*. Ann. Ist. Sper. Nutr. Piante - Roma, v. XII.
- 10) BENEDETTI A., DELL'ABATE M.T., ROSSI G. (1993): *Biological indices of environmental impact as functional measure of ecosystem effects: a case of naturally polluted soils by heavy metals*. First SETAC World Congress. Ecotoxicology and Environmental Chemistry - a Global Perspective. 224-225.
- 11) BENEDETTI A., ALIANIELLO F., DELL'ORCO S., CANALI S. (1994): *A comparative characterization of organic matter in agrarian and forest soils from Italy*. Environment International 20: 419-424.
- 12) BROOKES P.C. (1992): *The potential of microbiological properties as indicators in soil pollution monitoring*. Proceeding del Workshop "Soil Monitoring. Methods for Early Detection and Surviving of soil Contamination and Degradation" Monte Verite (CH).
- 13) CIAVATTA C., GOVI M., VITTORI ANTISERI L., SEQUI P. (1990): *Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone chromatography*. J. Chromatogr. 509: 141-146.

- 14) CORTEZ J., DEMARD J.M., BOTTNER P., JOCTEUR MONROZIER L. (1996): *Decomposition of mediterranean leaf litters: a microcosm experiment investigating relationships between decomposition rates and litter quality*. Soil Biol. & Biochem. 28: 443-452.
- 15) DORAN J.W., PARKIN T.B. (1994): *Defining and Assessing Soil Quality*. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSA Special Publication Number 35. 1: 3-22.
- 16) GUPTA V.V.S.R., GRACE P.R., ROPER M.M. (1994): *Carbon and Nitrogen Mineralization as Influenced by Long-Term Soil and Crop Residue Management Systems in Australia*. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSA Special Publication Number 35. 13: 193-200.
- 17) INSAM H., DOMSCH K.H. (1988): *Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites*. Microbial Ecology. 15: 177-188.
- 18) JHONSON D.W. (1992): *Effects of forest management on soil carbon storage*. Water Air Soil Pollut. 64: 83-120.
- 19) KILLHAM K. (1985): *A physiological determination of the impact of environmental stress on the activity of microbial biomass*. Envir. Poll. (Series A) 38: 283.
- 20) KAISER E.A., WALENZIK G., HEINEMEYER O. (1991): *The influence of soil compaction on decomposition of plant residues and microbial biomass*. In: Wilson W.S. (ed.) *Advances in Soil Organic Matter Research*, 253-266. Melksham, UK: Redwood Press.
- 21) NANNIPIERI P., CECCANTI B., GRECO S. (1990): *Ecological significance of the biological activity in soil*. In: *Soil Biochemistry*, vol. 6 (J.M. Bollag e G. Stotzky eds.), 293-355. Marcel Dekker, New York.
- 22) NANNIPIERI P. (a cura di) (1994): *Ciclo della sostanza organica nel suolo*. Patron (ed.) 315 pp.
- 23) NIGRO C., SCANDELLA P., BENEDETTI A., COSTANTINI A. (1978): *La respirazione del terreno come indice di fertilità biologica - Nota I - Metodologia e possibilità applicative*. Ann. Ist. Sper. Nutr. Piante - Roma, v. IX.
- 24) ODUM E.P. (1985): *Trends expected in stressed ecosystems*. Bioscience 35: 419-422.
- 25) PAGLIAI M., LA MARCA M., LUCAMANTE G. (1983): *Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage*. Journal of Soil Science, 34: 391-403.
- 26) PAPENDICK R.I., PARR J. F. (1992): *Soil quality - the key to a sustainable agriculture*. Am. J. Altern. Agric. 7: 2-3.
- 27) POWLSON D.S., BROOKES P.C., CHRISTENSE B.T. (1987): *Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation*. Soil Biol. & Biochem. 19: 159-164.

- 28) ROSSI G., BENEDETTI A., DELL'ABATE M.T., DELL'ORCO S., BENEDETTI AL. (1994): *Indicatori biologici di impatto ambientale a livello di suoli forestali*. Atti XI Convegno Società Italiana di Chimica Agraria. Cremona 1993. 666-673.
- 29) SEQUI P., DE NOBILI M., CERCIGNANI G. (1986): *A new index of humification*. *Agrochimica* 30: 175-179.
- 30) SOCIETÀ ITALIANA DI SCIENZA DEL SUOLO (1985): *Metodi normalizzati di analisi del suolo*. Edagricole (ed.).
- 31) VANCE E.D., BROOKES P.C., JENKINSON D.S. (1987): *An extraction method for measuring microbial biomass C*. *Soil Biol. & Biochem.* 19: 703-707.



I SUOLI DA PIROCLASTITI SUI RILIEVI CARBONATICI DEL SISTEMA PARTENIO-VALLO DI LAURO

BUONDONNO C.¹, BUONDONNO A.¹, ERMICE A.²,
MUROLO M.¹, PUGLIANO M.L.¹, FLAMINIO G.¹

¹ Università degli Studi di Napoli Federico II, Facoltà di Agraria, Dip.to di Scienze Chimico-Agrarie.

² Seconda Università di Napoli, Facoltà di Scienze Ambientali.

Riassunto

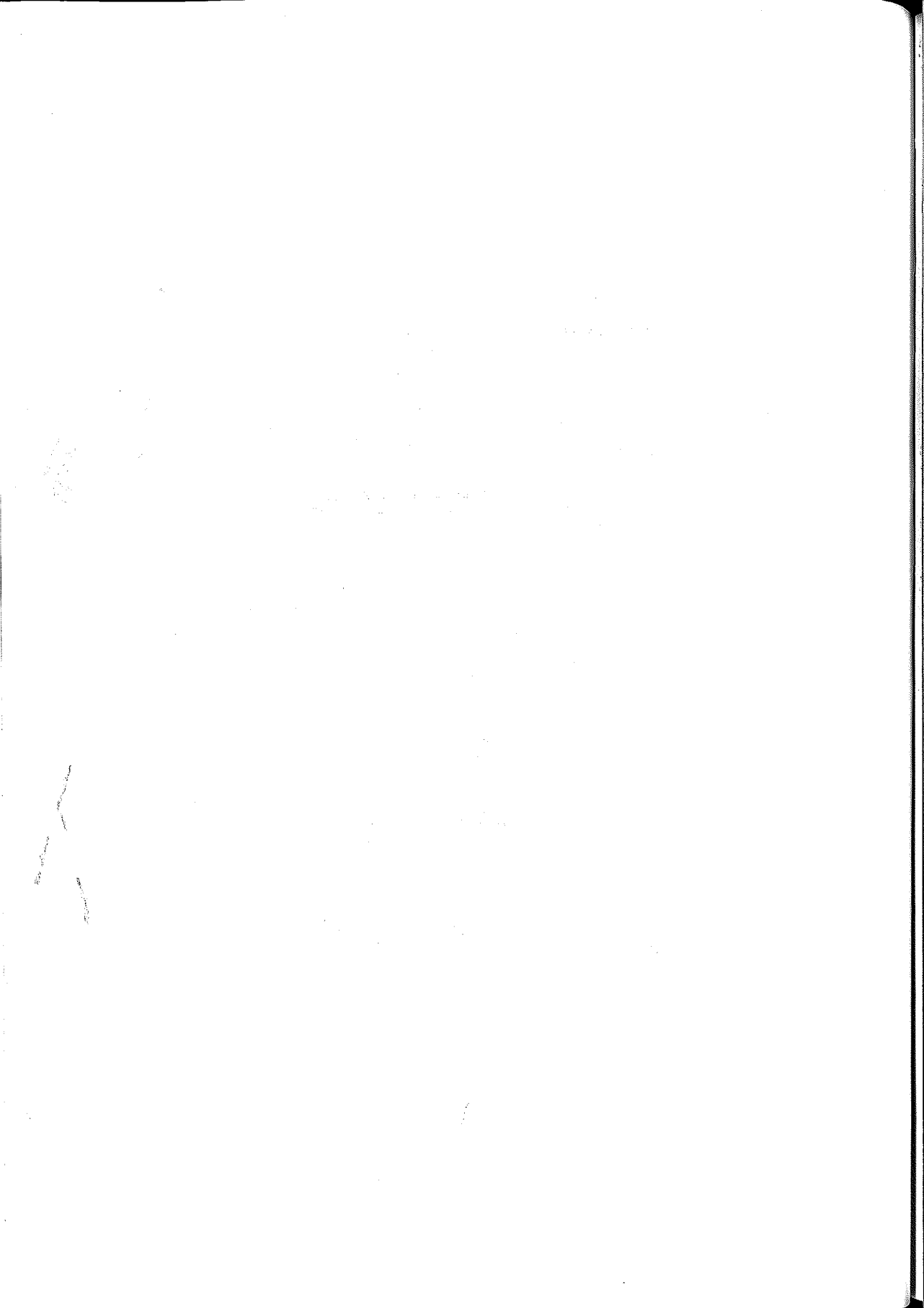
Il sistema del Partenio-Vallo di Lauro è uno dei rilievi della propaggine appenninica che borda la Pianura Campana. È situato a NE del complesso vulcanico Somma-Vesuvio, ed è costituito da affioramenti della piattaforma carbonatica Campano-Lucana che soggiace alla Pianura Campana.

La roccia carbonatica è stata ricoperta ripetutamente da materiali piroclastici delle attività vulcaniche esplosive, in prevalenza di quelle del Somma-Vesuvio, fin da epoche precedenti i 3.400 anni dal presente.

Una peculiarità di questi mantelli piroclastici è la diffusa presenza del caratteristico livello di pomice bianche dell'eruzione vesuviana di Avellino (3.400-3.800 anni dal presente); inoltre, non con la stessa regolarità ed analogia diffusione, e non sempre rilevabili con immediatezza ad una prima osservazione di campagna, sono presenti prodotti piroclastici ascrivibili ad eruzioni precedenti e successive.

I suoli risultano in prevalenza geneticamente legati alla coltre piroclastica, anche quando questa è molto esile e quando è evidente la rocciosità affiorante: l'ambiente pedologico su questi rilievi carbonatici è l'ambiente dei suoli vulcanici. Il carattere andico, specificatamente dei suoli alle quote più alte, si palesa con immediatezza all'osservazione di campagna, trova conferma nelle indagini di laboratorio e riscontro nella classificazione.

Vengono presentati i risultati dello studio svolto sull'intero sistema, esteso su una superficie di oltre 7.000 Ha, con osservazione dei tipi pedologici tra le quote 300 e 1.400 m s.l.m., su stazioni con differente esposizione e copertura vegetale.



QUANTIFICAZIONE ED ANALISI DEL SEDIMENTO ACCUMULATO NELLA DIGA DI VALGROSINA

GIAN BATTISTA BISCHETTI¹, ACHILLE BONAZZI²

¹ Istituto di idraulica Agraria - Università degli Studi di Milano.

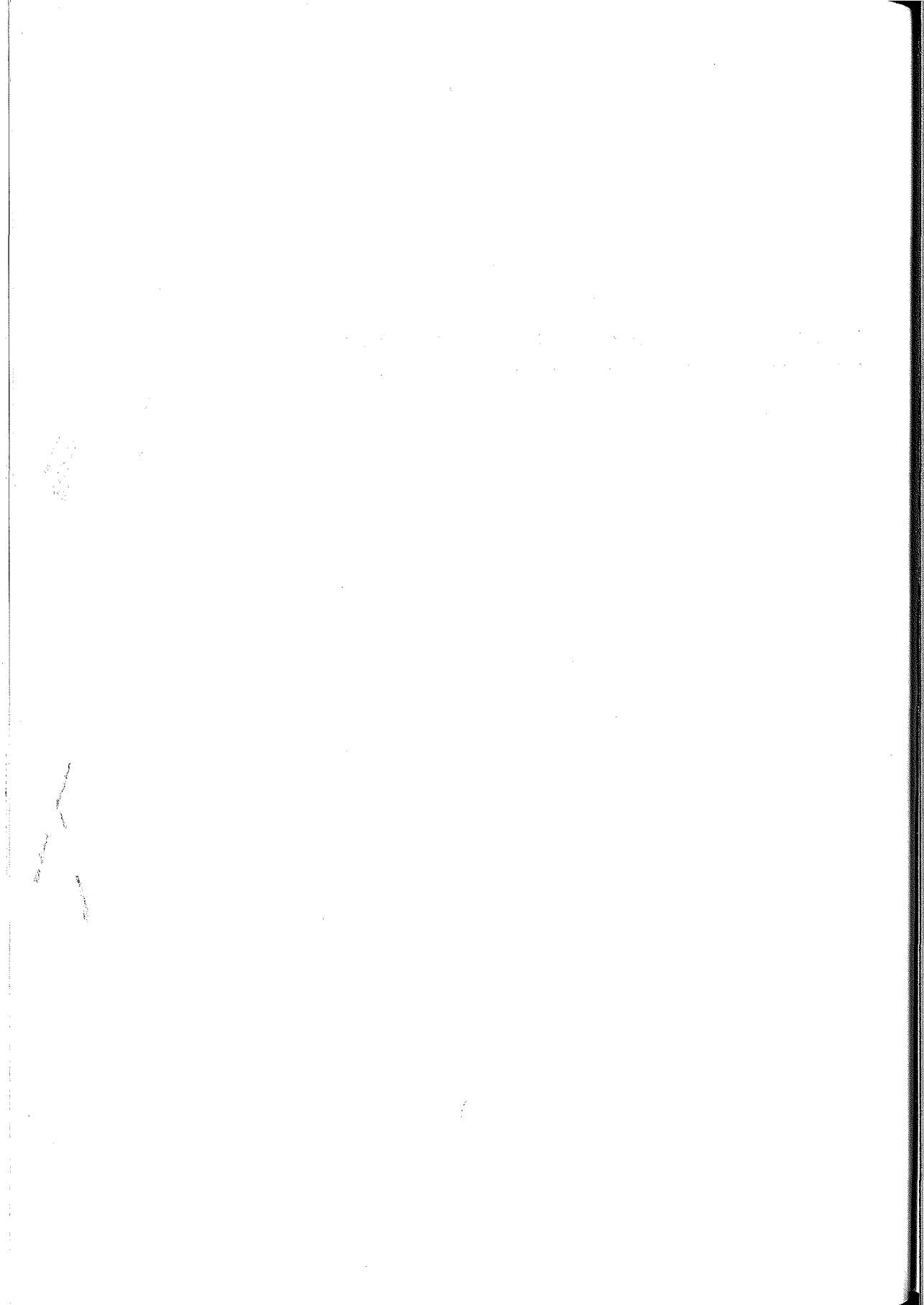
² Istituto di Mineralogia - Università degli Studi di Parma.

Riassunto

Lo studio dei processi erosivi a scala di bacino trova spesso un ostacolo nella mancanza di dati sperimentali relativi alla quantità di sedimento prodotto dal bacino stesso. Le misure di trasporto solido, sono infatti poco frequenti e con serie temporali limitate, a causa della loro difficoltà e onerosità. In questo contesto risultano particolarmente preziose le misure del sedimento accumulato dietro traverse e sbarramenti artificiali.

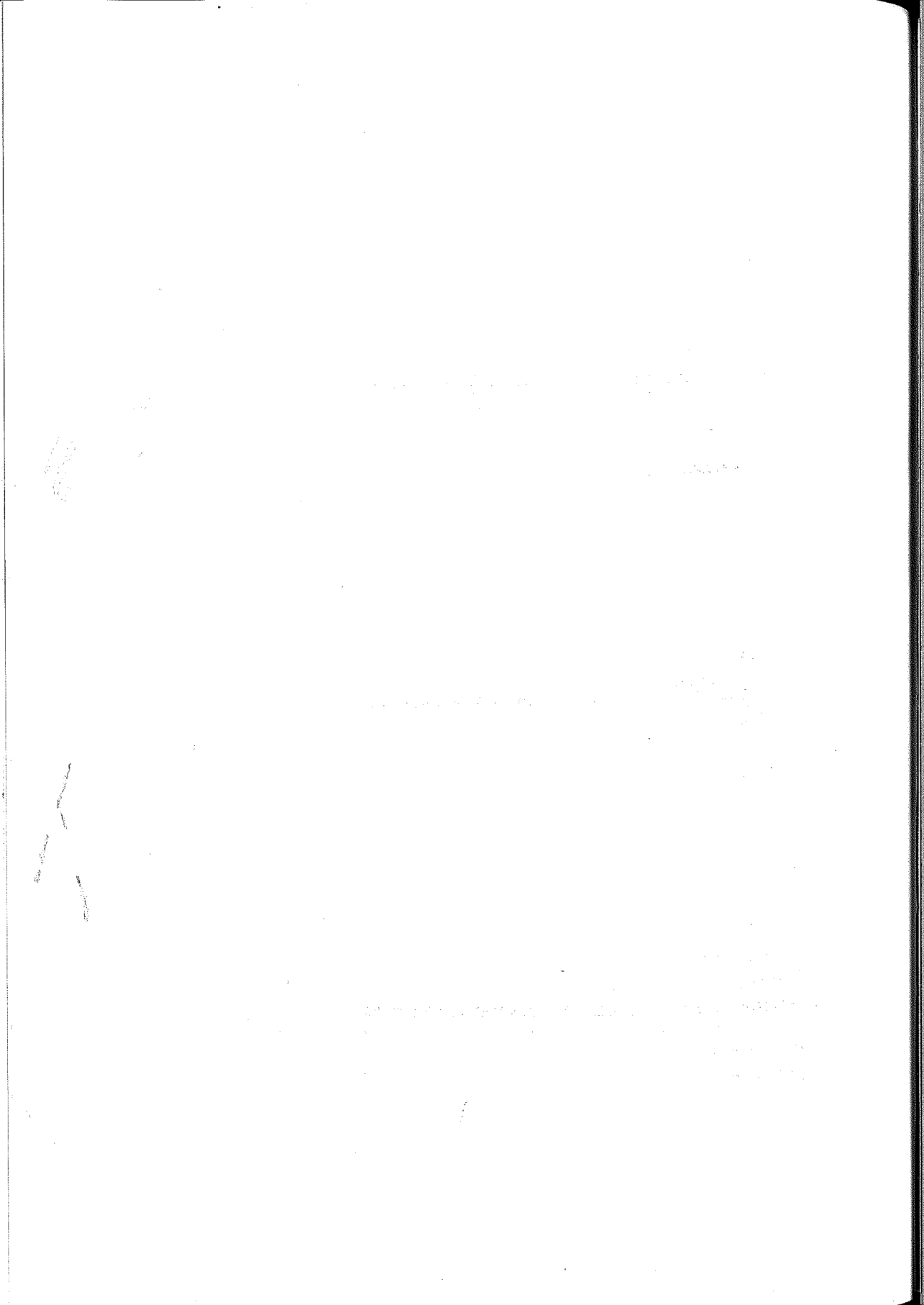
Il bacino della Valgrosina Orientale (Alta Valtellina) è sotteso da un invaso artificiale, denominato "Diga di Valgrosina", che viene periodicamente prosciugato per consentire la rimozione meccanica del sedimento accumulato. Sebbene tale invaso, che funge da vasca di carico per la sottostante centrale di Grosio, sia alimentato solamente per circa il 10% dalle acque provenienti dal Bacino imbrifero della Valgrosina Orientale, esso costituisce una rara occasione per la quantificazione del sedimento prodotto da un bacino alpino.

Nel corso dell'ultimo svaso, effettuato nell'agosto 1994, è stata condotta una vasta campagna di campionamento dei sedimenti accumulati, che sono stati poi analizzati sia dal punto di vista granulometrico che mineralogico. Nel presente contributo vengono presentati i risultati relativi a tale campagna.



CONTRIBUTI DEI SOCI

Note scientifiche di carattere generale



SCIENZA DEL SUOLO: VERSO UNA NUOVA IDENTITÀ

A. CASTRIGNANÒ

Istituto Sperimentale Agronomico - Bari

“La vita umana è intessuta sul telaio della terra dovunque si sente l'odore dell'argilla”. (Mitchell et al., 1950, p. 3, come è citato da Simonson, 1979)¹.

Queste parole traducono con struggente poesia una verità ormai comunemente accettata: il ruolo fondamentale e critico giocato dal suolo non solo nel sostentamento del genere umano, ma anche nella formazione delle culture e degli ambienti. Nonostante questa visione olistica del suolo e la natura particolare della scienza del suolo, già percepita più di 40 anni fa, la maggior parte degli scienziati afferenti alle scienze agrarie generalmente considera il suolo come un semplice mezzo per la produzione delle colture. Da questo punto di vista piuttosto angusto, gli scienziati del suolo sono considerati come “agricoltori”, (nel senso di cultori delle scienze agrarie) e la loro disciplina identificata esclusivamente con l'agricoltura.

La scienza del suolo in Italia, sebbene nata nell'ambito delle scienze naturali, si è sviluppata essenzialmente da un matrimonio con le scienze agrarie e pertanto è maturata sotto l'egida e le istituzioni dell'agricoltura. Anche gli stessi scienziati del suolo, afferenti alla SISS (Società Italiana della Scienza del Suolo) si sono formati secondo un modello agricolo o più specificatamente chimico-agrario.

Attualmente, però, si sente l'esigenza di una integrazione più radicale con altre discipline, in una visione unica delle problematiche riguardanti il suolo, al fine di conseguire uno svilup-

¹ MITCHELL, J., MOSS H.C., CLAYTON J.S. (1950): *Soil survey at Saskatchewan covering the agriculturally settled areas north of Township 48*. Sask. Soil Surv. Rep. no. 13.

SIMONSON R.W. (1979): *Soil survey: The study of our earthen looms*. Soil Surv. Horizons, 20(2): 9-16.

po sostenibile. Anche a livello mondiale vi è una forte richiesta affinché la scienza del suolo ridefinisca la propria identità e, cooperando con altre discipline, giunga all'identificazione di quei parametri fondamentali per uno sviluppo sostenibile. L'ultimo Congresso Mondiale dell'Associazione Internazionale della Scienza del Suolo (AISS- Acapulco, 1994) nell'"Attività Proposte per la Scienza del Suolo e la sua applicazione nel 21° secolo" ha, infatti, affermato:

"La Scienza del Suolo ha un ruolo cruciale da svolgere nel realizzare sistemi sostenibili di uso del territorio che soddisfino le necessità di una società sempre più globale. Le attività della ricerca nella scienza del suolo abbracciano settori largamente al di là di quelli tradizionali e includono studi fondamentali, ricerche sugli ecosistemi e applicazioni tecnologiche. Il lavoro sul terreno deve continuare a svolgere un ruolo importante nella creazione di ipotesi di ricerca e nel loro sviluppo".

Chiaramente, gli obiettivi e i complessi problemi affrontati dalla scienza del suolo si sono drammaticamente allargati negli ultimi anni. Il suolo non è più un ambito esclusivo dell'agricoltura, ma è divenuto una componente vitale dei processi e cicli ecologici, un ricettacolo dei nostri rifiuti, un utile filtro per le nostre acque sempre più inquinate, un mezzo efficace per la bonifica biologica dei suoli, nonché la base su cui poggiano le nostre infrastrutture e un mezzo attraverso cui gli archeologi, con l'aiuto degli scienziati del suolo, leggono la storia culturale delle civiltà passate.

Per far fronte a questo rinnovato scenario di problematiche e, conseguentemente, di tematiche di ricerca, la scienza del suolo deve promuovere un rinnovamento radicale delle sue istituzioni, intendendo sia quelle accademiche, responsabili dei curricula universitari, che le società di professionisti e scienziati operanti nel suo settore. Per raggiungere un tale obiettivo, essa deve innanzitutto definire la propria peculiare identità e guadagnarsi il proprio ambito specifico accanto alle altre discipline perché, a dispetto dell'allargamento dei suoi interessi, la scienza del suolo continua ad essere ancora largamente percepita come una disciplina complementare all'agronomia.

Una proposta potrebbe essere quella di dissociarsi completamente dalle discipline agrarie e di promuovere la propria identità indipendentemente dalla destinazione d'uso del mezzo suolo: dovrebbe, cioè, esistere come disciplina autonoma. Gli scienziati del suolo dovrebbero sostenere ed accentuare, definendola

sempre meglio, la propria diversità. È indubbio che il contatto con le discipline agrarie ha prodotto una relazione simbiotica molto proficua, soprattutto per quei ricercatori particolarmente interessati ai processi produttivi delle piante agrarie e forestali. È indiscusso, tuttavia, che l'agronomia non dovrebbe più dominare, influenzando profondamente l'identità della scienza del suolo o, perlomeno, non più di altre discipline, quali le scienze ambientali e quelle relative al trattamento dei rifiuti o al recupero biologico dei terreni. Dovrebbero essere le caratteristiche stesse della disciplina a definirne l'identità, piuttosto che la particolare destinazione d'uso del mezzo suolo. È ormai tempo che la scienza del suolo allarghi la propria identità in modo da includere altre tematiche, quali quelle ambientali, con lo scopo anche di servire meglio gli interessi e le necessità della società.

Se il compito della scienza del suolo nell'immediato futuro è dunque quello di rivendicare il proprio ruolo legittimo, allora molti cambiamenti dovrebbero essere introdotti nella definizione della propria identità e delle proprie istituzioni (curricula accademici, società scientifiche, associazioni di professionisti, ecc.).

Innanzitutto i curricula e la ricerca dovrebbero continuare ad evolversi secondo un punto di vista più olistico del suolo, inteso come componente intrinseca di un ecosistema. Sia l'istruzione che la ricerca dovrebbero mirare alla comprensione e all'analisi quantitativa dei processi del suolo e di quelle relazioni ritenute fondamentali alla previsione del comportamento del suolo secondo un approccio di tipo sistemico. Saranno proprio l'orientamento dato all'istruzione e ai lavori di ricerca e la capacità ad affrontare la complessità e globalità dei problemi ambientali secondo un approccio olistico, abbattendo o, per lo meno, riducendo le difficoltà di dialogo con i ricercatori di altre discipline, a determinare pesantemente il futuro della scienza del suolo.

In secondo luogo, le istituzioni tecnico-scientifiche dovrebbero cambiare adeguatamente, favorendo innanzitutto le relazioni con le associazioni afferenti ad altre discipline. Gli incontri annuali non dovrebbero ridursi a riunioni per "addetti ai lavori", ove si usa una terminologia propria, inaccessibile ai non iniziati ed impermeabile ad ogni altra influenza esterna. Riviste scientifiche del suolo dovrebbero accettare i contributi di ricercatori afferenti ad altre discipline o operanti in altri settori; a loro volta gli scienziati del suolo dovrebbero essere presenti anche

in riviste non specialistiche del suolo (Crop Science, Ecological Modelling, Journal of Environmental Quality, ecc.). Gli utilizzatori della scienza del suolo, ovvero quei professionisti che interpretano i dati ed applicano i principi della scienza del suolo per risolvere problemi relativi alla destinazione d'uso del territorio, anche diverso da quello agricolo e forestale, dovrebbero inoltre essere accolti nell'ambito della SISS.

L'identità della scienza del suolo va ulteriormente precisata anche nel riconoscimento del suo ruolo nel campo delle attività economiche, sociali, politiche e commerciali. La sua interdisciplinarietà deve estendersi quindi ad altre discipline, quali la sociologia, la politica e l'economia, ribadendo con decisione il proprio ruolo cruciale nella risoluzione di problemi riguardanti, per esempio, la gestione delle risorse ambientali.

Infine, la scienza del suolo dovrebbe essere istituzionalizzata. Un modo per ottenere ciò e guadagnarsi quindi l'attenzione pubblica (e maggiore affluenza ai corsi accademici specifici) è quello di introdurla nei curricula della scuola sia primaria che secondaria. Un altro modo potrebbe consistere nel far rientrare la scienza del suolo nella legislazione, nelle ordinanze e nelle guide per la pianificazione del territorio, in modo che ai suoli venga accordato il giusto ruolo di componente del paesaggio, nella scelta di un corretto e saggio uso del territorio.

Al giorno d'oggi più di 5 miliardi di persone sono interessati a migliorare il proprio modello di vita. Il raggiungimento di un tale auspicabile obiettivo è legato alla capacità del genere umano di auto-sostenersi, sia in termini di produzione alimentare che di gestione dell'ambiente. In tale processo il ruolo della scienza del suolo è fondamentale, ma a tutt'oggi appare poco riconosciuto a livello sia di opinione pubblica che di istituzioni governative. La questione fondamentale non è quindi se la scienza del suolo debba o meno continuare a giocare un ruolo cardine in agronomia, ove, del resto, ha già la sua legittimazione scientifica, quanto, piuttosto, se deve aprirsi o no anche ad altri settori, rivendicando il proprio ruolo nella soluzione di importanti problemi anche di ordine sociale. Non si può più rimanere passivi e aspettare l'invito al "tavolo delle trattative" di altre discipline, come l'agronomia. Si tratta, piuttosto, di affrontare in maniera, direi quasi aggressiva, i problemi, ribadendo il proprio ruolo peculiare e la propria legittimità in aree comunemente dominate da altre discipline. Anche se il genere umano è generalmente dimentico della dipendenza sostanziale dal suolo per la propria so-

pravvivenza, ciò non esonera gli scienziati del suolo dallo sforzarsi a definire la propria identità.

A conclusione di questa discussione e per parlare in termini un po' più concreti, vorrei citare, a titolo di esempio, come due figure di ricercatori operanti in settori specifici, quali la pedologia e la fisica, ma afferenti entrambi alla scienza del suolo, dovrebbero modificare i propri approcci metodologici.

I pedologi rilevatori si sono dimostrati finora più interessati agli aspetti genetico-tassonomici che alla rilevazione e valutazione di componenti esterne al suolo, con il risultato di produrre carte dei suoli o "carte derivate" poco rispondenti ad esigenze interpretative circa la qualità del suolo, come l'uso sostenibile del suolo, la prevenzione dalla sua degradazione o l'individuazione di aree ritenute a rischio, la stima della sua vulnerabilità o della sua capacità di recupero o della sua possibilità di bonifica, la scelta di politiche per il recupero dei suoli, con i relativi costi e benefici.

Con l'affermarsi dei Sistemi Geografici Informativi e dei Modelli Digitali del Terreno (già implementati su PC), con l'utilizzo di tecniche di indagine geostatistiche e l'applicazione di modelli spaziali di tipo probabilistico e non più solamente deterministico, si hanno oggi gli strumenti sufficienti per promuovere l'abbandono di certi approcci cartografici classici, che hanno prodotto carte di bassa capacità previsionale. In campo applicativo si potrebbe pensare alla produzione su base informatica di mappe che descrivino e delimitino "paesaggi" secondo l'approccio olistico, e non solamente "suoli". A tale scopo si dovrebbero utilizzare tecniche multivariate, capaci di inglobare informazioni provenienti da aree diverse. In tal caso il ruolo del pedologo risulterebbe profondamente modificato, in quanto non consisterebbe più nel delineare corpi di suolo omogenei per caratteri tassonomici, ma piuttosto nel capire e interpretare le relazioni tra le proprietà del suolo ed il paesaggio, per ipotizzare modelli definiti su un sistema geografico informativo.

Una tale rappresentazione cartografica del territorio, che tenga conto contemporaneamente dell'influenza reciproca di più variabili e della variabilità spaziale intrinseca, si realizza seguendo i principi delle variabili regionalizzate. È chiaro che tutte le informazioni pedologiche di base, raccolte in precedenti indagini, e che oggi andrebbero opportunamente georeferenziate, conservano tutto il loro valore, ma andranno riutilizzate secondo un approccio differente, ricorrendo alla geostatistica, per ri-

solvere i problemi urgenti posti dalla società moderna. Un'elaborazione su basi geostatistiche, in funzione del problema e degli obiettivi prefissati, ricorrendo eventualmente ad una rappresentazione per "block-kriging", consentirebbe la produzione di unità cartografiche facilmente utilizzabili ed interpretabili da operatori non specialisti. Quest'ultimi sono, infatti, più interessati all'interpretazione e alla previsione del comportamento di un dato suolo in risposta a determinate sollecitazioni, piuttosto che alla sua classificazione secondo questo o quell'altro sistema tassonomico.

L'altro esempio riguarda i fisici del suolo i quali, prima che si sviluppasse nella popolazione mondiale una coscienza ambientalista, erano impegnati in ricerche volte a migliorare la conoscenza dei processi fondamentali che avvengono nel suolo e non sempre finalizzate direttamente al miglioramento della produzione agricola. Conoscevano le leggi fondamentali che regolano il trasporto di acqua e soluti nella rizosfera, ma raramente si trovavano a dover applicare le proprie conoscenze per la risoluzione di problemi pratici di conduzione agraria. Ricerche improntate sul confronto di possibili alternative teoriche e pratiche per il miglioramento del processo produttivo venivano svolte, preferibilmente, in altri settori della scienza del suolo, come la chimica agraria. In effetti, se richiesti di risolvere qualche problema pratico, mettendo a frutto tutto il loro bagaglio conoscitivo, raramente i fisici si ritrovavano preparati nella scelta dei valori da attribuire ai parametri presenti nelle proprie equazioni teoriche di simulazione del comportamento del suolo in un ambiente particolare.

È solo negli ultimi 10 anni che si è finalmente riconosciuta l'importanza di analizzare il movimento dell'acqua e dei soluti a livello di campo o regionale: in tal caso si è dovuto affrontare il non semplice problema relativo alla presenza ineliminabile dell'eterogeneità dei suoli. Gli altri scienziati afferenti alle discipline agrarie (agronomi, botanici, naturalisti, genetisti, chimici agrari) erano più abituati dei fisici a trattare la variabilità, data la natura della loro ricerca in campo. Essi utilizzavano generalmente piccole parcelle che ricevevano trattamenti diversi, distribuiti casualmente su un sito sperimentale assunto "uniforme". Essendo consapevoli dell'eterogeneità del suolo impararono a dominarla, analizzando, anche con relativo successo, i loro dati con i metodi dell'analisi della varianza, a condizione, però, che la variabilità fra le parcelle non fosse troppo grande! D'altra

parte, i pedologi interessati alla genesi e morfologia dei suoli, già da lungo tempo avevano riconosciuto la natura spaziale e temporale dei suoli e trattavano questo tipo di eterogeneità dividendo il paesaggio in unità di mappa, secondo un determinato sistema tassonomico.

Oggi, tuttavia, si ammette l'urgenza di compiere uno sforzo particolare per trattare in maniera più efficiente l'eterogeneità del suolo, al fine di utilizzare le mappe dei suoli per la gestione razionale dell'ambiente. Ricercatori di diverse discipline (genetisti del suolo, fisici, ecologi, geologi, ingegneri idraulici, ecc.) cooperano all'individuazione e quantificazione delle variazioni naturali e indotte dall'uomo nel paesaggio e nel sottosuolo, in uno sforzo comune secondo un approccio interdisciplinare e intersettoriale.

Più in particolare, il contributo dei fisici nell'ambito della scienza del suolo dovrebbe essere rivolto alla definizione di nuove metodologie, idonee ad esaminare simultaneamente: *a*) formulazioni alternative delle equazioni differenziali per descrivere i processi del suolo; *b*) definizioni di funzioni alternative per i parametri del suolo contenuti in quelle equazioni; *c*) le scelte di frequenze spaziali e temporali di misura idonee a soddisfare i presupposti teorici delle predette equazioni; *d*) introduzione in tali equazioni dell'errore di misura intrinseco alle variabili rilevate.

I processi del suolo, considerati nelle rappresentazioni teoriche, molto spesso riflettono la preparazione specifica dello scienziato, piuttosto che una valutazione "in loco" dello spettro di processi rilevanti alla definizione del problema specifico. La scelta di un particolare modello (equilibrio chimico vs. non equilibrio; acqua mobile vs. immobile; reazioni cinetiche di ordine zero vs. ordine superiore, ecc.) molto spesso risulta arbitraria e fatta sulla base di criteri ad hoc, non specificatamente applicabili ad un determinato suolo. Analogamente la giustificazione dell'adozione di funzioni empiriche per la descrizione delle proprietà del suolo molte volte risulta inadeguata e dovrebbe essere migliorata nella maggior parte degli studi in campo.

La scelta di una frequenza ottimale nel dominio spazio-temporale per il rilevamento dei dati rimane a tutt'oggi un mistero per molti ricercatori. Ciò è probabilmente dovuto ad una inadeguata caratterizzazione delle varianze spaziali e temporali associate all'incertezza nei metodi di misura e in quelli della "Soil Taxonomy".

I fisici del suolo dispongono oggi, tuttavia, di una tecnologia sufficientemente matura per valutare l'affidabilità dei diversi modelli di simulazione della circolazione di acqua e soluti nel suolo o di altri processi di importanza vitale. Con una miriade di metodi statistici, alcuni già disponibili altri, più recenti, in fase di messa a punto, tutti ampiamente riportati in letteratura, la fisica del suolo è destinata sicuramente ad avere un rapido sviluppo.

Lezioni di fisica del suolo

I SOCI CI INFORMANO

Il Consiglio di Amministrazione della Società, in data 12/11/2014, ha deliberato di approvare il bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:

1. Approvazione del bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:

1.1. Approvazione del bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:

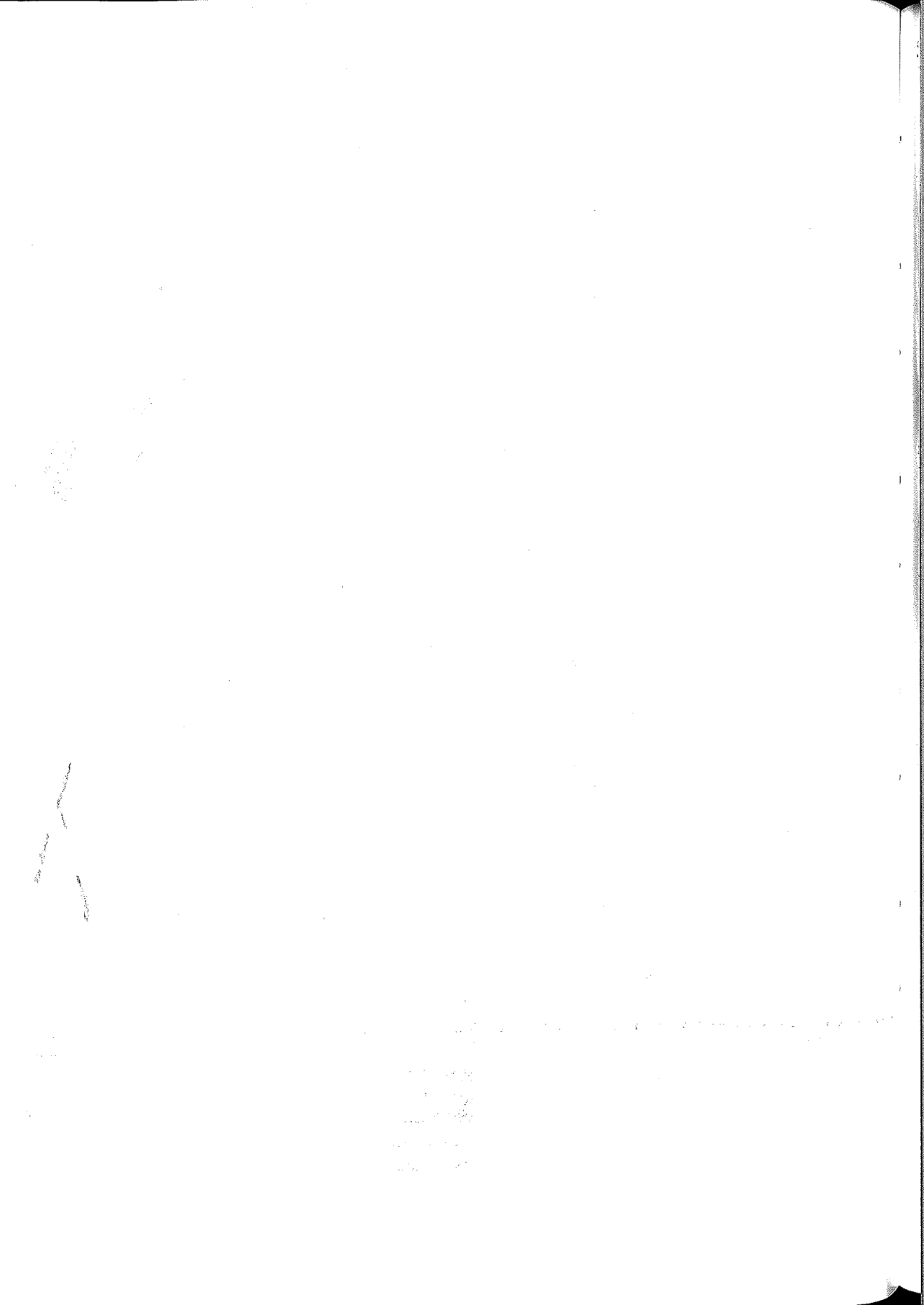
1.2. Approvazione del bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:

1.3. Approvazione del bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:

1.4. Approvazione del bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:

1.5. Approvazione del bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:

1.6. Approvazione del bilancio consolidato della Società per l'esercizio chiuso al 31/12/2014, con le seguenti deliberazioni:



**BREVE NOTA INFORMATIVA
SUI LAVORI DELLA
"INTERNATIONAL CONFERENCE
ON LAND DEGRADATION"**

Adana (Turchia), 10-14 giugno 1996

ANDREA VACCA

E.R.S.A.T. - Cagliari

Nei giorni dal 10 al 14 giugno 1996 si è tenuta ad Adana (Turchia) la prima "International Conference on Land Degradation", organizzata dalla Cukurova University col supporto di Organizzazioni turche e straniere, cui hanno partecipato ricercatori di 30 paesi. La Conferenza è stata articolata in una sessione plenaria, in 14 sessioni con la presentazione di comunicazioni orali, in 2 sessioni poster ed in una discussione conclusiva.

Durante i lavori sono state presentate 75 comunicazioni orali suddivise nei seguenti temi: valutazione e monitoraggio della degradazione del suolo e del territorio, tecnologie e politiche di mitigazione per ridurre la degradazione, resoconto ambientale dell'uso del suolo e della *land degradation*, storia ed aspetti socio-economici della *land degradation* e suo impatto sulla variazione climatica globale, indicatori della degradazione del suolo e del territorio, applicazione dei Sistemi di Informazione Geografica e delle tecnologie di telerilevamento per la valutazione della protezione del suolo e della *land degradation*. Nelle apposite sessioni sono stati presentati 86 poster.

I lavori presentati durante la Conferenza hanno abbracciato numerosi aspetti della *land degradation*, raggiungendo la conclusione comune che l'influenza antropica assume un ruolo fondamentale nell'accelerare, e talvolta innescare, i processi. Sono stati invece relativamente pochi i lavori che hanno indicato soluzioni, interventi o linee d'azione da intraprendere per mitigare il fenomeno o per evitare che questo si inneschi.

La partecipazione italiana alla Conferenza è stata numerosa e qualitativamente significativa. Le comunicazioni presentate dai convegnisti italiani hanno in prevalenza riguardato i risultati conseguiti nell'ambito del progetto EU-MEDALUS. I nomi dei ricercatori italiani e i titoli delle loro comunicazioni sono riportati di seguito, seguendo l'ordine di intervento ai lavori della Conferenza: M. Pisante, F. Basso e B. Basso (Università degli Studi della Basilicata) "Land Degradation in Agri Basin - Southern Italy"; E. Bove e G. Quaranta (Università degli Studi della Basilicata) "EC agricultural policy impact on land use in southern Italy: the case of clay hill areas in Basilicata region"; C. Gardi, P.R. Pisa, M. Rossi, E. Kurum e S. Sahin (Università degli Studi di Bologna) "Qualitative analysis of land degradation by erosion in Centonara river basin, Bologna, Italy"; A. Vacca (E.R.S.A.T., Cagliari) "Effect of land use on forest floor and soil of a *Quercus suber* L. forest in Gallura (Sardinia, Italy); G. Enne, G. Pulina, M. d'Angelo e G. Masala (Università degli Studi di Sassari) "The role of animal grazing behaviour on land degradation in Mediterranean environments"; F. Previtali (Università degli Studi di Milano) "Studies on soil degradation and desertification processes in Sardinia (Italy) on the framework of the EC-MEDALUS Project"; C. Vita-Finzi (Università di Londra) "Symptoms and diagnoses (*of land degradation* n.d.r.)"; C. Vita-Finzi "The chronology of land degradation".

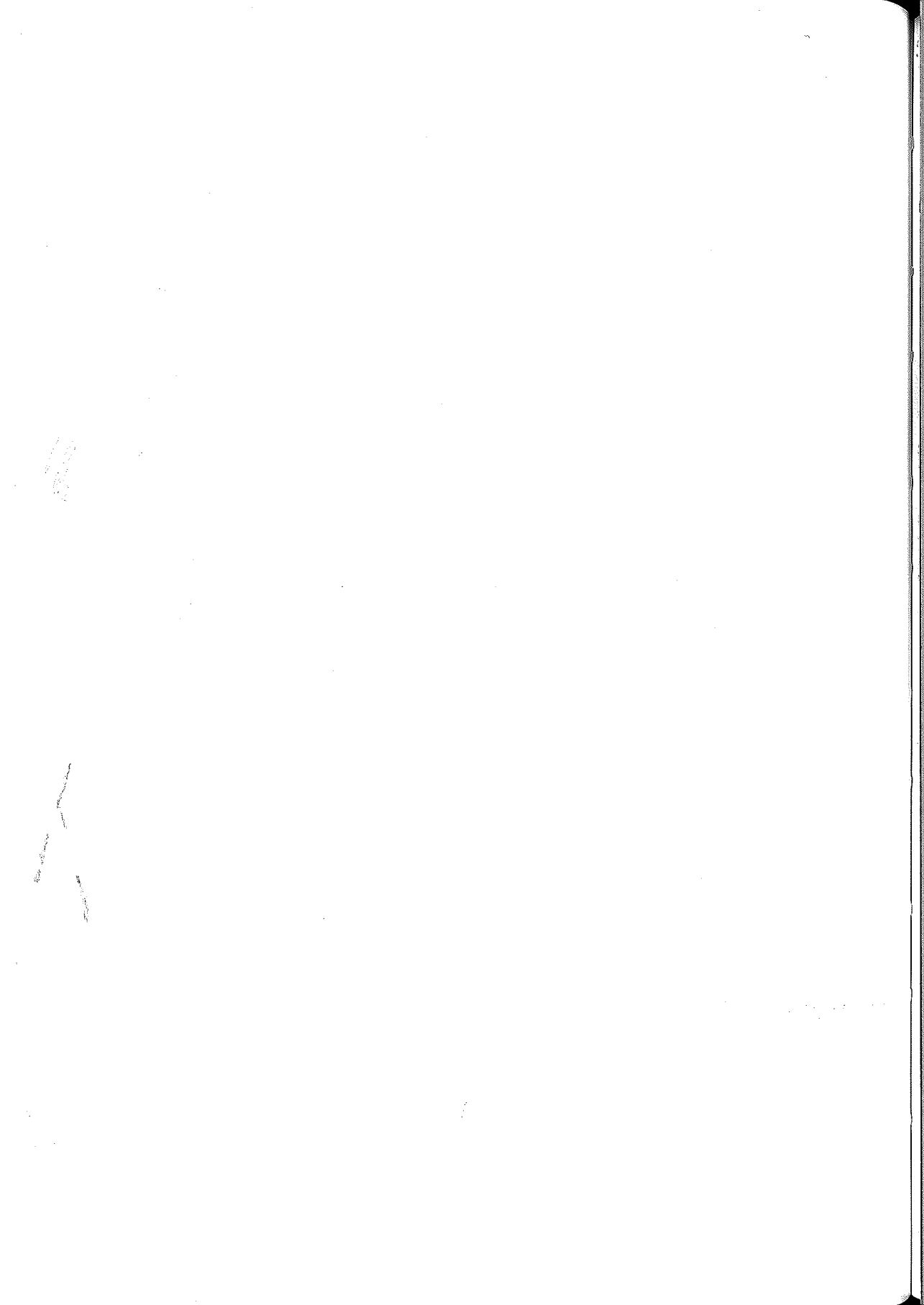
Durante la discussione finale è stata proposta la creazione di una "Task Force on Land Degradation" con i seguenti compiti: 1) sviluppare una procedura su basi scientifiche per la identificazione e la documentazione della *land degradation*, 2) elaborare manuali e/o linee guida per standardizzare approcci, metodi di valutazione e monitoraggio ed interpretazione dei dati per applicazioni regionali e locali, 3) promuovere lo sviluppo di Sistemi di Supporto Decisionale per la valutazione del grado e dell'entità della *land degradation*, 4) promuovere lo sviluppo di database a livello globale, regionale e nazionale e di carte che descrivano la *land degradation*, all'interno di Sistemi di Informazione Geografica, 5) canalizzare gli sforzi per migliorare la scienza della *land degradation* e l'utilizzazione delle informazioni per la valutazione, il monitoraggio e la predizione della *land degradation*. I prodotti/elaborati desiderati della Task Force sono: 1) concetti base e definizioni della *land degradation*, metodi, valori delle soglie, ecc., 2) concetti scientifici, approcci per la soluzione dei problemi, attendibilità e precisione delle valutazioni, concetti

delle dimensioni tempo e spazio, 3) linguaggio accettato internazionalmente per la descrizione dei processi, degli stati e delle zone di tensione, standards per database e sistemi di gestione dei database, database minimi, 4) manuale sulla valutazione ed il monitoraggio della *land degradation*, 5) Sistemi di Supporto Decisionale per la valutazione dell'impatto della *land degradation*, 6) carte a scala globale, regionale e nazionale che descrivano il tipo di stress.

Durante la Conferenza è stata organizzata un'escursione sulla piana costiera intorno ad Adana, con esempi di *land degradation* dovuta al consumo di suoli agricoli altamente produttivi a causa di una urbanizzazione selvaggia.

A fine conferenza, il 15 e 16 giugno, è stata organizzata un'escursione con visita al centro sperimentale di Karapinar, dove sono stati illustrati gli interventi di recupero di una vasta area ricoperta nel passato da dune sabbiose a causa della rimozione della vegetazione per sovrapascolamento. L'escursione è poi proseguita in Cappadocia, con visita alle imponenti forme di erosione che ne caratterizzano il paesaggio.

Gli abstracts delle comunicazioni orali e dei poster sono stati pubblicati negli Atti della Conferenza, che possono essere richiesti a: Prof. S. Kapur, Cukurova University, Dept. of Soil Science, 01330 Adana, Turchia, fax ++ 90 322 3386643.



**SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI
SVILUPPI PER PIANIFICARE L'USO SOSTENIBILE
DELLE RISORSE AMBIENTALI
Hannover (Germania), 20-23 novembre 1996**

ROMANO RASIO, ERSAL MILANO

A questo argomento è stato dedicato un seminario, organizzato dal Servizio Pedologico della Bassa Sassonia in collaborazione con l'Istituto Federale di Geoscienze e Risorse Naturali (entrambi situati ad Hannover), e con la sponsorizzazione dell'Ufficio Europeo del Suolo, recentemente istituito presso il Joint Research Centre di Ispra (VA).

Al seminario hanno partecipato circa 120 specialisti, provenienti da quasi tutte le realtà continentali; essendo i partecipanti scienziati del suolo, si può affermare che, più propriamente, oggetto di confronto e dibattito sono stati i sistemi informativi pedologici, e la loro utilizzazione a supporto delle decisioni: sia per una rappresentazione più innovativa delle diverse realtà pedologiche, che per la più efficace applicazione delle conoscenze acquisite.

**L'organizzazione dei lavori prevedeva
fondamentalmente tre livelli di esposizione**

1. Il livello europeo, con la realizzazione del database pedologico alla scala 1:1.000.000 (esposto nella scala originale, a colori, all'ingresso del seminario), che si va estendendo a tutti i paesi dell'Europa orientale; è stata illustrata la politica dei dati e le conseguenti regole di accesso a questo importante documento. Sono state passate in rassegna le diverse fasi che hanno portato alla costituzione dello European Soil Bureau. È stata illustrata l'attuale configurazione organizzativa dello ESB, con quattro obiettivi fondamentali (concretizzati da altrettanti gruppi di lavoro):

- mantenimento (aggiornamento ed estensione progressiva) dell'attuale base informativa 1: 1M;
- attivazione di un database alla scala 1:250.000, con il coinvolgimento delle realtà regionali rappresentate nel seminario;
- concentrazione delle ricerche sulle proprietà pedologiche che condizionano il rapporto col sistema idrologico;
- politica dei dati e regole di accesso alle informazioni.

2. Il livello nazionale, con la rassegna di 12 realtà continentali, è stata occasione per uno stato dell'arte sulle conoscenze pedologiche, oltre che, naturalmente, per la valutazione di quanto compiuto nell'informatizzazione dei dati. Sono sembrate decisamente avanzate realtà come l'Olanda e la Germania, quest'ultima impegnata nell'integrazione dei dati fra il livello federale e quello dei singoli stati. Molte esperienze dell'Europa Orientale sono di grande interesse, sia per il valore innovativo (es. l'applicazione di SOTER all'Ungheria ed alla Romania) che per l'imponente mole di dati cartacei raccolti in decenni di rilevamento, spesso a scale di dettaglio. Fra le assenze più rilevanti, la Spagna e l'Irlanda (titolari fra l'altro del Topic Centre sul Suolo istituito dall'Agenzia Europea dell'Ambiente); è mancata una rassegna sulla Francia e sull'Italia, che erano comunque presenti e illustravano esperienze di scala diversa.

3. La scala locale, con l'esposizione di un gran numero di lavori applicativi. In Germania sono estremamente interessanti le diverse iniziative finalizzate alla costituzione e applicazione di Gis pedologici, per cui sono state illustrati i casi di Bassa Sassonia, Baden - Wuttemberg, Westfalia Settentrionale; è mancata purtroppo l'illustrazione, prevista da programma, dell'esperienza bavarese. Il caso della Lombardia è stato riportato, con un poster, nell'ambito di questa sessione. Esempio limite dello stato dell'arte a questa scala è stata l'applicazione, nell'area di Kiel, di cartografie 1:5000 alla meccanizzazione agricola, utilizzando tecnologie innovative per la produzione degli inventari e per la loro distribuzione (es. GPS).

A complemento delle diverse scale di approccio (che continuano a caratterizzare le potenzialità informative anche nell'area dei Gis) ritornava spesso la questione dei modelli, della loro validazione, dei problemi di generalizzazione / approfondimento, della qualità dei dati: tutti aspetti cruciali, per rendere

effettiva la potenziale sinergia fra modellistica e sistemi informativi. Soprattutto l'esperienza olandese, che si riverbera a livello europeo (es. attività del gruppo sulle pedotransfer functions idropedologiche), ha portato interessanti contributi al dibattito.

Di estremo interesse è stata la rassegna conclusiva, in cui i presidenti delle diverse sessioni hanno riassunto le principali questioni emerse e gli obiettivi futuri; fra questi:

- l'importanza di mantenere aggiornata la base informativa 1:1M e di coniugare gli sforzi alla scala locale con quella nazionale;
- l'opportunità di offrire la massima collaborazione allo European Soil Bureau, incrementando le relazioni formali fra l'ufficio e gli stati membri;

- l'urgenza incrementare la qualità informativa: fino a pochi anni orsono si diceva che era sottoutilizzato il patrimonio informativo delle carte pedologiche rispetto alle potenziali applicazioni; ora, al contrario, si rischia che, grazie a potenti mezzi tecnici, si producano e diffondano, molto velocemente, svariati strumenti a supporto delle decisioni, senza la necessaria accuratezza informativa. Questo deve portare i produttori di dati pedologici a riflettere, e ad agire di conseguenza.

Al termine dei lavori del seminario, abbiamo avuto l'opportunità di confrontarci coi colleghi del servizio pedologico della Bassa Sassonia, coi quali sono stati discussi argomenti che potrebbero accomunare il modello organizzativo di servizio fra i nostri due paesi; infatti in Germania gli stati sono responsabili della conoscenza e della protezione del suolo; esiste però la consapevolezza di armonizzare e mettere in comune le diverse esperienze (ad esempio l'organizzazione di un Gis), raccordandosi altresì col livello europeo: ecco la funzione dell'Istituto Federale di Geoscienze, che possiede un proprio staff di pedologi (circa 40 persone). Esiste un manuale nazionale di rilevamento pedologico, la cui prima edizione risale al 1966, e l'ultima al 1995. Recentemente è stata pubblicata la nuova carta pedologica della Germania Federale, alla scala 1: 1M, ed essa è coerente a tre diversi livelli gerarchici, decrescenti: soil regions, soilscapes, soil-landscapes, oltre che, naturalmente, per classificazione tassonomica. Esiste un manuale che guida le interpretazioni, con lievi adattamenti alla scala statale. È stabilita una conferenza permanente dei direttori dei servizi pedologici statali, che si riunisce periodicamente con il coordinamento dello staff federale; le principali questioni metodologiche vengono portate avanti con gruppi di lavoro, i cui responsabili appartengono spesso ai singoli stati.

In genere un servizio pedologico statale è allocato presso il Ministero dell'Economia, e costituisce una partizione del più ampio servizio geologico. Lo staff pedologico della Bassa Sassonia è costituito da 46 persone (su circa 400 di tutto il servizio geologico), alcune delle quali impegnate nei due laboratori che il servizio possiede; è stato stimato che l'insieme dei servizi statali abbia in organico circa 300 pedologi, che si aggiungono alla quarantina dell'Istituto Federale.

Il servizio pedologico della Bassa Sassonia ha un budget di circa 1M di marchi/anno, di cui il 50% circa derivanti da progetti specifici, e la rimanente parte da finanziamento dello stato (al netto naturalmente delle spese correnti). La compressione dei costi sta spingendo ad un progressivo aumento del ricorso all'outsourcing, che dovrebbe portare a chiudere uno dei due laboratori.

Lo stato della Bassa Sassonia si estende per circa 50.000 kmq ed è popolato da circa 5 milioni di abitanti; esiste una cartografia completa alla scala 1:50.000, e circa il 40% è disponibile alla scala 1:25.000; un altro 40% possiede informazioni pedologiche direttamente collegate al catasto, in scala 1:5.000. L'obiettivo prioritario per i prossimi anni è l'applicazione coerente ed estensiva del nuovo manuale delle interpretazioni, implementando l'informazione nel Gis dello stato (NIBIS).

DATE DA RICORDARE:

convegni, seminari, conferenze, corsi.....

27 May-2 June 1997

Agricultural University in Plovdiv Bulgaria
IV International Meeting on Red Mediterranean Soil
“Genesis, Classification, Quality, and sustainable Use
of soils in Regions with Mediterranean Climate”

Contact: Prof. I. Atanassov, Agricultural University
Department of Soil Science, 12 Mendeleev str. 4000 Plovdiv
Bulgaria
Tel: +35932 223 800; 224 100; 269 540
Fax: +35932 233 157; 265 920
Telex: 44 405; 44252
E-mail: nomchil@pu.acad.bg

* * * * *

3-5 Giugno 1997 Roma
Convegno Nazionale SISS
“La qualità del suolo per un ambiente sostenibile”

Contact: Istituto Sperimentale Nutrizione Piante
Via della Navicella 2-4, 00184 Roma
Tel: +39 6 700720
Fax: +39 6 7005711
E-mail: psequi@uni.nt

- 350 -

* * * * *

24-25-26 Giugno 1997 Milano
Convegno annuale SIA
"Impiego in agricoltura dei reflui zootecnici e
dell'industria agroalimentare"

Contact: Prof. Carlo Fausto Cereti
Dipartimento di Produzione Vegetale
Via Camillo De Lellis, 01100 Viterbo
Tel: +39 761 357560 - Fax: +39 761 357558

* * * * *

June 29-July 1 1997
University of Milano, Italy
"International Symposium on Integrated Ecotoxicology
from Molecules/Organisms to Ecosystems"

Contact: R. Baudo, CNR - Istituto Italiano di Idrobiologia
L.go V. Tonolli, 50-52, 28048 Verbania, Italy
Tel: +39 323 556571 - Fax: +39 323 556513
E-mail: baudo@iii.to.cnr.it

* * * * *

21-26 September 1997
Monopoli (Bari) Italy
XIII International Symposium on
Environmental Biogeochemistry
"Matter and Energy Fluxes the Anthropocentric Environment"

Contact: Prof. Nicola Senesi, ISEB XIII
Istituto di Chimica Agraria, Università di Bari
Via Amendola, 165/A
70126 Bari - Italy
Tel: +39 80 5442853 - Fax: +39 80 5442813
E-mail: nsenesi@mail2.clio.it

* * * * *

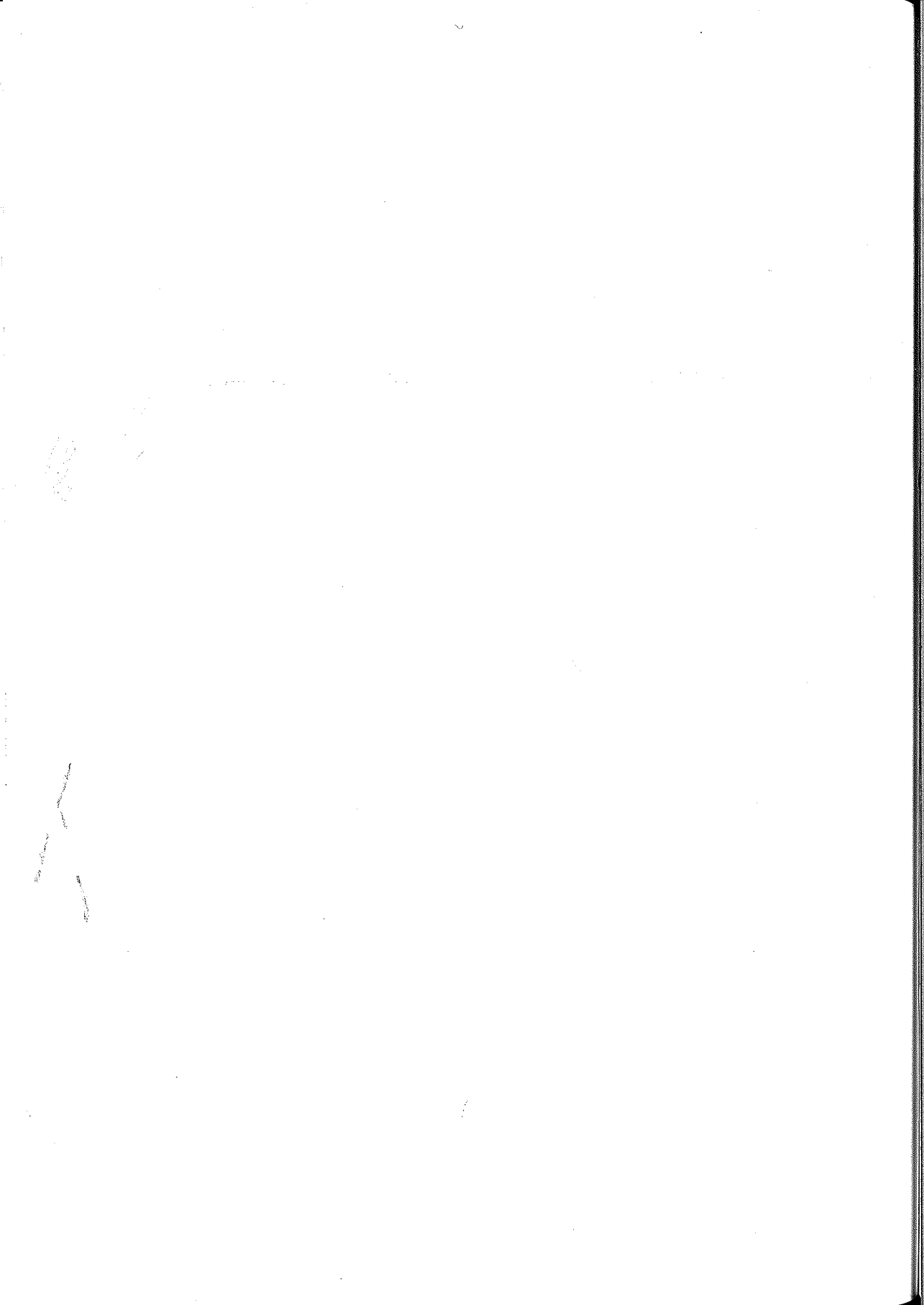
S. Agnello di Sorrento, Italy, 4-9 october 1997
IX International Symposium on
Environmental Pollution and its Impact
on Life in the Mediterranean Region

Contact: Prof. Alessandro Piccolo
Dip. Scienze Chimico Agrarie
Università di Napoli "Federico II"
via Università, 100 - 80055 Portici
Tel: +39 81 7755672
Fax: +39 81 7755130
E-mail: alpiccol@ds.unina.it

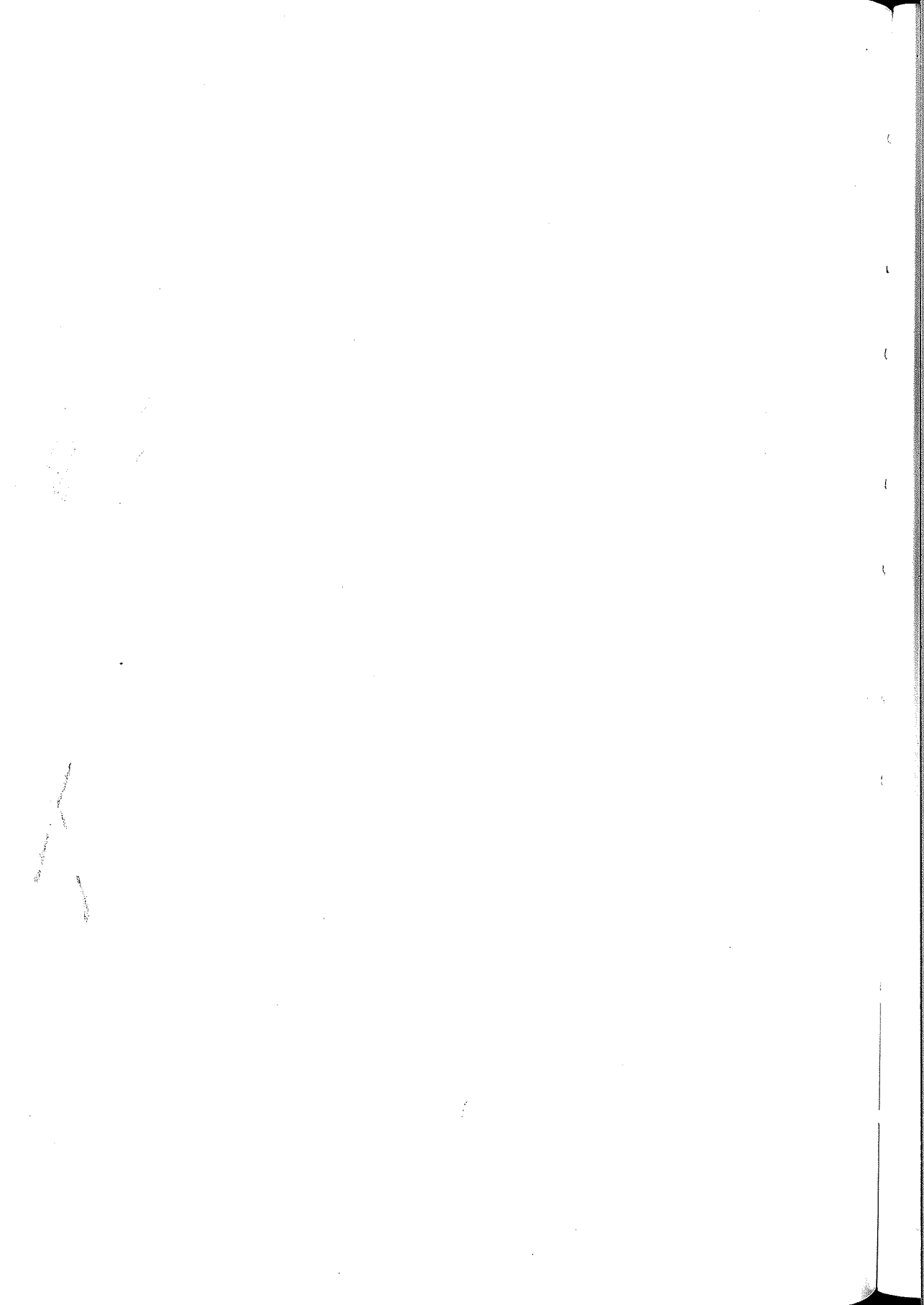
* * * * *

Du 20 au 26 août 1998 France
le Corum à Montpellier-Palais des Congres
Le 16ème "Congres Mondial de Science du Sol"

Contact: Secretariat du Congres
Avenue Agropolis
34394 Montpellier Cedex 5 - France
Tel: (33) 67047538
Fax: (33) 67047549



FRESCO DI STAMPA



I SUOLI DELLA SICILIA: GENESI, CLASSIFICAZIONE, CARTOGRAFIA E VALUTAZIONE

di GIOVANNI FIEROTTI
volume di pag. 357: L. 80.000

In questi ultimi anni anche nel nostro Paese è notevolmente cresciuta, nella opinione pubblica, la considerazione della importanza che svolge il suolo negli equilibri ambientali e la consapevolezza che rappresenta una risorsa finita e quindi da salvaguardare per le generazioni future.

Da qui la necessità di conoscerlo per individuare al meglio le azioni di pianificazione e programmazione territoriale, nell'ottica di una sua gestione compatibile con le esigenze di sviluppo dell'Uomo.

Questo volume dedicato ai Suoli della Sicilia, intende fornire una risposta alla crescente domanda di notizie sui suoli di una fra le più interessanti e territorialmente varie regioni d'Italia e si pone anche come utile strumento di consultazione per approfondire le conoscenze sulla genesi, classificazione, cartografia e valutazione dei suoli, in particolare per quelli degli ambienti a clima caldo-arido mediterraneo.

Il volume è suddiviso in quattro parti per un totale di nove capitoli.

La prima parte tratta, in tre capitoli, dello studio del suolo "sensu lato" e fornisce le conoscenze di base sulla genesi del suolo, sui sistemi di classificazione pedologica con particolare riguardo al sistema USDA, sui sistemi di valutazione del suolo e sulle metodologie di rappresentazione su base cartografica della distribuzione spaziale dei suoli.

La seconda parte, in quattro capitoli, è dedicata alla Sicilia pedologica. Ad un capitolo dedicato alla descrizione delle caratteristiche dell'ambiente siciliano in tutti i suoi aspetti (storico-sociologici, geo-litologici, climatici, idrologici, morfologici, e vegetazionali) segue il capitolo dedicato ai suoli della Sicilia visti in

un'ottica genetica. Segue il capitolo che rappresenta il cuore dell'opera e che traccia un quadro della complessa pedologia isolana sulla base dei paesaggi che ne compongono il territorio. Per ciascun paesaggio sono fornite, con un linguaggio diretto e facile da seguire, gli aspetti morfologici, climatici, vegetazionali e, con dovizia di informazioni, gli aspetti pedologici. Particolare interesse rivestono le tabelle poste alla fine di ciascun paragrafo. Esse consentono di cogliere, in un solo colpo d'occhio, tutte le principali caratteristiche dei suoli presenti nel paesaggio considerato. La seconda parte si chiude con un capitolo dedicato alla cartografia di base e tematica che, negli anni, è stata realizzata in Sicilia.

Nella terza parte, dedicata in un solo capitolo alle grandi emergenze ambientali, vengono delineati gli scenari di degrado che attualmente affliggono l'ecosistema suolo anche nell'ottica delle complesse relazioni che lo legano agli ecosistemi circostanti.

Nella quarta parte, in un capitolo ricco di numerosi esempi, vengono analizzate le motivazioni che impongono di sviluppare una nuova etica ambientale, sulla quale le generazioni a venire dovranno uniformare i propri comportamenti e i propri stili di vita per gestire al meglio e conservare la "risorsa suolo".

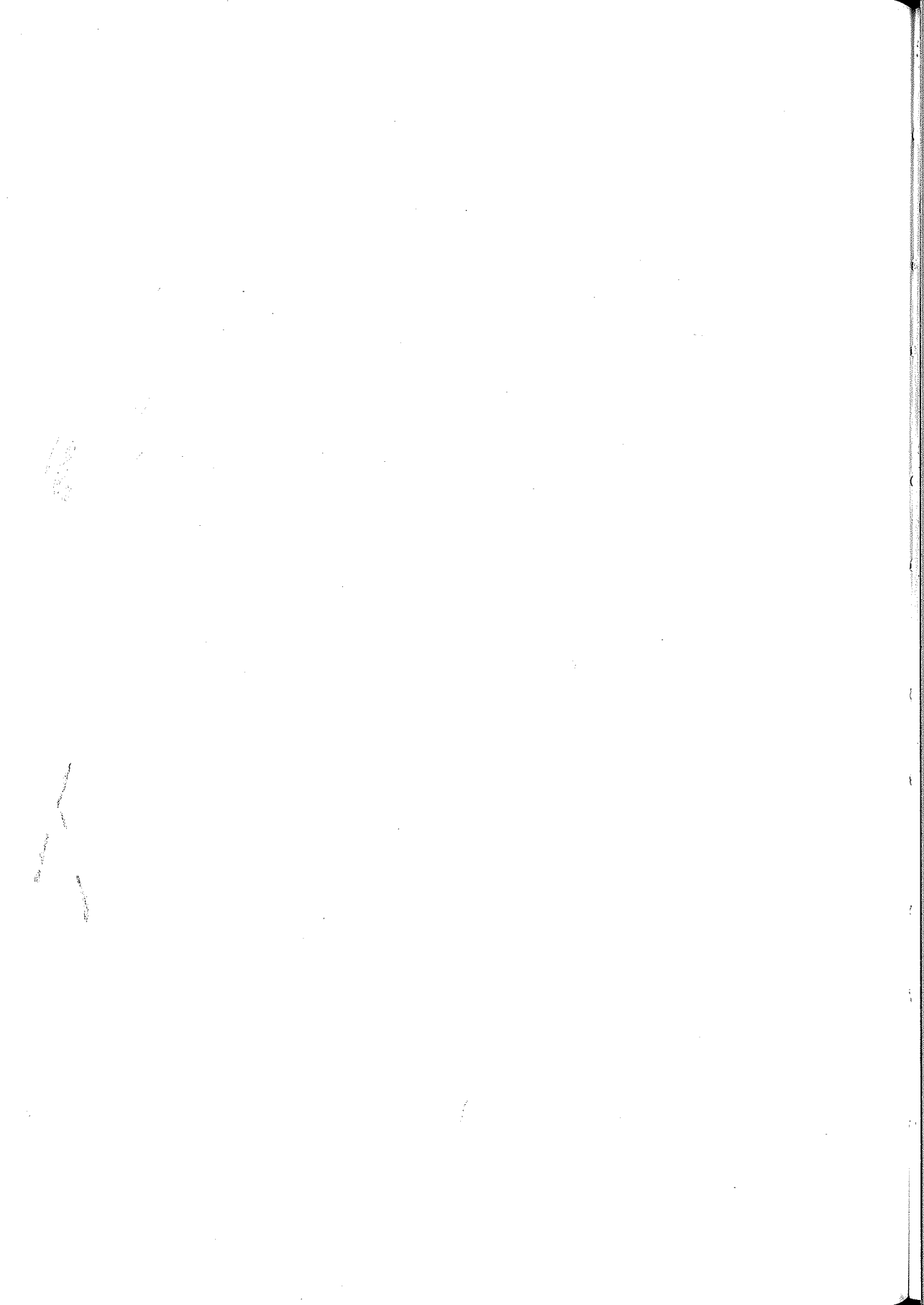
Correda il volume un'appendice in cui sono riportate le descrizioni e i dati analitici di alcuni fra i più tipici suoli della Sicilia.

Il libro, arricchito da parecchie foto a colori e in b/n e da numerose figure, grafici e tabelle che sono chiaramente presentate, è scritto con stile garbato, immediato e facilmente comprensibile ed è ottimamente bilanciato fra la necessità di fornire dettagli squisitamente scientifici richiesti dal lettore specialista e il bisogno di generalizzazione richiesto dal lettore neofita.

L'opera è diretta ai cultori di pedologia, agli studenti dei corsi che trattano tematiche ambientali di cui il suolo è una componente importante ed essenziale, ai professionisti (agronomi, forestali, ingegneri, ecologi, architetti, economisti) e a tutti coloro che operando a vario titolo sul territorio, si trovano inevitabilmente ad affrontare i problemi legati alla corretta gestione del suolo.

Carmelo Dazzi

SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO
ELENCO SOCI - DICEMBRE 1996



COGNOME E NOME

INDIRIZZO

CITTÀ

AG.EC. sas Studio, Ricerca e consulenza agraria	via Turchia, 4	35050 SELVAZZANO (PD)
AGRONOMICA S.r.l Consortile	P.za L. C. Farini 4	48100 RAVENNA
Ajmone Marsan Dr. Franco, DI. Va. P.R.A., Chimica Agraria	via P. Giuria 15	10126 TORINO
Alianiello Dr. Francesco, Istituto sperimentale per la Nutrizione delle Piante	via della Navicella 4	00184 ROMA
Alliata Dr. a Valeria, Cooperativa REA	via Raiberti 9	20052 MONZA
Allievi Dr. Luigi, DISTAM- MAAE	via Celoria 2	20133 MILANO
Amministrazione Prov.le Piacenza, Rip. Rete Agromet. Lab. Analisi Ter.		29027 GARIGA DI PODENZANO (PC)
Angelone Dr. Massimo, ENEA Casaccia	sp. Anguillarese	00100 ROMA
AQUATER S.p. a.	via Mirabello 53	61047 S. LORENZO IN CAMPO PS
Aramini Dr. Giovanni, E.S.A.C.	S.S.106, Km 207, 200	88051 CROPANI (CZ)
Arcara Dr. Pier Giacomo, Ist. Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo	piazza D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Arduino Prof. Enza, DI. Va. P.R.A., Chimica Agraria	via P. Giuria 15	10126 TORINO
Aringhieri Dr. Roberto, Ist. Chimica del Terreno C.N.R.	via F. Corridoni 78	56100 PISA
Arnoldus-Huyzendveld Dr. a Antonia, DIGITER	via di Frascati 201	00040 ROCCA DI PAPA (RM)
Aru Prof. Angelo, Ist. di Geologia	via Trentino 51	09100 CAGLIARI
Assi Dr. a Isabella	via U. Foscolo 2	20059 VIMERCATE (MI)
Averna Prof. Vincenzo, Ist. Chimica Agraria, Università di Palermo	viale delle Scienze	90128 PALERMO
Badalucco Dr. Luigi, Dip. di Agrobiologia e Agrochimica	via de Lellis	01100 VITERBO
Baffi Dr. Claudio, Ist. Chimica Agraria, Università Cattolica S. Cuore	via Emilia Parmense 84	29100 PIACENZA
Baldaccini Prof. Paolo	piazza Belgio 3	09100 CAGLIARI
Balduzzi Prof. Alberto, Ist. Botanico, Università	C.P. 230	27100 PAVIA
Barberis Prof.sa Elisabetta, D.I.V.a.P.R.A., Chimica Agraria	via P. Giuria 15	10126 TORINO
Basile Dr. Gino, Ist. Chimica Agraria	via Università 100	00100 PORTICI (NA)
Battelli Prof. Giorgio, I.T.A.S.	via Emilia Levante 4420	47023 CESENA (FO)
Bazan Prof. Eugenio, Ist. Chimica Agraria, Università di Palermo	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO

Bazzoffi Dr. Paolo, Ist. Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo	piazza M. D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Bellino P.A. Francesco	via M. Signorile 36	70121 BARI
Benedetti Dr. Anna, Ist. Sperimentale per la Nutrizione delle Piant	via della Navicella 2	00184 ROMA
Bidini Dr. a Antonella, Ist. Sperimentale per lo Studio e la Ricerca del Suolo	piazza M. D'Azeglio	30 50121 FIRENZE
Bini Prof. Claudio, Dip. Scienza Suolo e Nutrizione Piant	Piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Boero Prof. Walter, D.I.V.a.P.R.A., Chimica Agraria	via P. Giuria 15	10126 TORINO
Bonalumi Dr. Giuseppe, ERSAL	Palazzo Canova, Milano 2	20090 SEGRATE(MI)
Bonifacio Dr.a Eleonora, DIVaPRA Chimica Agraria	via Pietro Giuria 15	10126 TORINO
Bono Dr. Giuseppe	via Cappuccini 67	92019 SCIACCA(AG)
Bortolami Dr. Paolo, Dip. Scienze Geologiche e Paleontologiche	corso Ercole I d'Este 32	44100 FERRARA
Bragato Dr. Gilberto, Ist. Sper. Nutrizione Piant, Sez. Oper. Gorizia	via Trieste 23	34170 GORIZIA
Brigatti Geom. Marco	piazza Pertini 30/A	20043 ARCORE (MI)
Brunetti Gennaro, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/A	70100 BARI
Bufo Prof. Sabino, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/A	70126 BARI
Buondonno Prof. Andrea, Ist. Chimica Agraria	via Università 100	80055 PORTICI (NA)
Buondonno Prof. Corrado, Ist. Chimica Agraria	via Università 100	80055 PORTICI (NA)
Businelli Prof. Mario, Ist. Chimica Agraria, Università S. Pietro	borgo XX Giugno 72	06100 PERUGIA
Busoni Dr. Ermanno, Centro Studio Genesi Class. Cartogr. Suoli CNR	piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Cacco Prof. Giovanni, Dip. Agrochimica e Agromicrobiologia	piazza S. Francesco	GALLINA DI REGGIO CALABRIA
Calandra Rolando, Facoltà di Agraria, Ist. Mineralogia e Geologia	borgo XX Giugno	06100 PERUGIA
Calzolari Dr. a Maria Costanza, Centro di Studi del CNR Ist. Geopedologia	piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Canali Dr. Stefano, Ist. Sper. per la Nutrizione delle Piant	via della Navicella 2	00184 ROMA
Capurro Dr. Marco	corso Nazionale 14	19126 LA SPEZIA
Carini Dr. a Franca, Ist. Agr. e Ambientale Fac. Agr. U.C.S.C.	via E. Parmense 84	29100 PIACENZA
Casati Dr. Enrico, Ist. Idraulica Agraria	via Celoria 2	20133 MILANO
Casalicchio Prof. Giovanni, Ist. Chimica Agraria	via S. Giacomo 6	40126 BOLOGNA
Casini- Ropa Prof. Giorgio, Ist. Meccanica Agraria	via Filippo Re 4	40126 BOLOGNA

Castelli Dr. Fabio, Ist. Sperim. Tabacco	via Canton 4	37051 BOVOLONE (VR)
Castelnuovo Dr. Marco, Fondaz. CLIFOF	via Raimondi 54	22070 VERMENATE CON MINOPRIO (CO)
Castrignanò Dott.a Annamaria, Ist. Sperimentale Agronomico	via Ulpiani 5	70100 BARI
Catalano Dott. a Edda	via F. Galliani 56	66100 CHIETI
Catucci Dott. Oronzo	via De Gasperi	74019 PALAGIANO (TA)
Cavallari Dr. Leonello	piazza Cimone 2	00141 ROMA
Cavazza Prof. Luigi, Ist. Agronomia	via Filippo Re 6-8	40126 BOLOGNA
Ceccanti Dr. Brunello, c/o CNR, Ist. Chimica del Terreno	via Corridoni 78	56100 PISA
Chisci Prof. Giancarlo, Dip. di Agronomia e Produzione Erbacee	piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Chiavatta Dr. Claudio, Istituto Chimica Agraria	via S. Giacomo 7	40126 BOLOGNA
Cocchiarella Dott. Alfredo Giulio	via S. Anna 10	82020 PESCO SANNITA (BN)
Colloca Dott.a Caterina, Azienda Flovivaistica E.S.A.C.	S.S. 106, Km. 207, 200	88051 CROPANI (CZ)
Colombo Dott. Claudio, Dip. Scienze Chimica Agraria	via Università 100	80055 PORTICI (NA)
Comolli Dott. Roberto	via Mazzini 15	21050 BISUSCHIO (VA)
Consalter Dott. Agostino, Centro Agrochimico	via C. Ulpiani 5	31033 CASTELFRANCO VENETO (TV)
Convertini Dott.a Grazia, Ist. Sperimentale Agronomico		70125 BARI
Corradini Dr. Flavio, Staz. Sperimentale Agraria		38010 S. MICHELE ALL' ADIGE (TN)
Cosolo Prof. Ing. Sergio	via dei Campi 6/1 34070	FOGLIANO (GO)
Costantini Dr. Edoardo, Ist. Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo	p.zza M. D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Crippa Dott.a Laura, Ist. Chimica Agraria	via Celoria 2	20133 MILANO
D'Alessandro Prof. Alessandro, Istituto Agronomia Generale	p.zza S. Francesco	89061 GALLINA (RC)
D'Alessio Dott. Domenico, Coop. REA	via Raiberti 9	20052 MONZA (MI)
D'Antonio Dott. Amedeo	via Rossini, p.zzo C.te Cerasole	81023 CASERTA
D'Arrigo Dott.a Concetta	via Valdisavoia 5	95123 CATANIA
Danise Dr. Bruno, Lab. Analisi Suolo, Regione Campania	via Gianturco 92	80142 NAPOLI
Dazzi Prof. Carmelo, Ist. Agronomia Generale, Cattedra Pedologia	viale delle Scienze	90128 PALERMO
De Nobili Prof. Maria, Università Udine, Ist. Produzione Vegetale	p.le Kolbe 4	33100 UDINE

De Simone Dott. Claudio, Ist. Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo	via Casette 1	02100 RIETI
Del Grosso Sign. Marco Valerio, COVIMER	via Fosso Pioppo	84090 BATTIPAGLIA (NA)
Del Re Prof. Attilio A.M. Facoltà di Agraria U.C.S.C., Ist. di Chimica Vegetale	via Emilia Parmense 84	29100 PIACENZA
Dell'Abate Dott.a Maria Teresa, Ist. Sperim. per la Nutrizione delle Piante	via della Navicella 4	00184 ROMA
Dell'Agnola Prof. Giorgio, Ist. Chimica Agraria	via Gradenigo 6	35100 PADOVA
Dell'Orco Dott.a Silvia, Ist. Speriment. per la Nutrizione delle Piante	via della Navicella 4	00184 ROMA
Demontis Dott. Fernando, Cras Centro Regionale Agrario Sperimentale	via L.B. Alberti 22	09100 CAGLIARI
Dessena Dott.a Maria Antonietta	via Giusti 11	09100 CAGLIARI
Dessi Dott.a Giovanna	via Maninchedda G. 14	07040 SASSARI
Di Benedetto Dott. Michele, Lab. An. Terreni Reg. Emilia	via Tolara di Sopra 72, loc. Settefonti	40050 MERCATALE (BO)
Di Pisa Dott. Angelo, Ist. Agronomia e Coltivazioni Erbacee	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO
Di Prima Prof. Giuseppe, Ist. Agronomia e Coltivazioni Erbacee	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO
Dibona Dott. Dino	via Chiave 122	32043 CORTINA D'AMPEZZO (BL)
DIPARTIM S.T.A.M., Dip. Scienze Tecnologiche, Alimentari e Microbiologiche	p.le delle Cascine 27	50144 FIRENZE
Dowgiallo Dott.a Giuseppina, La Sapienza, Dip. Biologia Vegetale	p.le Aldo Moro 5	00185 ROMA
Drusiani Dott. Franco, Lab. Reg. Analisi Terreni	via Tolara di Sopra 72 loc. Settefonti	40050 MERCATALE (BO)
Dugoni Dott. Francesco, Ist. Superiore Lattiero Caseario	via L. Pilla 25	46100 MANTOVA
Dumontet Dott. Stefano, Univ. Basilicata, Ist. Chimica Agraria e Forestale	via N. Sauro 85	85100 POTENZA
E.R.S.A. Regione Abruzzo	piazza Torlonia 78	67051 AVEZZANO (AQ)
ENEL, DSR Centro Ricerca, Utilizzaz. Ceneri Carbone	via Dalmazia 21/C	72100 BRINDISI
ERSO, Soc. Coop. a.r.l.	viale Bovio 600	47024 CESENA (FO)
Eschena Prof. Tommaso	via De Gasperi 7	20057 VEDANO AL LAMBRO (MI)
Facco Dr.a Stefania, FRF, Agrimont Spa	b.na dell'Azoto 15	30175 PORTO MARGHERA (VE)
Fantola Dott.a Francesca	largo Carlo Felice 74	09100 CAGLIARI
Farini Prof. Anna, Ist. di Chimica Agraria	via Celoria 2	20133 MILANO

Favaloro Prof. Mario, Ist. Patologia Vegetale	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO
Favi Dott. Enrico, Dip. Agric. e Foreste Regione Toscana	via Novoli 26	50100 FIRENZE
Favilli Prof. Franco, Dipart. S.T.A.M., Dip. Scienza Suolo e Nutrizione Pianta	piazzale delle Cascine 27	50144 FIRENZE
Federico Goldberg, Prof. Linda, Ist. Chimica Agraria	via Celoria 2	20133 MILANO
Felloni Dott. Claudio, SADA Srl	v.lo del Giglio 6	44100 FERRARA
Ferrari Dott. Gianni, Centro Agricolt. Pilota	via Bizzarri 13, Loc. Bargellino	40012 CALDERARA DI RENO (BO)
Ferrari Prof. A. Maria, Ist. Microbiologia Agraria e Tecnica	via Celoria 2	20133 MILANO
Ferri Dott. Donato, Ist. Sperim. Agronomico	via C. Ulpiani 5	70125 BARI
Fierotti Prof. Giovanni, Ist. Agronomia, Cattedra Pedologia	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO
Figliolia Dott.a Adele, Ist. Sperim. per la Nutrizione delle Pianta	via della Navicella 4	00184 ROMA
Filippi dott. Nicola	viale Aldini 140	40136 BOLOGNA
Filpi Dott. Corrado, Ist. Microbiologia Agraria	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO
Fischella Prof.a Giuseppina, Ist. Chimica Agraria	via Valdisavoia 15	95123 CATANIA
Franchini Dott. a Marinella, Dip. Scienze Mineralogiche e Petrologiche	via Valperga Caluso 37	10125 TORINO
Frezzotti Dott. Massimo, ENEA Casaccia	sp. Anguillarese	00100 ROMA
Fusi Prof. Paolo, Dip. Scienza Suolo e Nutrizione Pianta	piazzale delle Cascine 28	50144 FIRENZE
Galassi Dott.a Laura	via G. Chiassi 55	46100 MANTOVA
Gatti Dott.a Marina, Ist. Chimica Agraria, Università Cattolica	via E. Parmense 84	29100 PIACENZA
Gattorta Prof. Giuseppe, Ist. Sperimentale Patologia Vegetale	via G. Ciarrocchi 15	00151 ROMA
Genevini Prof. Pier Luigi, Ist. Chimica Agraria	via Celoria 2	20133 MILANO
Gennaro Prof. Giuseppe, Preside III Ist. Tecn. Agr.	via Colonia Agricola	00138 ROMA
Gessa Prof. Carlo, Ist. Chimica Agraria	via E. De Nicola	07100 SASSARI
Gianfreda Prof.a Liliana, Ist. Chimica Agraria	via Università 100	80055 PORTICI (NA)
Gigliotti Dott.a Carmen, Ist. Chimica Agraria	via Celoria 2	20133 MILANO
Giordano Prof. Andrea, Ist. di Idraulica Agraria, Fac. di Agraria	corso Raffaello 8	10126 TORINO
Giovagnotti Prof. Celso, Istituto di Pedologia	borgo XX Giugno	06100 PERUGIA
Gisotti Dott. Giuseppe	via Accademia Albertina 23	00147 ROMA

Granata Dott.a Maria, Ente Svil. Agric. Reg. Sicilia Lab. Chimico Agrario	via Partanna Mondello 50	90100 PALERMO
Grego Prof. Stefano, O.A.B.A.C., Università della Tuscia	via S.C. De Lellis	01100 VITERBO
Gregori Dott. Enrico, Ist. Sper. per lo Studio e la Difesa del Suolo	piazza M. D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Gregori Dott. Paolo	via Padova 3	38100 TRENTO
Grossi Dott. Giorgio	via Po 7	46100 MANTOVA
Grossi Prof. Pellegrino, Ist. Idraulica Agraria	via del Borghetto 80	56100 PISA
Guaitoli Dott. Fabio	via Minerva 27	90149 PALERMO
Guermandi Dott.a Marina, Uff. Cartografico Regione Emilia	viale Silvani 4/3	40100 BOLOGNA
Guerrieri Dott.a Fernanda	via Pian di Rose 9	61040 S. IPPOLITO (PS)
Indelicato Ing. Salvatore	via S. Sofia 73	95100 CATANIA
Indiati Dott. Roberto, Ist. Sperim. per la nutrizione delle piante	via della Navicella 4	00184 ROMA
I.P.L.A., Istituto Pianta Legno e Ambiente	corso Casale 476	10132 TORINO
Ist. Agrario di S. Michele à/A, Biblioteca via	E. Mach 1	38010 S. MICHELE ALL'ADIGE (TN)
Ist. Chimica Agraria, Università di Perugia	borgo XX Giugno 72	06100 PERUGIA
Ist. Sp. Maria Rita, c/o ERSATERIMENT. per la Nutrizione delle Pianta	via della Navicella 2	00184 ROMA
Ist. per la Chimica del Terreno, C.N.R.	via Corridoni 78	56100 PISA
Ivetic Dott. Boris, c/o REA	via Raiberti 9	20052 MONZA
Isza Dott. Candido, Ist. Speriment. per la Nutrizione delle Pianta	via della Navicella 4	00184 ROMA
Lai Dott. Maria Rita, c/o ERSATI	via Caprerà 8	09123 CAGLIARI
Landi Prof. Renzo, Ist. Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee	piazzale delle Cascine 18	50144 FIRENZE
Lanza Prof. Felice, Ist. Speriment. Agronomico	via C. Ulpiani 5	70125 BARI
Leita Dott.a Liviana, Ist. Produzione Vegetale	piazzale Kolbe 4	33100 UDINE
Levi Minzi Prof. Renato, Ist. Chimica Agraria	via S. Michele degli Scalzi 2	56100 PISA
Livini Dott.a Chiara, Ist. Speriment. per la Ceralicoltura	via Stezzano 24	24100 BERGAMO
Loddo Dott. Stefano	via Capo Comino 20	00133 MONSERRATO (CA)
Lombardo Prof. Vito, Ist. Agronomia Generale	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO
Lopez Dott. Giacomo, Ist. Speriment. Agronomico	via Ulpiani 5	70125 BARI

Lorenzoni Dott. Paolo, Ist. Speriment. per lo Studio e la Difesa del Suolo
Lulli Dott. Luciano, Ist. per lo Studio e la Difesa del Suolo
Luzzati Ortona Prof. Ada
Madrau Dott. Salvatore, Ist. Geopedologia e Geologia Applicata
Magaldi Prof. Donatello, Dip. Scienza Suolo
Maggiolo Dott. Renzo, Fabbrica Coop. Perfosfati
Maggioni Prof. Angelo, Ist. Prod. Vegetale
Maiorana Dott. Michele, Ist. Sperim. Agronomico
Mancini Prof. Fiorenzo, Dipart. Scienza Suolo e Nutrizione Piante
Manfredi Prof. Enzo, Ist. Meccanica Agraria
Manstretta Dott. Marino, Enichem Agricoltura Spa
Marano Prof. Bruno, Ist. Chimica Agraria e Forestale
Marchesini Prof. Augusto, Ist. Speriment. per la Nutrizione delle Piante
Marchiafava Dott.a Donatella
Marchisio Dott. Claudio
Margheri Dott.a M. Cristina, Ist. Microb. Agraria e Tecnica
Marizza Dott. Luigi, Ist. Speriment. Nutrizione Piante
Masciandro Dott.a Grazia, CNR Istituto Chimica del Terreno
Materassi Prof. Riccardo, Ist. Microbiologia Agraria
Matranga Dott.a M. Gabriella
Mecella Dott. Giacomo, Ist. Speriment. Nutrizione Piante
Melis Prof. Pietro, Ist. Chimica Agraria
Mereu Dott. Gianni, Centro Regionale Agrario Sperimentale
Miano Prof. Teodoro, Ist. Chimica Agraria e Forestale
Miclaus Nerino, Ist. per lo Studio e la Difesa del Suolo
Mirabella Dott. Aldo, Ist. per lo Studio e la Difesa del Suolo
Modugno Agrochimica

via Casette 1
piazza D'Azeglio 30
corso S. Maurizio 47
via De Nicola
piazzale delle Cascine 15
via Farfusola 6
piazzale Kolbe 4
via Ulpiani 5
piazzale delle Cascine 15
via Filippo Re 4
via Medici del Vascello 40/c
via N. Sauro 85
via Ormea 47
via F. Brunelleschi 22
via Francesco Raviolo 31
piazzale delle Cascine 27
via Duca D'Aosta 115
via Corridoni 78
piazzale delle Cascine 27
via Florio 100
via della Navicella 2
via De Nicola
viale Trieste 11
via Amendola 165/a
piazza D'Azeglio 30
piazza D'Azeglio 36
via G. Fortunato 2/e

02100 RIETI
50121 FIRENZE
10124 TORINO
07100 SASSARI
50144 FIRENZE
37051 BONAVICINA (VR)
33100 UDINE
70125 BARI
50144 FIRENZE
40126 BOLOGNA
20138 MILANO
85100 POTENZA
10125 TORINO
90145 PALERMO
10064 PINEROLO (TO)
50144 FIRENZE
34170 GORIZIA
56125 PISA
50144 FIRENZE
90146 PALERMO
00184 ROMA
07100 SASSARI
09100 CAGLIARI
70126 BARI
50121 FIRENZE
50121 FIRENZE
85024 LAVELLO (PZ)

Molinari Prof. Giampiero, Ist. di Chimica, U.C.S.C.	via E. Parmense 84	29100 PIACENZA
Monaci Dott. Giovanni	via Poligono 14	10070 S. CARLO CANAVESE (TO)
Monotti Prof. Mario, Ist. Agronomia e Coltivazioni Erbacee	borgo XX Giugno	06100 PERUGIA
Monteleone Dott. Salvatore, Dip. Geologia e Geodesia	corso Tukory 131	90100 PALERMO
Morandi Dott. Giorgio	viale Garibaldi 134/a	30173 MESTRE (VE)
Muscolo Dott. Abele, Facoltà di Agraria, Ist. Chimica	piazza S. Francesco	GALLINA DI REGGIO CALABRIA
Nannipieri Prof. Paolo, Dip. Scienza Suolo e Nutrizione Pianta	piazzale delle Cascine 28	50144 FIRENZE
Napoli Dott. Rosario, Ist. Studio e Difesa Suolo	piazza D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Nardelli Dott. Francesco, Lab. Prov.le Analisi Terreni	via Rosati 139	71100 FOGGIA
Nevini Dott. Roberto	via Minghetti 25	50100 FIRENZE
Odoardi Dott. Giancarlo	via Acapietra 90	65125 PESCARA
Paci Dott.a Roberta	via Trentacoste 31	90143 PALERMO
Padovano Prof. Giacomo, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/a	70126 BARI
Pagliai Dott. Marcello, Ist. Sperim. Studio e Difesa Suolo	piazza D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Panini Dott. Tiziano, Ist. Sperim. Studio e Difesa Suolo	piazza D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Paone Dott. Raffaele, E.S.A.C.	S.S.106, Km 207, 200	88051 CROPANI (CZ)
Papini Dott.a Rossella, Ist. per lo Studio e la Difesa del Suolo	piazza D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Paris Prof. Paolo, Ist. Agronomia, Università Cattolica	via E. Parmense 84	29100 PIACENZA
Patruno Prof.a Antonia, Ist. Agronomia	via Filippo Re 4	40126 BOLOGNA
Patuelli Dott. Cesare	via Corriera 65	48010 BARBIANO (RA)
Pelle Dott.a Silvia	via Saragozza 175	40100 BOLOGNA
Pellizzi Prof. Giuseppe, Ist. Ingegneria Agraria, Università Cattolica	via Celoria 2	20133 MILANO
Persicani Dott. Danilo, Ist. Chimica Agr., Università Cattolica	via E. Parmense 84	29100 PIACENZA
Pezzarossa Dott.a Beatrice, Ist. per la Chimica del Terreno CNR	via Corridoni 78	56100 PISA
Picci Prof. Giovanni, Ist. Microbiologia Agraria e Tecnica	via del Borghetto 80	56100 PISA
Piccolo Prof. Alessandro, Dipart. di Scienze Chimico Agrarie, Università di Napoli "Federico II"	via Università 100	80055 PORTICI (NA)

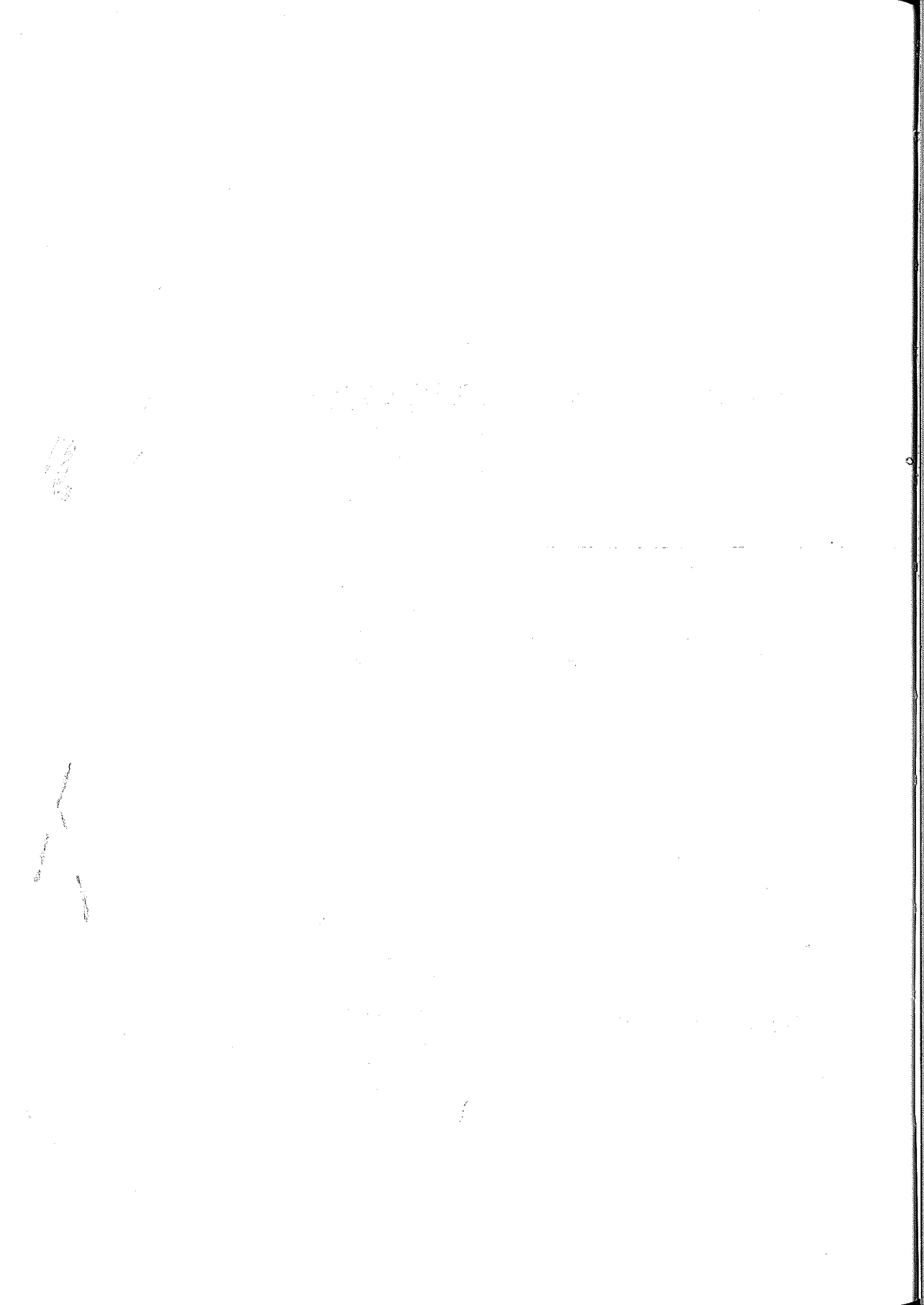
Piccone Prof. Giuseppe, DI. Va. P.R.A., Chimica Agraria	via P. Giuria 15	10126 TORINO
Pinton Dott. Roberto, Ist. Prod. Vegetale	piazzale Kolbe 4	33100 UDINE
Pizzigallo Dott.a M. Donata, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/a	70126 BARI
Premoli Dott.a Alessandra, Ist. Chimica Agraria	via De Nicola	07100 SASSARI
Previtali Prof. Franco, Istituto Agronomia	via Celoria 2	20133 MILANO
Primavera Dott. Fabio, I.S.S.D.S.	piazza D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Provenzano Dott.a M. Rosaria, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/a	70126 BARI
Puddu Dott.a Rita	via Milano 13	09032 ASSEMINI (CA)
Pumo Dott. Antonio	via G. Campolo 49	90145 PALERMO
Purnell Dott. M.F. AGLS, Land and Water Development Div. FAO		00100 ROMA
Radogna Prof. Vito, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/a	70126 BARI
Raglione Dott. Marcello, Ist. per lo Studio e la Difesa del Suolo	via Casette 1	02100 RIETI
Raimondi Dott. Salvatore, Ist. Agron. Gener., Cattedra Pedologia	viale delle Scienze	90128 PALERMO
Ramunni Prof. Angelo, Ist. Chimica Agraria	via Università 100	80055 PORTICI (NA)
Rasio Dott. Romano	via Giovanni XXIII 35	46029 SUZZARA (MN)
Raspi Dott.a Antonietta, C.N.R. Centro Studi, Genesi Suolo	piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Ristori Prof. Giuseppe, C.N.R. Centro Studi Colloidi Suolo	piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Rocchetti Prof. Giuseppe	piazzale Porta a Prato 14	50100 FIRENZE
Rodolfi Prof. Giuliano, Dip.to Scienza Suolo	piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Romanelli Dott. Fabrizio, Lab. Analisi Chimico Agrarie	via Roma 157	MONTEVARCHI (AR)
Romanin Visintini Dott.a Maria, Ist. Sperim. per la Nutrizione delle Piante	via Trieste 23	34170 GORIZIA
Rombi Dott.a Giusy	via Col D'Echele 27	09100 CAGLIARI
Roncalli Dott.a Wilma	via XXV Aprile 16	24040 BONATE SOTTO (BG)
Ronchetti Prof. Giulio, Ist. per lo Studio e la Difesa del Suolo	piazza D'Azeglio 30	50121 FIRENZE
Rossi Dott.a Gabriella, Ist. Sper. per la Nutrizione delle Piante	via della Navicella 4	00184 ROMA
Rossi Prof. Nino, Ist. Chimica Agraria, Università di Bologna	viale Berti Pichat 10	40127 BOLOGNA
Rudini Dott. Antonio	via Roma 54	23020 PIATEDA (SO)

Ruggieri Dott.a Luisa Maria, Agrisol, Studio Agrario	via V. Veneto 87	70052 BISCEGLIE (BA)
Ruggiero Prof. Pacifico, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/a	70126 BARI
Rustici Dott. Luca, Regione Toscana	via Di Novoli 26	50100 FIRENZE
S.A.F., Ist. di Sperimentazione per la Pioppicoltura	strada per Frassineto Po 35	15033 CASALE MONFERRATO (AL)
SAF-ROMA, Centro Sperim. Agricolo e Forestale	via dei Casalotti 300	00166 ROMA
Sale Dott.a Anna Maria, Coop.va ITER	via Saragozza 175-177	40135 BOLOGNA
Sanesi Prof. Guido, Ist. Geologia Appl.	piazzale delle Cascine 15	50144 FIRENZE
Santoro Prof. Mario, Ist. Idraulica, Facoltà Ingegneria	viale delle Scienze	90128 PALERMO
Sarno Dott. Giampaolo	via Trento 3	70126 BARI
Sarno Prof. Riccardo, Ist. Agronomia e Coltivazioni Erbacee	viale delle Scienze 13	90128 PALERMO
Savoini Dott. Guido	viale Lombardia 277	20047 BRUGHERIO (MI)
Sbaraglia Dott. Mauro	via Vinci 34/a	00040 TORVAIANICA (RM)
Scalone Dott.a Nicoletta	Prato della Valle 65	35123 PADOVA
Scarponi Prof. Luciano, Ist. Chimica Agraria	borgo XX Giugno 72	06100 PERUGIA
Scandella Dott.a Patrizia, Ist. Sperim. Nutriz. Piante	via della Navicella 2	00184 ROMA
Scopa Dott. Antonio, Università della Basilicata, Dipartim. di Prod. Vegetale	via N. Sauro 85	85100 POTENZA
Senesi Prof. Nicola, Ist. Chimica Agraria	via Amendola 165/a	70100 BARI
Sequi Prof. Paolo, Ist. Sperim. per la Nutrizione delle Piante	via della Navicella 2	00184 ROMA
Serra Dott.a Monica	via Morgagni 19	09100 CAGLIARI
Silanos Dott. Luciano, c/o Genio Civile, C.R.A.S. settore Pedologia	via Diaz 23	07100 SASSARI
Silva Dott. Sandro, Ist. Chimica Agraria, Università Cattolica	via E. Parmense 84	29100 PIACENZA
Simoncini Dott.a Stefania	via Della Torre 18	50018 MOLINO DEL PIANO (FI)
Spallacci Dott. Pasquale, Ist. Sperimentale Agronomico, Sez. Operativa di Modena	viale Caduti in Guerra 134	41100 MODENA
Taglioni Dott. Natalino	via Filo 74	44010 FILO D'ARGENTA (FE)
Talamucci Prof. Paolo, Dipart. di Agronomia e Produzioni Erbacee	piazzale delle Cascine 18	50144 FIRENZE
Terribile Dott. Fabio, Ist. Irrigazione-CNR	C.P. 101	80040 SAN SEBASTIANO AL VESUVIO (NA)
Testini Prof. Ciro, Ist. Chimica Agraria, Facoltà Agraria	via Amendola 165/a	70126 BARI

Tomaselli Feroci Luisa, Centro Studi, Microorganismi Autotrofi del CNR
Tomassetti Dott.a Carla, COOP ITER
Torri Dott. Dino, C.N.R. Centro Genesi Suolo
Tortorici Dott.a Danila, Lab. Anal. Terreni Reg. Emilia
Tournon Prof. Giovanni, Ist. Idraulica Agraria
Trastu Dott. Sandro
Tropea Prof. Michele, Ist. Chimica Agraria
Tugnoli Dott. Vincenzo, Ass. Naz. Bieticoltori
Tusa Dott.ssa Delia
Usai Dott. Domenico
Vacca Dott. Andrea
Vacca Dott. Sergio
Varanini Prof. Zeno, Dip. Agrobiologia, Agrochimica-Università della Toscana
Veneri Dott. Andrea
Vianello Prof. Gilmo, Ist. Chimica Agraria
Viganò Pietro, Ist. Chimica Agraria
Vigna Guidi Dott. Guido, Lab. C.N.R. Chimica del terreno
Vinci Dott. Andrea, Dip. Agr. e Foreste, Regione Toscana
Violante Prof. Antonio, Ist. Chimica Agraria
Violante Prof. Pietro, Ist. Chimica Agraria
Visani Dott.a Caterina, c/o ERSAT
Vitali Dott. Guido
Vittori Antisari Dott. Livia
Vizzari Dott. Attilio, Lab. Analisi Chimiche
Yaovi Goussikpe, Dip. Ing. del Territorio, Fac. di Agraria
Zaccheo Dott.a Patrizia, Ist. Chimica Agraria
Zanini Prof. Ermanno, DI. Va. P.R.A., Chimica Agraria

piazzale delle Cascine 27
via Saragozza 175-177
piazzale delle Cascine 15
via Tolara di Sopra 72
corso Raffaello 8
via Veneto 83
via Valdisavoia 5
via D'Azeglio 48
via R. Wagner 4
via Carlo Sanno 179
via Sant' Antonio 182
via Dante 216
via S. C. de Lellis
via Carducci 30
via Berti Pichat ,10
via Celoria 2
via Corridoni 78
via Novoli 26
via Università 100
via Università 100
via Baldedda 11
via Pitentino 2
via Etruria 2
via Trento e Trieste 2
via De Nicola
via Celoria 2
via P. Giuria 15

50144 FIRENZE
40135 BOLOGNA
50144 FIRENZE
SETTEFONTI 40050 MERCATALE (BO)
10129 TORINO
09016 IGLESIAS (CA)
95123 CATANIA
40100 BOLOGNA
90139 PALERMO
09040 SENORBI (CA)
09045 QUARTU S. ELENA (CA)
09128 CAGLIARI
01100 VITERBO
37067 VALEGGIO SUL MINCIO (VA)
40127 BOLOGNA
20133 MILANO
56100 PISA
50100 FIRENZE
80055 PORTICI (NA)
80055 PORTICI (NA)
07100 SASSARI
24100 BERGAMO
40139 BOLOGNA
57025 PIOMBINO (LI)
07100 SASSARI
20133 MILANO
10126 TORINO



INDICE

11
12
13

14
15
16

Editoriale	Pag.	3
Composizione del Consiglio Direttivo.....	»	5
Tavola Rotonda.....	»	11

I Sessione Studio del suolo e pratiche agronomiche

Prospettive nel condizionamento di suoli argillosi mediante inoculazione con cianobatteri azotofissatori selezionati.....	Pag.	15
Perdite di nutrienti per deflusso superficiale in ambienti della collina argillosa dell'Italia centrale con diverso uso del suolo.....	»	17
Possibile uso di zeoliti naturali in pedotecnologie per il controllo della solubilità dei fosfati.....	»	19

II Sessione Studio del suolo in ambienti forestali

Influenza del soprassuolo sull'attività microbica del suolo di aree del parco nazionale del casentino, soggette a precipitazioni acide.....	Pag.	23
Gli humus forestali delle faggete e abieti-faggete del Trentino: metodologia d'indagine e risultati preliminari.	»	35
Tassonomia del "Forest Floor" e caratteristiche di fertilità dei suoli forestali sotto Pino d'Aleppo (<i>Pinus Halepensis</i> Miller) e Cedro dell'Atlante [<i>Cedrus Atlantica</i> (Endl.) Carrière] nei monti Sicani.....	»	51

III Sessione Suoli e sistemi geomorfologici

Bande cromatiche in un terrazzo fluvio-glaciale del Piemonte: caratterizzazione e ipotesi genetica.....	Pag.	65
---	------	----

I suoli del sistema collinare orientale di Cammarata e S. Giovanni Gemini (AG)	»	67
I suoli sul granito del M.te Capanne (isola d'Elba, Italia). Analisi geostatistica e sequenze evolutive	»	87
Lo studio delle unità di paesaggio territoriali quale fase preliminare all'indagine pedologica: il caso del Comune di Borgo Tossignano (BO)	»	103

IV Sessione **Sistemi informativi territoriali e telerilevamento**

Analisi spettrale dei suoli applicata al telerilevamento ambientale. Un caso di studio: il fortore beneventano (Appennino meridionale)	Pag.	107
Relazioni tra colore e risposta spettrale del suolo. Applicazioni ad un'area di studio dell'Appennino meridionale	»	135
Prime indicazioni per la standardizzazione delle voci di descrizione e codifica pedologica	»	159
Losis: un database geografico dei suoli di Lombardia	»	163
Architettura di un database relazionale per un sistema informativo pedologico	»	165

V Sessione **Erosione e conservazione del suolo**

Evoluzione dei suoli e processi di erosione su biancane: il caso delle biancane de la foce (Val d'Orcia, Siena).	Pag.	185
Caratterizzazione dei suoli delle zone calanchive della Valle del Medio Basento. Indagine preliminare	»	205
La prevenzione della degradazione del suolo attraverso attività agricole a basso impatto ambientale	»	207
Controllo della funzionalità biochimica di un suolo argilloso mediante interventi "Living Mulch": studio di laboratorio	»	221

VI Sessione
Gestione dei suoli e del territorio

Lo studio dei suoli nell'ambito della pianificazione di utilizzo dei pascoli: il caso della Val Gerola.....	Pag.	235
L'uso integrato delle risorse suolo-acqua come mezzo di difesa e valorizzazione dei territori montani: un esempio nella Sardegna centrale.....	»	257
Analisi geopedologica e territoriale di un'area mineraria aurifera. Indicazioni e proposte di salvaguardia e ripristino dei suoli (Furtei - Sardegna meridionale)....	»	259
La valutazione del territorio come base per la difesa delle aree collinari e montane. Un esempio nella Sardegna centro-settentrionale.....	»	261

Sessione poster

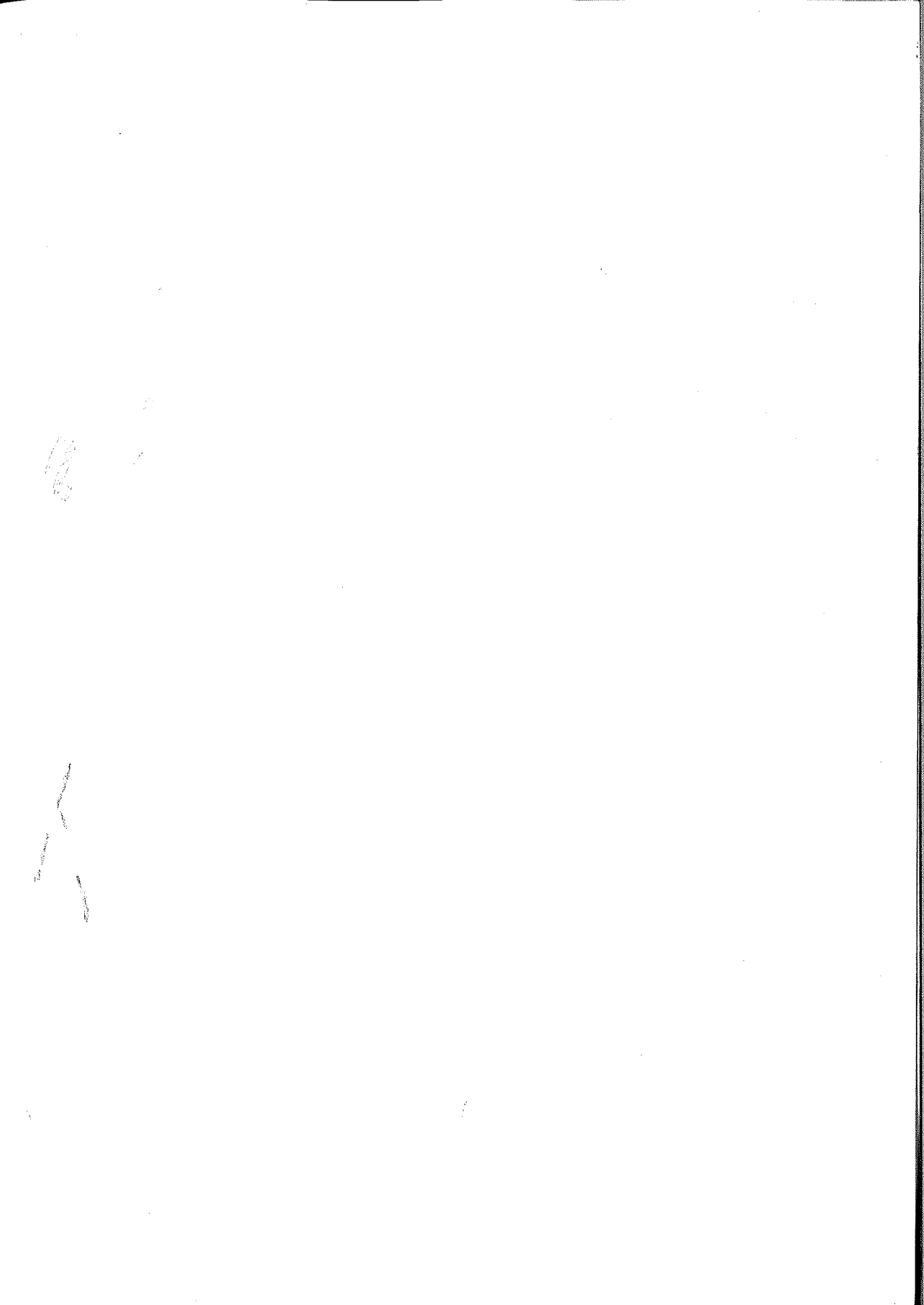
L'influenza dell'altimetria sul pedoclima nel versante sud-occidentale di M. Erice (TP).....	Pag.	293
Caratteristiche e distribuzione dei suoli forestali del bosco Ledera sui monti Sicani (Sicilia occidentale).....	»	295
Studio pedologico-vegetazione della toposequenza rifugio Falck (Val Grosina orientale).....	»	309
Caratterizzazione della sostanza organica e dell'attività della biomassa microbica in suoli forestali sottoposti a diversa gestione.....	»	311
I suoli da piroclastiti sui rilievi carbonatici del sistema Partenio-Vallo di Lauro.....	»	325
Quantificazione ed analisi del sedimento accumulato nella Diga di Valgrosina.....	»	327

Contributi dei soci
Note scientifiche di carattere generale

Scienza del suolo: verso una nuova identità.....	Pag.	331
--	------	-----

I soci ci informano

Breve nota informativa sui lavori della "International Conference on land Degradation"	Pag.	341
Sistemi informativi territoriali sviluppi per pianificare l'uso sostenibile delle risorse ambientali	»	345
Date da ricordare.....	»	349
Fresco di stampa.....	»	353
Elenco soci	»	357



10
11
12

13
14
15

SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO

Domanda di associazione

Alla SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO
c/o Istit. Sper. Studio Difesa Suolo
Piazza Massimo D'Azeglio, 30
50121 FIRENZE

Il sottoscritto chiede di essere ammesso a far parte della Società Italiana della Scienza del Suolo.

Allega: curriculum dettagliato ed elenco delle pubblicazioni.

Cognome

Nome Titoli

Indirizzo ufficio

.....

Indirizzo abitazione

.....

Commissioni delle quali intende far parte (non più di tre)

- 1. Fisica del suolo
- 2. Chimica del suolo
- 3. Biologia del suolo
- 4. Fertilità del suolo e nutrizione delle piante
- 5. Genesi, classificazione e cartografia del suolo
- 6. Tecnologia del suolo
- 7. Mineralogia del suolo

Desidero altresì far parte della Società Internazionale

Sì No

Firma dei Soci presentatori

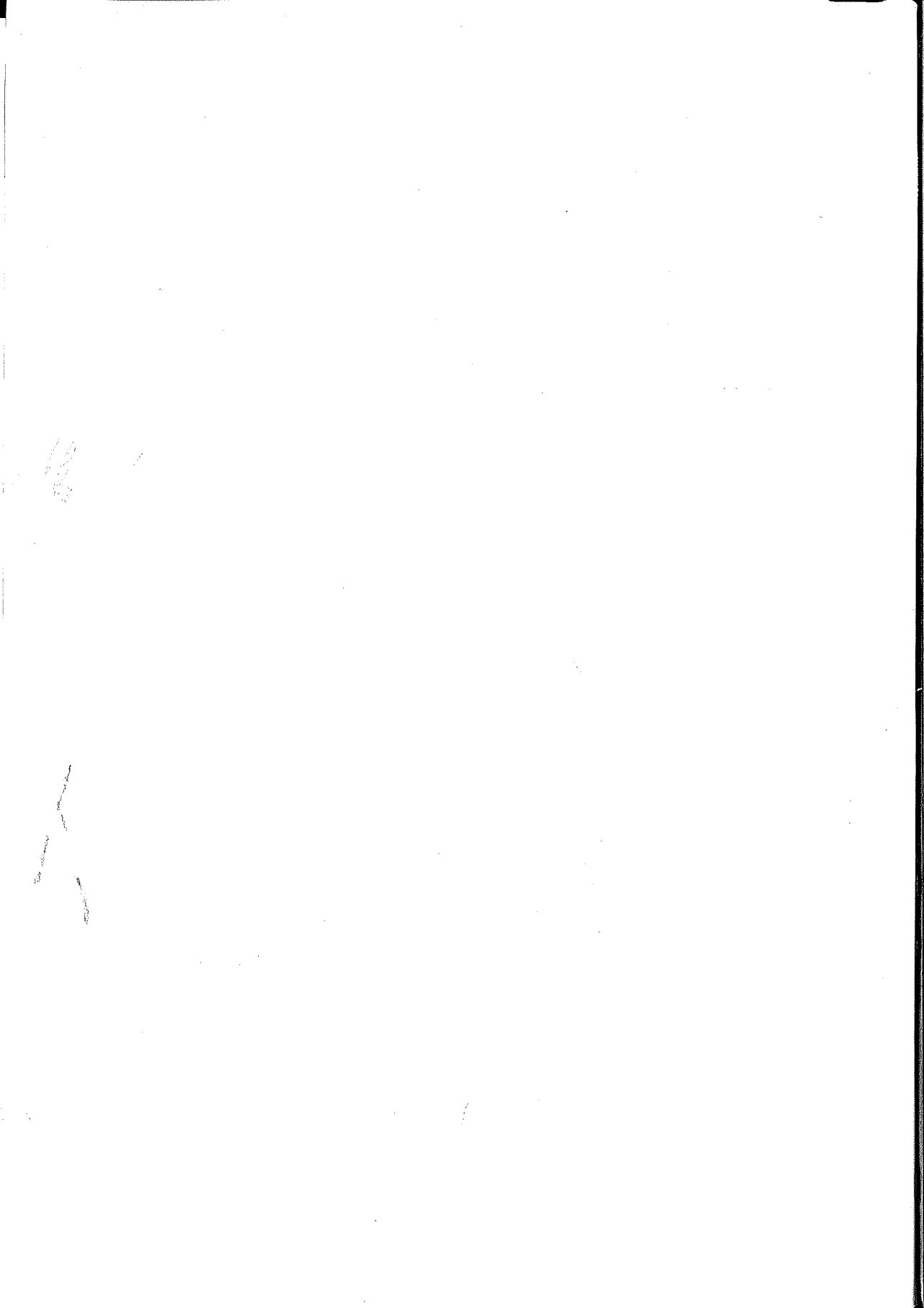
Firma

1)

2)

Data





i. tutte le figure vengono generalmente ridotte a tre dimensioni fisse: 18 cm di larghezza (su tutta la larghezza della pagina), a 9 cm (su una sola colonna) a 4,5 cm; è da tendere alla riduzione massima per risparmiare spazio;

ii. i numeri, le cifre o le scritte inserite all'interno dei grafici vanno inserite dall'A. in una forma definita che ne assicuri la piena leggibilità anche a riduzione avvenuta;

iii. una cifra o una lettera per essere chiaramente leggibile deve avere un'altezza minima di 1,0 mm; gli AA. quindi dovranno scegliere i caratteri in modo che a riduzione avvenuta risultino non inferiori a tale misura;

iv. analogo avvertimento vale per il tratto con cui fare i disegni: se troppo fino, si perde in evidenza con la riduzione. Si raccomanda di non usare tratti non più fini a 0,4 mm.

i. Le fotografie dovranno essere presentate stampate nel miglior modo in bianco e nero, su carta bianca, lucida e numerata sul retro o in casi eccezionali in diapositiva, a colori. La Direzione si riserva il diritto di selezionare e ridurre le fotografie presentate dall'autore.

l. Le didascalie delle tabelle e delle figure (grafici e fotografie) debbono essere scritte, in italiano e in inglese, su foglio a parte. A margine del testo deve essere indicata in maniera approssimativa la posizione delle figure.

m. La bibliografia deve essere presentata su fogli a parte. L'elenco bibliografico deve comprendere solo i lavori citati nel testo. I vari riferimenti bibliografici, senza numerazione, saranno ordinati per ordine alfabetico di autore. I lavori di uno stesso autore saranno disposti secondo la data di pubblicazione; per quelli pubblicati da uno stesso autore in uno stesso anno si rimanda al punto f. I lavori in collaborazione saranno ordinati secondo l'ordine alfabetico del primo degli autori e, se vi sono in bibliografia altri lavori di questo autore, i lavori di collaborazione seguiranno quelli dell'autore singolo. Al cognome dell'autore, o di tutti gli autori, seguirà l'iniziale del nome. Gli articoli anonimi verranno elencati in ultimo in bibliografia, sostituendo un tratto al nome dell'autore.

Terminologia. Si auspica l'adozione delle unità di misura e relativo simbolo del S.I.

L'uso di parole straniere va limitato ai casi in cui non esistano parole italiane corrispondenti, mettendole in corsivo.

5. RESPONSABILITÀ

La responsabilità del contenuto dei lavori spetta interamente all'autore.

6. CORREZIONE DELLE BOZZE

L'autore deve provvedere con estrema attenzione e sollecitudine e comunque entro 10 giorni, alla correzione delle bozze, confrontandole con la copia in suo possesso. Solo le prime bozze saranno corrette dall'autore. Le spese per correzione di errori che non siano essenzialmente tipografici e per variazioni del testo sono a carico dell'autore.

SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO

Comitato di Redazione del Bollettino

C/o: Istituto di Agronomia Generale - Università di Palermo
Viale delle Scienze - 90128 Palermo - Tel. 091/596102 - Fax 091/6518222

C/o: Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo
Piazza M. D'Azeglio, 30 - 50121 Firenze - Tel. 055/2491250 - Fax 055/241485