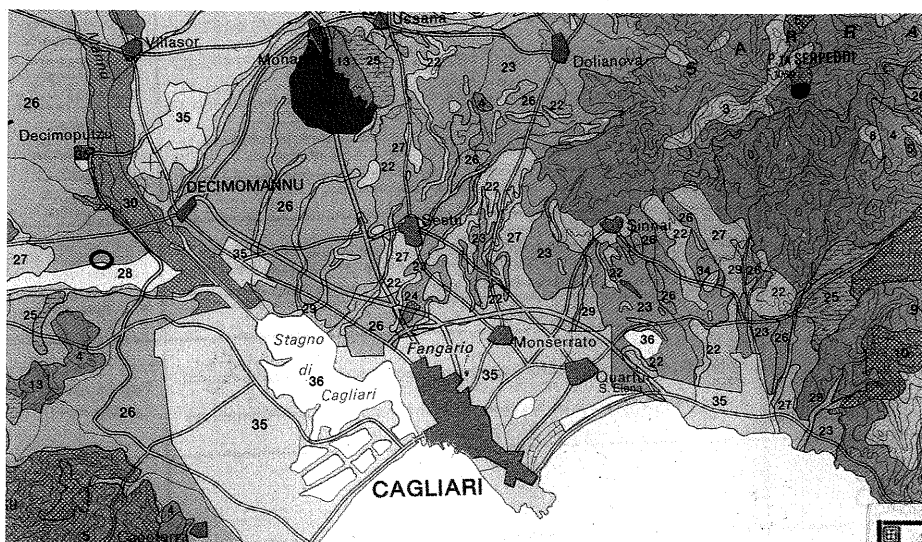




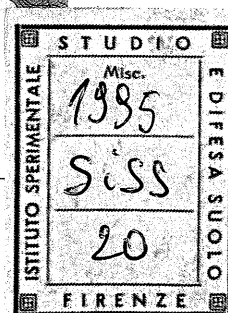
S.I.S.S.  
Società Italiana della Scienza del Suolo

# Il Ruolo della PEDOLOGIA nella Pianificazione e Gestione del Territorio

A cura di Angelo Aru e Daniele Tomasi



Atti del Convegno  
Cagliari, 6-10 giugno 1995





S.I.S.S.  
Società Italiana della Scienza del Suolo

Il Ruolo della  
**PEDOLOGIA**  
nella Pianificazione  
e Gestione del Territorio

A cura di Angelo Aru e Daniele Tomasi

Atti del Convegno  
Cagliari, 6-10 giugno 1995

---

Università degli Studi di Cagliari  
Dipartimento di Scienze della Terra  
via Trentino, 51  
Cagliari

Questo volume è stato pubblicato  
con il contributo dell'Assessorato Affari Generali,  
Personale e Riforma della Regione Autonoma della Sardegna

Stampato da  
Tipolitografia Graphical  
via Sant'Efisio, 18  
Cagliari

progetto grafico: Daniele Tomasi

---

Il Convegno sul ruolo della Pedologia nella pianificazione e gestione del territorio, che si è svolto in Sardegna nel giugno dell'anno scorso, tra le altre cose, ha avuto il merito di evidenziare i rapporti molto stretti che esistono fra gli studi pedologici e la corretta gestione di tutte le risorse naturali presenti sul territorio.

Il Convegno costituisce un punto fermo nell'evoluzione del pensiero pedologico in quanto con esso si chiude un'epoca importante per la conoscenza del pensiero scientifico pedologico.

Epoca che si potrebbe definire pionieristica sia per l'esiguo numero di studiosi della disciplina sia perché si è dovuto superare la diffidenza e l'ostracismo di non pochi. A Cagliari è stata aperta un'altra epoca durante la quale la Pedologia non solo dovrà affermarsi come un'importante e insostituibile punto di riferimento scientifico e accademico, ma anche, e in un certo senso direi soprattutto, come elemento essenziale e indispensabile per la corretta gestione del territorio e per la difesa e conservazione di tutto l'ambiente naturale e antropico.

E' un traguardo ambizioso a cui tutti dobbiamo tendere. Certamente la strada sarà lunga e difficile ed andrà percorsa assieme a tanti altri che hanno a cuore la corretta gestione delle risorse naturali. Mi riferisco agli agronomi, agli architetti, agli ingegneri, ai programmatori e a quanti per un verso o per un altro sono interessati al problema. Essi, durante le escursioni seguite al Convegno, hanno avuto modo di discutere e di dibattere con i Pedologi i tanti problemi legati al suolo e alla sua corretta gestione.

In questa nuova visione interdisciplinare, in cui la Pedologia dovrà costituire un'essenziale pedina, è importante che ognuno, nella propria configurazione professionale e scientifica, porti il bagaglio delle idee e delle conoscenze acquisite, senza perÙ alcuna prevaricazione nei confronti degli altri.

Ritengo che tutto ciÙ è stato ampiamente dimostrato a Cagliari ed è perciò che sono particolarmente grato agli amici Aru e Baldaccini e a tutti i Collaboratori per l'impegno profuso nella pubblicazione di questi atti che resteranno a lungo un sicuro punto di riferimento per tutti e per la Società Italiana della Scienza del Suolo che, in questi ultimi anni, si è impegnata in tutte le sue componenti per dare inizio ad un nuovo corso nella storia della Scienza del Suolo.

Giovanni Fierotti

---

In questi ultimi decenni le scienze ambientali hanno avuto un notevole impulso. Fra le discipline di maggior interesse la climatologia ed i cambiamenti climatici in particolare sono stati oggetto di ricerca. Gli sforzi fatti dalle organizzazioni nazionali ed internazionali sono stati enormi, con pubblicazioni in tutte le lingue su questo aspetto di vitale importanza. I risultati sono spesso allarmanti anche se credo che sia ancora prematuro presentare conclusioni generalizzate soprattutto nel Mediterraneo.

Il fattore biotico-ambientale (fauna e vegetazione) è stato ugualmente approfondito sotto tutti gli aspetti, soprattutto quello della conservazione e gestione delle risorse naturali.

Il suolo, terzo elemento dell'ecosistema, ha interessato un certo numero di ricercatori, ma in misura di gran lunga inferiore rispetto alle altre scienze ambientali. Eppure la vita biologica si svolge sul suolo, l'attività dell'uomo per gran parte si svolge da sempre sul suolo. Si assiste a fenomeni di degrado e desertificazione anche in aree mediterranee e spesso con impossibilità di recupero.

Pertanto abbiamo necessità di studiare i sistemi di intervento per mitigare la degradazione e la desertificazione soprattutto attraverso la pianificazione dell'uso delle risorse.

La conoscenza del suolo rappresenta un aspetto imprescindibile per la conoscenza dell'ambiente e per la progettazione. In molti casi è obbligatoria la cartografia pedologica come ad esempio nell'irrigazione e solo in pochi casi per la pianificazione per la tutela delle risorse e del paesaggio.

Per questi motivi il congresso annuale della SISS, che si è tenuto a Cagliari nel giugno 1995, ha voluto focalizzare l'attenzione sul ruolo della pedologia e della scienza del suolo in generale nella pianificazione e gestione del territorio.

Per quanto riguarda la Sardegna viene messa in evidenza l'attività dei progetti MEDALUS della Unione Europea, e P.A.N.D.A. (Produzione Agricola nella Difesa dell'Ambiente) del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali.

La realizzazione del Convegno SISS è stata resa possibile grazie ai contributi finanziari concessi dalle seguenti istituzioni alle quali va un particolare riconoscimento:

- Assessorato degli Affari Generali, Personale e Riforma della Regione Autonoma della Sardegna,
- Ente Autonomo del Flumendosa,
- Fondazione Banco di Sardegna
- Società Italiana della Scienza del Suolo
- Università degli Studi di Cagliari.

Vorrei inoltre ringraziare vivamente tutti coloro che con i loro autorevoli interventi hanno contribuito ad illustrare le varie caratteristiche del nostro territorio, nonché i diversi aspetti tecnico-scientifici ed economici-politici relativi alle attività di pianificazione territoriale, ed in particolare:

- Prof. Pasquale Mistretta, Rettore dell'Università degli Studi di Cagliari,
- Prof. Antonio Sassu, Assessore alla Programmazione Bilancio e Assetto del Territorio,

Regione Autonoma della Sardegna,

- Prof. Paolo Baldaccini, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Università di Sassari,
- Prof. Giovanni Barrocu, Direttore della Sezione Geologia Applicata del Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università di Cagliari,
- Prof. Raoul Dudal del Katholieke Universiteit Leuven, Belgio,
- Dr. Bartolomeo Fancello, Direttore Generale Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale, Nuoro,
- Prof. Giovanni Fierotti, Presidente della S.I.S.S. e Direttore dell'Istituto di Agronomia Generale, Università di Palermo,
- Prof. Fiorenzo Mancini del Dipartimento Scienza del Suolo dell'Università di Firenze,
- Prof. Antonello Sanna, Istituto di Architettura, Università di Cagliari,
- Ing. Roberto Silvano, Coordinatore Servizio Studi e Progetti, Ente Autonomo del Flumendosa
- Prof. Antonio Ulzega, Direttore del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari.

Un particolare riconoscimento anche alla Comunità Montana n° XXIII di Capoterra sia per la collaborazione nell'organizzazione dell'escursione a Capoterra, sia per aver messo a disposizione del nostro gruppo di pedologi le strutture e gli spazi per eseguire le sperimentazioni in campo.

Vorrei anche esprimere la mia gratitudine al Dr. G. Filippini, Assessore alla Cultura del Comune di Cagliari che ha consentito a tutti i partecipanti di ammirare alcuni esempi dell'artigianato sardo e di recupero di antiche strutture urbane della città di Cagliari.

Un riconoscimento va a tutti coloro che con la loro collaborazione hanno contribuito alla riuscita della manifestazione:

- Assessorato all'Ambiente della Regione Autonoma della Sardegna
- Assessorato all'Ambiente, Comune di Quartu S. Elena
- Azienda Agraria Sant'Elena di San Sperate
- Azienda Vinicola Argiolas di Sardinia,
- Banco di Sardegna
- Cantina Sociale di Dolianova
- Cantina Sociale di Santadi
- Ditta Meloni Vini
- ESIT

Infine, vorrei ringraziare vivamente tutti i componenti del Comitato Organizzatore per il prezioso lavoro che hanno svolto nell'organizzazione del Convegno:

Ing. Paolo Botti, D.ssa Maria Antonietta Dessena, D.ssa Francesca Fantola, D.ssa Maria Rita Lai, Dr. Stefano Loddo, Dr. Salvatore Madrau, Catherine Mann, Dr. Fausto Pani, Gianni Pinna, D.ssa Rita Puddu, Gianluca Serra, Dr. Fabio Terribile, Dr. Daniele Tomasi, Dr. Sandro Trastu, Dr. Domenico Usai, Dr. Andrea Vacca, Dr. Sergio Vacca.

Angelo Aru

## PROGRAMMA DEL CONVEGNO

---

### **Martedì 6 giugno**

- Apertura del Convegno e saluti delle Autorità
- R. Dudal - *Carta dei suoli dell'Europa in scala 1:250.000: Una base per la pianificazione regionale*
- A. Aru - *Il ruolo della pedologia nella pianificazione e nella progettazione con particolare riferimento alla Sardegna*
- Dibattito
- Inizio Sessioni 1 e 2  
*Sessione 1 - Problemi ambientali - Moderatore: Prof. F. Mancini*  
*Sessione 2 - Problemi agricoli e forestali - Moderatore: Prof. P. Baldaccini*
- Discussione Sessioni 1 e 2

---

### **Mercoledì 7 giugno**

- Inizio Sessioni 3 e 4  
*Sessione 3 - Problemi ambientali - Moderatore: Prof. I. Camarda*  
*Sessione 4 - Problemi agricoli e forestali - Moderatore: Prof. G. Fierotti*
- Discussione Sessioni 3 e 4
- Discussione congiunta e conclusioni
- Discussione Posters - *Moderatore: Dr. S. Vacca*

---

### **Giovedì 8 giugno - Escursione a Quartu S. Elena - Serdiana**

- Escursione nei dintorni di Cagliari (Quartu S. Elena) con esami di alcuni profili di suolo ed esposizione dei problemi agricoli ed urbanistici del territorio
- Escursione nei dintorni di Serdiana. Esame di una "catena" di suoli e del paesaggio delle aree viticole del Parteolla

---

### **Venerdì 9 giugno - Escursione a Capoterra - San Sperate**

- Escursione nei dintorni di Cagliari (Capoterra) con esame di alcuni profili di suolo ed esposizione dei problemi urbanistici, geoidrologici e di utilizzazione
- Visita alle parcelle sperimentali del progetto MEDALUS (Az. Is Olias)
- Escursione nei dintorni di San Sperate. Esame profili di suolo e problemi relativi ai rapporti tra assistenza tecnica in agricoltura e pedologia

---

### **Sabato 10 giugno - Visita installazioni di misura e di campionamento dell' Ente Autonomo del Flumendosa**

- Visita stazione idrometrografica del Rio Mulargia
- Diga Mulargia. Prove sperimentali di erosione con simulatore di pioggia
- Seminario

## SOMMARIO DELLE COMUNICAZIONI SCIENTIFICHE

---

Il ruolo della pedologia nella pianificazione e progettazione con particolare riferimento alla Sardegna <i>A. Aru</i> .....	17
Una carta dei suoli dell'Europa a scala 1:250.000: una base per la pianificazione regionale <i>R. Dudal</i> .....	29

---

### Sessione 1 - Problemi ambientali

Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del sistema Flumendosa-Campidano. Nota I: Metodologie di indagine per la valutazione della dinamica del territorio. Aspetti geomorfologici, pedologici, del land-use e sedimentari <i>S. Vacca</i> .....	35
Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del sistema Flumendosa-Campidano. Nota II: Criteri di classificazione del territorio per l'individuazione delle aree maggiormente soggette a rischio di erosione idrica <i>G. Rodolfi, S. Vacca, C. Zanchi</i> .....	37
Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del sistema Flumendosa-Campidano. Nota III: Aspetti idrologici e quantificazione del processo erosivo <i>C. Zanchi, P. Botti, S. Vacca, G. Rodolfi,</i> .....	49
Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del sistema Flumendosa-Campidano. Nota IV: Aspetti relativi all'erosione ed alla sedimentazione negli invasi Flumendosa e Mulargia. <i>P. Bazzoffi, S. Pellegrini, S. Vacca</i> .....	57
Le utilizzazioni di una cartografia pedopaesaggistica nella pianificazione territoriale della Provincia di Cremona <i>R. Zanoni</i> .....	69
Erosione ed uso del suolo: indicazioni per la gestione e la pianificazione del territorio. Un esempio nella Sardegna sud-occidentale <i>D. Tomasi, R. Puddu, A. Vacca</i> .....	77
Prime osservazioni su suoli di un settore della Valle del Cixerri (Sardegna meridionale) con particolare riferimento ai suoli sulle andesiti cenozoiche e sui prodotti piroclastici <i>A. Assorgia, D. Usai, S. Trastu, G. Pinna</i> .....	87



L'utilizzazione delle procedure di land evaluation nella definizione di uno "zoning ambientale" in aree sensibili. Il caso dell'agro-ecosistema della bassa pianura friuliana e della zona di transizione della laguna di Marano e Grado (Friuli-Venezia-Giulia)	
<i>L. Ravanello, S. Vacca</i> .....	95

---

### Sessione 2 - Problemi agricoli e forestali

Caratteri pedologici, attitudine e produttività dei suoli recuperati dalla bonifica nel "Basso Piave" (San Donà, VE)	
<i>C. Bini, M. Franzoi, L. Gaion</i> .....	111
Applicazione del sistema esperto "FOCOSU" per la pianificazione e gestione degli ecosistemi forestali di Poggio del Comune (Siena)	
<i>E. Gregori, E.A.C. Costantini</i> .....	121
Caratteri, trafficabilità e idoneità dei suoli al pascolo in un'area della Sardegna nord-occidentale	
<i>G. Dessì, M.A. Pulina, M.A. Deroma</i> .....	135
Pratica del "set-aside" come metodo di recupero biofisico di un terreno fragile in clima semi-arido	
<i>B. Ceccanti, G. Masciandaro, J.F. Gallardo-Lancho</i> .....	145
B.Idr.A.S. Il bilancio idrico per le aree sensibili	
<i>G. Mecella, P. Scandella</i> .....	153
Prime considerazioni sulla degradazione delle aree sughericole in Sardegna (Progetto PANDA)	
<i>S. Trastu, D. Usai, V. Satta, G. Brundu, A.Aru, I. Camarda, P. Baldaccini</i> .....	163
La conoscenza delle caratteristiche microstrutturali come contributo alla valutazione dell'uso del suolo	
<i>P. Melis, G. Pilo, P. Baldaccini</i> .....	175
L'incidenza del compattamento nei processi di degradazione del suolo	
<i>M. Pagliai, C. Piovanelli, G. D'Egidio</i> .....	185

---

### Sessione 3 - Problemi ambientali

L'erosione genetica dell'ecosistema suolo	
<i>C. Dazzi</i> .....	195
L'erosione nei terreni percorsi da incendi	
<i>G. Giovannini</i> .....	201
Consumo del suolo e modificazioni indotte dall'urbanizzazione nella fascia costiera orientale di Palermo	
<i>S. Raimondi, C. Dazzi, G. Fierotti</i> .....	209

L'indagine pedologica nei problemi legati all'erosione del suolo. Lo studio di un caso nel bacino terziario piemontese <i>A. Giordano, F. Cassi, E. Quaglino, E. Busco, S. Ferrari, C. Benone</i> .....	221
Studi pedologici e territoriali per l'adeguamento del piano urbanistico comunale al piano territoriale paesistico nel Comune di Assemini (Sardegna meridionale) <i>F. Fantola, S. Loddo, R. Puddu, A. Aru</i> .....	231
I suoli delle aree industriali dismesse del Golfo di Napoli. Caratteristiche, genesi e classificazione dei suoli dell'acciaieria (I.L.V.A.) di Bagnoli <i>C. Buondonno, A. Buondonno, A. Ermice, M. Murolo, M.L. Pugliano, G. Caligiuri, N. Pascale, C. Tia</i> .....	247

---

#### Sessione 4 - Problemi agricoli e forestali

Ruolo della pedologia nella realizzazione del piano di gestione di un'area protetta <i>C. Magliola</i> .....	261
Evoluzione e prospettive degli studi pedologici a scopo irriguo in Sardegna <i>A. Aru, P. Baldaccini, S. Vacca</i> .....	271
Illustrazione di un manuale divulgativo sull'indagine pedologica finalizzata ai progetti di forestazione in Sardegna (Reg. CEE n. 2080/92) <i>G. Monaci, S. Pallanza, D. Usai, A. Vacca, A. Visani</i> .....	277
I suoli del bacino del Rio d'Astimini-Fiume Santo. Valutazione della loro attitudine al miglioramento pascoli <i>P. Baldaccini, S. Madrau, M.A. Deroma</i> .....	287
Il clima ed il pedoclima dei suoli della Sardegna durante gli anni 1951-80 <i>S. Raimondi, P. Baldaccini, S. Madrau</i> .....	297
Aspetti microbiologici del recupero delle terre marginali <i>F. Favilli</i> .....	307

---

#### Sessione posters

La vocazione delle terre dell'OltrePo Mantovano alla coltura del pero <i>L. Andreoli, M. Brigatti, R.M. Cabrini, D. Fasolini</i> .....	317
Trasformazioni delle aree alluvionali - Esempio del Basso Campidano <i>A. Aru, M.A. Dessena, F. Pani, M.R. Sanna</i> .....	327
La pedologia nella pianificazione paesistica: il parco regionale delle Alpi Apuane <i>C. Bini, F. Fiorani, G. Paolinelli</i> .....	329
Informazioni pedologiche a diverso livello di dettaglio a supporto della pianificazione del territorio agricolo <i>S. Brenna</i> .....	337
Caratteristiche pedologiche e problemi di destinazione dell'area occidentale di Napoli <i>E. Buondonno, A. Ermice, M. Murolo, M.L. Pugliano</i> .....	341

Il ruolo dei fattori edafici nella distribuzione delle sugherete laziali <i>G. Dowgiallo, A.M. Testi, P. Pesoli</i> .....	343
Il contributo della geopedologia nella pianificazione comunale: l'area campione di Quartu S. Elena <i>F. Fantola, M.R. Lai, A. Aru</i> .....	345
Lo studio geopedologico nella pianificazione degli interventi di difesa del suolo e di mitigazione della desertificazione. Salvaguardia della risorsa pedologica nel quadro della Legge n.183/89: il bacino del Rio Santa Lucia di Capoterra <i>M.R. Lai, S. Loddo, R. Puddu, G. Serra, A. Aru</i> .....	349
La cartografia del suolo a varia scala applicata alla zonazione viticola <i>R. Minelli, C.A. Panont, R. Rasio</i> .....	353
Tecniche non invasive a luce laser nello studio delle alterazioni superficiali dei terreni <i>R. Pini, G. Pardini, A. Barbini, M. Raffaelli, G. Vigna Guidi</i> .....	355
L'espansione urbanistica nel Comune di Villabate (Palermo) <i>S. Raimondi</i> .....	359
Carta delle unità di terre della zona inferiore della bassa pianura friulana fra Tagliamento e Isonzo. Un esempio di applicazione delle metodologie di <i>Land Evaluation</i> alla pianificazione ambientale <i>L. Ravanello, S. Vacca</i> .....	367
Carta della unità di terre e dell'erosione potenziale del bacino idrografico del Flumendosa. Indagini effettuate nell'ambito degli studi sulle cause dell'eutrofizzazione delle acque del sistema idraulico Flumendosa-Campidano <i>S. Vacca</i> .....	369
Carta della irrigabilità dei suoli della Sardegna. Applicazione della <i>Land Classification for irrigation</i> per la determinazione dei fabbisogni irrigui della Sardegna nell'ambito del Piano Generale delle Acque <i>S. Vacca, A. Aru, P. Baldaccini</i> .....	371

## ELENCO DEGLI AUTORI

---

- Andreoli L. E.R.S.A.L., Ufficio del Suolo, Segrate (MI)
- Aru A. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Cagliari
- Assorgia A. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Cagliari
- Baldaccini P. Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Sezione Geopedologia e Geologia Applicata, Università degli Studi di Sassari
- Barbini A. Istituto di Fisica Atomica e Molecolare, C.N.R., Pisa
- Bazzoffi P. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze
- Benone C. C.S.I. Piemonte
- Bini C. Dipartimento di Produzione Vegetale e Tecnologie Agrarie, Università degli Studi di Udine
- Botti P. Ente Autonomo Flumendosa, Cagliari
- Brenna S. E.R.S.A.L., Ufficio del Suolo, Segrate (MI)
- Brigatti M. E.R.S.A.L., Ufficio del Suolo, Segrate (MI)
- Brundu G. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Cagliari
- Buondonno A. Dipartimento di Scienze Chimico Agrarie, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II"
- Buondonno C. Dipartimento di Scienze Chimico Agrarie, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II"
- Cabrini R.M. E.R.S.A.L., Ufficio del Suolo, Segrate (MI)
- Caligiuri G. I.L.V.A. (in liquidazione) Napoli
- Camarda I. Dipartimento di Ecologia Vegetale, Università degli Studi di Sassari
- Cassi F. Timesis srl, San Giuliano Terme, Pisa
- Ceccanti B. Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa
- Costantini E.A.C. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze

- D'Egidio G. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, MiRAAF, Firenze
- Dazzi C. Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee, Università degli Studi di Palermo
- Deroma M.A. Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Università degli Studi di Sassari
- Dessena M.A. geologo libero professionista, Cagliari
- Dessi G., N.D.R., Università degli Studi di Sassari
- Dowgiallo G. Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi La Sapienza, Roma
- Dudal R. Institute for Land & Water Management, Katholieke Universiteit Leuven, Belgio
- Ermice A. Facoltà di Scienze Ambientali, Seconda Università degli Studi di Napoli, Caserta
- Fantola F. geologo libero professionista, Cagliari
- Fasolini D. E.R.S.A.L., Ufficio del Suolo, Segrate (MI)
- Favilli F. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari e Microbiologiche, Sezione di Microbiologia Applicata, Università degli Studi di Firenze
- Ferrari S. Istituto di Idraulica Agraria, Università degli Studi di Torino
- Fierotti G. Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee, Università degli Studi di Palermo
- Fiorani F. Fiorani Associati, Studio di Progettazione Architettonica e Pianificazione Ambientale, Pistoia
- Franzoi M. Dipartimento di Produzione Vegetale e Tecnologie Agrarie, Università degli Studi di Udine
- Gaion L. Dipartimento di Produzione Vegetale e Tecnologie Agrarie, Università degli Studi di Udine
- Gallardo-Lancho J.F. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiologia, CSIC, Salamanca, Spagna
- Giordano A. Istituto di Idraulica Agraria, Università degli Studi di Torino
- Giovannini G. Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa
- Gregori E. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze
- Lai M.R. geologo E.R.S.A.T., Cagliari
- Loddo S. geologo libero professionista, Cagliari
- Madrau S. Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Sezione Geopedologia e Geologia Applicata, Università degli Studi di Sassari

Magliola C., Acquater spa, San Lorenzo in Campo (PS)  
 Masciandaro G., Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa  
 Mecella G., Istituto Sperimentale Nutrizione Piante, Roma  
 Melis P., Dipartimento di Scienze Ambientali, Agr. e Biotecnologie  
 Agroalimentari, Università degli Studi di Sassari  
 Minelli R., E.R.S.A.L., Ufficio del Suolo, Segrate (MI)  
 Monaci G., E.R.S.A.T., Nurri (NU)  
 Murolo M., Dipartimento di Scienze Chimico Agrarie, Facoltà di Agraria,  
 Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
 Pagliai M., Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo,  
 MiRAAF, Firenze  
 Pallanza S., E.R.S.A.T., Arborea (OR)  
 Pani F., geologo libero professionista, Cagliari  
 Panont C. A., Istituto Coltivazioni Arboree, Università degli Studi di Milano  
 Paolinelli G., Fiorani Associati, Studio di Progettazione Architettonica e  
 Pianificazione Ambientale, Pistoia  
 Pardini G., Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa  
 Pascale N., I.L.V.A. (in liquidazione) Napoli  
 Pellegrini S., Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze  
 Pesoli P., Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi La  
 Sapienza, Roma  
 Pilo G., Istituto Fisiol. Mat e Cons. Frut. Specie Arboree Mediterranee,  
 C.N.R. Sassari  
 Pini R., Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa  
 Pinna G., Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di  
 Cagliari  
 Piovaneli C., Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo,  
 MiRAAF, Firenze  
 Puddu R., geologo libero professionista, Cagliari  
 Pugliano M.L., Dipartimento di Scienze Chimico Agrarie, Facoltà di Agraria,  
 Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
 Pulina M.A., Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Università degli Studi  
 di Sassari  
 Quaglino E., Timesis srl, San Giuliano Terme, Pisa  
 Raffaelli M., Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa  
 Raimondi S., Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee,  
 Università degli Studi di Palermo

- Rasio R. E.R.S.A.L., Ufficio del Suolo, Segrate (MI)
- Ravanello L. architetto libero professionista, Latisana (UD)
- Rodolfi G. Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta,  
Università degli Studi di Cagliari
- Rusco E. Timesis srl, San Giuliano Terme, Pisa
- Sanna M.R. geologo libero professionista, Cagliari
- Satta V. Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Università degli Studi  
di Sassari
- Scandella P. Istituto Sperimentale Nutrizione Piante, Roma
- Serra G. Dottore in Scienze Forestali, Torino
- Testi A.M. Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi La  
Sapienza, Roma
- Tia C. I.L.V.A. (in liquidazione) Napoli
- Tomasi D. collaboratore esterno MEDALUS II, Cagliari
- Trastu S. geologo libero professionista, Iglesias
- Usai D. E.R.S.A.T., San Sperate (CA)
- Vacca A. E.R.S.A.T., Cagliari
- Vacca S. Ente Autonomo Flumendosa, Cagliari
- Vigna Guidi G. Istituto di Chimica del Terreno, C.N.R., Pisa
- Visani C. E.R.S.A.T., Sassari
- Zanchi C. Dipartimento di Agronomia e Coltivazioni Erbacee, Università  
degli Studi di Firenze
- Zanoni R. Provincia di Cremona

# **IL RUOLO DELLA PEDOLOGIA NELLA PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA SARDEGNA**

**A. Aru, Dipartimento Scienze della Terra, Università di Cagliari**

## **1. Premessa**

Due anni fa in occasione dell'Assemblea della SISS a Palermo, mi fu richiesto di preparare un incontro di studio da tenere a Cagliari in concomitanza con l'Assemblea ordinaria del 1995. Ho accettato senza discutere, premettendo però che il tema delle discussioni avrebbe riguardato alcune applicazioni degli studi pedologici nei più diversi campi.

Questo tema fu dettato da due ragioni: la prima era quella di stimolare l'applicazione della Pedologia a livello progettuale e la seconda era quella di dimostrare agli altri settori della Scienza del Suolo che il pedologo è un ricercatore o professionista con la sua propria identità, che non può essere scambiata o confusa con altre più o meno affini. Infatti la mancanza di conoscenze dei contenuti nelle varie branche della Scienza del Suolo ha creato non pochi dispiaceri, incomprensioni e conflitti nell'ambito dei ricercatori con conseguenze talvolta spiacevoli anche sul piano umano e con ricadute negative sul piano tecnico-economico.

L'introduzione nel mondo del lavoro e soprattutto l'inserimento della nostra disciplina fra quelle importanti per lo studio dell'ambiente, per la qualificazione e quantificazione delle risorse, per la pianificazione del loro uso al fine di garantire la loro conservazione con il massimo profitto, l'interagire con altre discipline, è stato, per molti di noi, un lavoro duro ma nello stesso tempo esaltante e soddisfacente. Se ci sono state delle amarezze, soprattutto nei primi anni, sono arrivati anche i risultati positivi, soprattutto in quest'ultimo decennio.

Ciò che appare grave è la mancata crescita di queste discipline nelle Università. Nel corso di laurea di Scienze Geologiche la Pedologia è scomparsa, risulta complementare in Scienze Naturali, mentre nella Facoltà di Agraria verrà inserita in un modulo per un limitato numero di ore di insegnamento.

Nelle Scienze Ambientali, dove attualmente la Pedologia viene insegnata in due corsi, è prevista la riduzione ad un solo corso per far posto alla zoopedologia.

## **2. Brevi cenni sull'applicazione della Pedologia in Italia.**

L'avvio della pedologia nel nostro paese ha interessato soprattutto le scienze naturali. Gli studi di Comel riguardavano la genesi dei suoli su vari ambienti, mettendo in evidenza l'influenza del clima, come risulta nel suo libretto dal titolo "Pedologia Climatica". Gli studi di Principi ed Edelman, seguiti da quelli di Mancini e Lippi Boncampi hanno interessato l'evoluzione dei suoli in vari ambienti ed il rapporto con la Geomorfologia. Mancini iniziò lavori di grande interesse innovativo sugli aspetti forestali, con riferimenti applicativi.

La scuola di Mancini ha certamente influito su tutti i settori di applicazione della Pedologia.



Alcuni di questi allievi e soprattutto quelli che trovarono una collocazione in Enti o Istituzioni finalizzati all'uso del suolo per scopi agricoli, hanno dovuto concentrare la loro attività sulla cartografia di base e sulle cartografie derivate, dove l'irrigazione ha avuto il maggior interesse.

Ripensando a quegli anni di inizio, ritornano alla mente le difficoltà di diversa natura che si sono dovute affrontare. Innanzitutto la scarsissima comprensione ed accettazione dei risultati dei nostri lavori. Gli incarichi che ci venivano affidati riguardavano nella maggior parte dei casi gli studi sui suoli derivati da sedimenti Pleistocene Inferiore nelle principali pianure alluvionali dell'Isola. Era necessario dare una risposta alla possibilità di utilizzazione per la frutticoltura in aree con suoli fra i meno suscettibili per questo tipo di attività. I risultati di questi primi lavori effettuati nell'Oristanese sui suoli derivati dai sedimenti quaternari più antichi furono pubblicati; essi rappresentavano i primi lavori di Pedologia con finalità applicative stampati in Sardegna. In alcuni incontri, anche pubblici, furono illustrati i conflitti fra gli usi e le qualità delle risorse, mettendo in evidenza che le trasformazioni irrigue in alcune pianure venivano effettuate più sulla base di desideri che non sulle reali possibilità di sviluppo. Anche nelle grandi trasformazioni operate dagli Enti di riforma, la conoscenza del suolo ebbe una importanza molto scarsa. Infatti, dopo alcuni anni dall'assegnazione dei poderi ai contadini seguì un loro parziale abbandono con ritorno al pascolo. Tale abbandono segue un limite pedologico ben preciso.

Qualche collega agronomo di una certa età e con notevole esperienza venne a complimentarsi per l'impostazione di questi studi pedologici e per aver messo in evidenza le difficoltà che si presentavano per la messa a coltura di queste terre e soprattutto per l'irrigazione.

Fra le facoltà di Agraria soltanto alcune intravidero l'importanza di questi studi e iniziarono l'applicazione come ad esempio a Palermo dove il prof. Ballatore ed il Prof. Fierotti portarono avanti la cartografia a tutti i livelli, per la valutazione di suscettività per l'irrigazione, piani di sviluppo, ecc. La Facoltà di Agraria isolana non fu certamente benevole agli inizi dei nostri lavori in Sardegna.

Numerosi sono stati i lavori presso Enti, quale l'Ente Autonomo del Flumendosa ed il CRAS per la Sardegna con i progetti per l'irrigazione della Sardegna meridionale, L'Istituto di Agronomia di Palermo, l'IPLA di Torino, l'Aquater di S. Lorenzo, ecc., finalizzati al settore applicativo.

Molti di questi lavori hanno avuto dignità di pubblicazione con ricadute importanti sul territorio.

Fra questi vanno ricordati gli studi fatti nell'Italia meridionale per la ridefinizione di suscettività all'irrigazione per conto della CASMEZ. Fu proprio negli anni '70 che grazie a questi lavori la CASMEZ rese obbligatori gli studi pedologici per la progettazione degli impianti irrigui. In questo settore hanno trovato possibilità di lavoro numerosi giovani.

E' in questi anni che si stabiliscono rapporti di lavoro e di reciproca fiducia con molti colleghi ingegneri, forestali ed economisti. E' in questi anni che viene messa in evidenza l'importanza dei suoli nel paesaggio naturale, il rapporto tra suoli e forme, il rapporto tra suolo e sviluppo, ecc.

E' in questi anni che si procede all'impostazione di studi pedologici per la pianificazione a livello regionale, comprensoriale, comunità montana, comuni.

Vorrei rimarcare alcune tappe, almeno per la Sardegna, di intesa con l'Istituto di Urbanistica per i piani di sviluppo, piani urbanistici comunali, stesura di piani territoriali di coordinamento, piani territoriali paesistici e studi per la V.I.A. In tutti questi casi lo studio e la cartografia dei suoli hanno giocato un ruolo fondamentale nella zonizzazione territoriale, nelle decisioni, nella progettazione e nelle realizzazioni.

L'intesa tra Enti e Regioni ha portato ad utilizzare le conoscenze dei suoli come elemento portante dalla pianificazione a livello regionale, in Sardegna, Sicilia, Piemonte, Emilia e Toscana.

### **3. Il Ruolo della Pedologia**

Attraverso i numerosi lavori eseguiti nel nostro paese e in tante altre parti del mondo, è possibile affermare l'imprescindibilità della pedologia nella pianificazione e nella progettazione. Tuttavia in Italia l'applicazione della pedologia ha trovato, e trova ancora oggi, numerose difficoltà. Le cause o le ragioni sono molte, in rapporto alla scarsa diffusione della disciplina, sebbene, a mio avviso, una fra tutte è la più grave: "la mancanza della cultura sul suolo". Indubbiamente una diffusione delle conoscenze in tutte le scuole e fuori potrebbe portare ad una migliore gestione dei suoli con sicure ricadute sull'economia e sull'ambiente.

Ma vediamo ora in breve alcune applicazioni o possibilità di applicazione in attività fondamentali per lo sviluppo di qualsiasi paese.

#### **3.1 La pianificazione territoriale**

Qualsiasi piano di sviluppo ha come obiettivo il soddisfacimento delle necessità delle popolazioni. Tali necessità basilari debbono essere soddisfatte, in linea generale, con le risorse presenti in un dato territorio. Poiché le risorse sono sempre limitate, occorre una pianificazione del loro uso e gestione per garantire il massimo profitto e la conservazione delle stesse. La pianificazione comporta pertanto una conoscenza di tutte le risorse ed un progetto di land-use management sia per ciascuna risorsa, sia per il complesso territoriale. Occorre pianificare il futuro uso per assicurare alle generazioni future la sopravvivenza ed il soddisfacimento delle esigenze.

Per poter arrivare a questo, occorre valutare le capacità produttive delle risorse, eliminare i conflitti sugli usi che possono portare al consumo delle stesse, perché, in caso contrario, si possono verificare fenomeni di desertificazione, intesa come consumo di risorse non rinnovabili. In questo contesto credo che i progetti MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) e PANDA (Produzione Agricola nella Difesa dell'Ambiente) stiano dando un notevole contributo alla comprensione dei fenomeni di desertificazione nel sud Europa attraverso numerosi studi e ricerche in tutti i paesi del Mediterraneo comunitario.

Tra le numerose risorse territoriali il suolo rappresenta una risorsa limitata, non facilmente rinnovabile alla stessa stregua dell'acqua. Infatti l'uso irresponsabile e l'uso senza un piano di gestione porta ad un consumo dei suoli. Come detto prima spesso questo fatto è più causa dell'ignoranza che della malafede.

La pianificazione a livello nazionale e comunitario necessita pertanto di un inventario dei suoli, sia pure delimitati per grandi unità di paesaggio che abbiano un significato ambientale ed un'importanza per le grandi tipologie di destinazioni d'uso che tengano conto della produttività e della conservazione.

Studi di questo genere implicano, oltre ad una conoscenza dei suoli, la capacità di correlare con tutti gli altri aspetti ambientali naturali, fisici, economici ed antropici. La pedologia e la cartografia pedologica in questo contesto rappresentano componenti basilari per costruire il piano alla stessa pari del clima, dell'ecologia, dell'economia. etc. I suoli sono corpi naturali, figli dell'ambiente e come tali differenti al mutare delle condizioni ambientali.

A mio avviso, pertanto, il nostro paese necessita di una cartografia da 1:250.000 ad 1:100.000 per l'intero territorio nazionale. La complessità di alcune regioni potrebbe richiedere un maggior dettaglio, soprattutto per le aree di grande interesse agricolo ed urbano (senso lato). Se questa è un'esigenza a livello nazionale lo è ugualmente a livello comunitario. Infatti le scelte d'uso trovano ormai l'interesse di tutta la Comunità Europea attraverso un confronto fra esigenze e territorio in tutti i paesi.

In Italia alcune regioni hanno già realizzato la cartografia su queste scale e alcune, come la Sicilia e la Sardegna, hanno già realizzato la seconda approssimazione. Il Piemonte ha ugualmente ottimi esempi di cartografia, l'Emilia Romagna ha appena concluso una stupenda carta dei suoli, la Lombardia probabilmente è in condizioni di concludere l'inventario dell'intera regione. Non ho notizie di altre regioni, se non per lavori frammentari e finalizzati per scopi ben definiti.

Per quanto riguarda la sintesi a livello nazionale siamo, purtroppo, fermi alla Carta dei Suoli d'Europa.

Alcune regioni, quale la Sardegna, hanno realizzato la cartografia finalizzata a piani ben precisi, quale il piano delle acque, con risultati molto importanti come verrà dimostrato successivamente.

Vediamo ora alcune applicazioni.

- Scelte fondamentali nel settore agricolo e forestale. Queste riguardano le scelte sulle destinazioni d'uso. Fra queste certamente, e soprattutto nel Mediterraneo, assume un'importanza preminente l'irrigazione o meglio la valutazione della suscettività all'irrigazione, seguendo metodologie ormai conosciute e facilmente applicabili.

Tale valutazione basata sui requirements e sulla qualità del territorio non può essere effettuata senza una base pedologica. Infatti le caratteristiche dei suoli fanno parte degli elementi fondamentali sia per la valutazione, sia per la scelta degli interventi sia per quella degli ordinamenti produttivi. Ricordo sempre i primi conflitti che purtroppo affiorano ancora oggi, tra pedologi ed ingegneri progettisti. Questi che tendevano ad ampliare le superfici da irrigare mentre il pedologo tendeva a limitare l'irrigazione ai suoli che garantissero la remunerazione del capitale. Il compito del progettista è quello di portare l'acqua ove esistono le condizioni idonee all'irrigazione indicate dal pedologo. Almeno per la Sardegna questo genere di conflitto è superato, in quanto la cartografia prodotta per lo studio del Piano della Acque, è stata acquisita dalla Regione, mediante delibera di Giunta, per cui ad essa debbono far riferimenti tutti i nuovi progetti.

Dallo studio di piano sono escluse alcune decine di migliaia di ettari attrezzati per l'irrigazione, in quanto i suoli non ne hanno l'attitudine.

Attualmente la Regione ha un quadro di riferimento ove si può realizzare il piano delle acque per l'agricoltura nelle grandi pianure con possibilità di scelte prioritarie. Questo studio prende in considerazione le aree con superfici superiori a 500 ettari mentre si rimanda ad uno studio successivo per le aree minori.

Le grandi scelte di indirizzo produttivo debbono essere effettuate su basi ecologiche ove assume una importanza decisiva il clima e il suolo. Una buona base pedologica dovrebbe essere la base anche per la comunità europea per una zonizzazione relativa alle più importanti produzioni in regime asciutto ed irriguo.

In questo contesto alcuni suoli del Mediterraneo possono dare sia qualitativamente sia quantitativamente prodotti migliori di quelli di qualsiasi altra parte d'Europa. Il comparto orto-frutta ad esempio potrebbe essere uno di questi, mentre potrebbe essere diverso per altri comparti, quale latte e derivati.

La carta dei suoli d'Europa e le carte regionali in scala 1:250.000 dovrebbe infatti servire per le scelte fondamentali in questi settori: individuare le aree ed i suoli più idonei per soddisfare i fabbisogni delle popolazioni e del mercato.

L'eliminazione delle produzioni in eccesso, nell'ambito della Comunità Europea deve seguire soprattutto la logica della scarsa qualità. Nel contesto degli incentivi nel comparto orto-frutta, gli stati membri del Mediterraneo dovrebbero essere privilegiati.

Un altro esempio in cui la conoscenza del suolo dovrebbe essere strumento di scelta è data dalla qualità dei vini, soprattutto per quelli di pregio. Nell'ambito di un'area climatica ben definita, la variabile-suolo deve avere un'importanza preminente ed una funzione imprescindibile. In questo contesto potremmo citare numerosi altri esempi per altri comparti quali l'olio di oliva, la qualità dei formaggi, etc.

La sperimentazione in agricoltura dovrebbe tenere in maggior conto il rapporto tra qualità e quantità dei prodotti in relazione alla tipologia pedologica. Senza una adeguata conoscenza dei suoli non è possibile la diffusione e divulgazione dei risultati. In fondo la classificazione delle varie componenti ambientali serve proprio a creare un linguaggio universale sia per classificare i corpi naturali sia per sperimentare i diversi tipi di management. La gestione non può e non deve prescindere dalla conoscenza approfondita dei suoli. Mi chiedo quante sperimentazioni effettuate nell'ambito delle Università hanno tenuto in debito conto questa realtà. Non mi pare di aver letto, se non per pochi casi, che la sperimentazione è stata effettuata su suoli classificati come tipici e rappresentativi di area vasta.

La pedologia applicata ai vari problemi forestali è egualmente non molto diffusa soprattutto nell'Italia centro-meridionale. Mentre si hanno molte informazioni per le aree montane del Nord (Alpi) e del Centro (Appennini), più scarse risultano quelle per le aree più meridionali. Queste necessitano di una maggior attenzione da parte dei pedologi e dei forestali in relazione alla gestione attuale dei boschi, alla ricostituzione di quelli degradati, alla compatibilità di alcuni interventi, ed alla diffusione delle specie cosiddette a "rapido accrescimento".

Le metodologie di gestione non possono essere le medesime in tutti i tipi di boschi, dato che variano le condizioni ecologiche generali e specifiche. In questo contesto una parte fondamentale assume il suolo, il suo grado di evoluzione, contenuto e tipologia delle sostanze organiche, idrologia del suolo, ecc. Il variare di queste ed altre condizioni determinano gestioni diverse. Purtroppo non conosco i piani di gestione in quanto o non esistono, o risultano in numero limitato almeno per la Sardegna.

Fermiamoci per ora ad alcuni casi particolari delle zone meridionali dell'Italia e dell'Europa.

Un aspetto fondamentale a mio avviso è rappresentato dalle aree sughericole della Sardegna, Spagna, Portogallo e Nord-Africa. Su questo problema sono state iniziate alcune ricerche nell'ambito del progetto PANDA per la Sardegna e MEDALUS per il Portogallo. Queste aree sono soggette a sovrappascolamento, arature e coltivazioni di erbai, per il bestiame, eliminazione della macchia, incendi ecc.

Questo tipo di gestione porta alla distruzione della sostanza organica in tutti gli orizzonti, e soprattutto in quelli più superficiali. L'erosione viene fortemente accelerata anche su deboli pendenze. I suoli infatti sono quasi tutti caratterizzati da una certa acidità e alta desaturazione, per cui la stabilità è legata soltanto alla sostanza organica. (Planosols, Cambisols acidi).

La degradazione è tale che in queste condizioni appare molto difficile che si possa verificare una ricostituzione naturale. Gran parte dei boschi sottoposti a questo tipo di gestione tendono a scomparire insieme ai suoli. Trattasi di un vero e proprio fenomeno di desertificazione.

La pedogenesi in questi ambienti è un processo assai lento a causa soprattutto della scarsa alterabilità dei substrati e del tipo di clima caratterizzato da lunghi periodi aridi e dalla scarsa piovosità.

Gli interventi che causano desertificazione in questi ambienti sono spesso incentivati con sussidi della Comunità Europea, dallo stato o dal governo regionale. Interventi fatti in favore della pastorizia hanno determinato gravi fenomeni di degrado, spesso irreversibili.

Enti di Sviluppo, Regioni, ecc. debbono preparare i loro piani tenendo conto che la risorsa suolo è limitata e considerando il suolo come base fondamentale per la progettazione. C'è da augurarsi che nell'ambito dell'attività degli Enti di Sviluppo si possano impostare piani e progetti che tengono conto dei fattori ambientali.

Nelle altre aree meridionali la copertura prevalente è data dal bosco di leccio. La gestione spesso prescinde dalla tipologia pedologica e delle numerose funzioni che ha il suolo. Il suolo per definizione sopporta od è capace di sopportare la vita delle piante e svolge, inol-

tre, soprattutto nelle aree montane il ruolo di regolatore delle acque. Ove esiste un bosco assestato ed in condizioni di equilibrio con l'ambiente, non si verificano né fenomeni di erosione, né tanto meno danni a cose e persone nelle aree vallive. Il suolo inoltre risulta essere, nella maggior parte dei casi, responsabile della biodiversità.

Questi aspetti dovrebbero guidare, nei vari ambienti, la scelta di quali forme di gestione siano da conservare o modificare. E' più opportuno conservare i cedui o trasformare questi in fustaia? Da semplici osservazioni effettuate in Sardegna appare evidente che le trasformazioni in fustaia accelerano, nelle aree a forti pendenze o a morfologia tormentata, l'erosione degli orizzonti organici, con conseguenze gravi sia sul regime dei corsi d'acqua che sulla possibilità di ricostituzione boschiva.

In questo settore sarebbe auspicabile una ricerca multidisciplinare soprattutto nel Sud dell'Europa, tra pedologi, forestali, botanici e climatologi, per preparare una strategia per il recupero delle aree degradate e per mitigare i fenomeni di desertificazione.

### 3.2 La legge sulla difesa del suolo ed i piani di bacino

La legge 183/89 sulla difesa del suolo in Italia, rappresenta una legge quadro per tutto il territorio nazionale. Aggiornamenti successivi hanno portato sostanziali modifiche soprattutto in relazione alle conoscenze da acquisire per la redazione dei piani di bacino.

Il piano di bacino rappresenta l'aspetto più importante della legge, attraverso il quale debbono essere pianificati e programmati gli interventi sul territorio.

La legge prevede un comitato nazionale formato da esperti di nomina ministeriale e in rappresentanza delle regioni, articolato in sottocommissioni, a cui sono demandati determinati compiti. Una di queste sottocommissioni ha redatto le direttive dei piani di bacino. I criteri per la redazione dei piani di bacino sono i seguenti:

#### 1. Ricerca sullo stato delle conoscenze che comprendono:

- |                                                   |                                                                   |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| - descrizione dell'ambiente fisiografico          | - uso del suolo                                                   |
| - individuazione del bacino                       | - climatologia e idrologia                                        |
| - morfologia, geologia, pedologia ed idrogeologia | - normativa e caratterizzazione delle ripartizioni amministrative |
| - descrizione dell'ambiente antropico             | - stato di manutenzione ed efficienza delle opere                 |
| - utilizzo delle acque                            |                                                                   |
| - censimento degli scarichi nei corpi idrici      |                                                                   |

#### 2. Individuazione degli squilibri

- |                                   |                                                       |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| - risorsa idrica                  | - attività insediative                                |
| - risorsa suolo                   | - situazione a rischio idraulico, geologico e sismico |
| - attività estrattive             | - caratterizzazione degli squilibri                   |
| - risorsa dell'ambiente acquatico |                                                       |

#### 3. Azioni propositive

- |                                     |                                                             |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| - obiettivi                         | - i piani di bacino e gli altri strumenti di pianificazione |
| - elaborati di piano                | - formulazione del catalogo nazionale.                      |
| - rapporti di intervento e priorità |                                                             |

In un primo tempo dopo la formulazione del primo testo della legge, appariva che il piano di bacino fosse un piano di interventi con opere idrauliche. Successivamente, attraverso il lavoro della 1a sottocommissione, sono stati introdotti tutti i parametri fondamentali per la redazione del piano.

Nel contesto del piano di bacino, lo studio pedologico non deve essere un allegato, bensì uno strumento per procedere a delle scelte. Il piano in effetti è un piano di gestione di tutte le risorse esistenti ed il suolo è una di queste. Gran parte delle attività antropiche si svolgono nel suolo attraverso l'agricoltura, selvicoltura, urbanizzazione ed infrastrutture. Quindi la difesa del suolo può essere fatta principalmente attraverso una gestione sostenibile e compatibile, che dipende in gran parte dal suolo. La stessa suscettività per usi diversi, presuppone la conoscenza del suolo.

In questo quadro di conoscenze un ruolo fondamentale deve essere svolto dai servizi tecnici nazionali, tra i quali manca quello del suolo.

Un altro settore dove la pedologia e la cartografia hanno avuto un ruolo determinante è nella pianificazione per lo sviluppo socio-economico delle Comunità Montane e nei piani dei parchi. In tutti i casi le scelte di destinazione d'uso e di gestione sono state effettuate su basi pedologiche.

### **3.3 La pianificazione territoriale-urbanistica**

La pianificazione territoriale ed urbanistica in passato ha interessato principalmente il settore edificato ed edificabile, ossia la fascia urbana e quella periurbana.

Col progredire delle esigenze e delle conoscenze, l'urbanista ha iniziato la pianificazione di aree vaste a livello regionale, provinciale e comunale.

Questo tipo di pianificazione pertanto comprende tutti gli aspetti del territorio con particolare riguardo alle risorse primarie, al paesaggio ed alla sua fruizione e all'ipotesi di gestione. Pertanto, questo tipo di pianificazione necessita di una stretta collaborazione fra tutti gli specialisti dell'ambiente e della progettazione del territorio. La progettazione non è soltanto competenza dell'urbanista, bensì del gruppo di lavoro.

E' evidente che i suoli e la loro conoscenza giocano un ruolo fondamentale in una pianificazione, in quanto determinano scelte fondamentali sull'uso futuro del territorio. Per poter arrivare ad una pianificazione ed ad una normativa d'attuazione è indispensabile in primo luogo classificare i suoli secondo sistemi tassonomici riconosciuti internazionalmente. La classificazione rappresenta il linguaggio universale in materia di suoli e della loro utilizzazione.

Il suolo fa parte dell'ecosistema e come tale si trova in condizioni di equilibrio con tutti gli altri fattori ambientali che sono alla base della pedogenesi. Quindi i suoli costituiscono parte integrante del paesaggio, e diversi paesaggi comprendono suoli differenti.

La base di pianificazione rimane quindi l'unità di paesaggio formata da valori diversi ma naturalmente collegati fra loro.

Anche l'attività antropica, compresa l'urbanizzazione, dipende dalle caratteristiche del paesaggio e quindi dai suoli. Pertanto la cartografia non deve soltanto rappresentare suoli, ma suoli e paesaggio, in unità che abbiano allo stesso tempo valori ambientali e valori progettuali.

Quindi l'unità di paesaggio così complessa diventa l'unità di base della pianificazione e della progettazione.

In questi anni si è lavorato assiduamente con urbanisti, tenendo presente che alla fine il piano è uno strumento di gestione razionale. Per questo motivo occorrono lavori seri e scientificamente validi per una pianificazione che abbia una giusta ricaduta sul territorio e sulla società. Uno studio su basi sbagliate non può che portare a conseguenze disastrose sul territorio.

La cartografia pertanto, oltre che un significato tecnico-scientifico ed economico ha un significato etico.

Ma vediamo in quali piani la pedologia, almeno in Sardegna, è stata applicata con la stessa dignità di qualsiasi altra disciplina.

Piani Territoriali Paesistici, finalizzati alla tutela del paesaggio con la Legge 431 del 1985 conosciuta come "legge Galasso". In Sardegna furono incaricati un certo numero di professionisti per la redazione dei piani, di cui due coordinati da chi scrive. Nell'accettare questo incarico ebbi non poche perplessità. Fu proprio il prof. F. Clemente che mi incitò al non rifiuto ed a collaborare con tutti per la definizione delle unità di paesaggio, su cui poggiare il piano e i futuri progetti. Le unità di paesaggio sono formate da valori complessivi in cui il suolo rappresenta uno degli elementi fondamentali di conoscenza, di progettazione e di gestione del territorio.

Le unità di paesaggio comprendono: la litologia, la morfologia, la copertura vegetale, i suoli, l'uso attuale, la capacità d'uso, gli interessi del paesaggio (vegetazione, agricoltura, archeologia, turismo, ecc.) ed i detrattori ambientali (cave, miniere, strade, erosione, inquinamenti, ecc.).

Per ciascun unità di paesaggio è stata determinata la suitability per i più importanti usi possibili nel territorio: conservazione, ripristino della copertura, pascolo, agricoltura estensiva, agricoltura intensiva, turismo, archeologia, ecc.

Al gruppo di pianificazione hanno partecipato circa 20 persone, tutti più o meno specialisti nei vari settori che riguardano la progettazione ambientale. Il risultato finale, a mio avviso ottimo, rappresenta un esempio di lavoro da diffondere soprattutto a livello metodologico.

Ma come spesso accade, la pianificazione è uno strumento apparentemente non democratico, in quanto accontenta gli interessi della maggioranza e non quelli di altre persone. La regione Sardegna ha utilizzato questi piani apportando modifiche sostanziali sulla valutazione delle risorse commettendo errori sostanziali. Infatti il piano così stravolto spesso non è attuabile.

A mio avviso la Regione deve riprendere e modificare la normativa per la gestione delle risorse esistente, per evitare ulteriori danni al paesaggio.

In questo contesto appare fondamentale procedere ad un rilevamento globale delle risorse dell'Isola per poter stendere il piano della loro gestione e conservazione. Per quanto riguarda i suoli, è stata realizzata la nuova Carta dei Suoli come strumento di base per la pianificazione a livello regionale. E' infatti possibile arrivare alla definizione delle principali utilizzazioni compatibili e sostenibili sotto l'aspetto ambientale ed economico. Agli studi generali debbono seguire indagini dettagliate e puntuali, soprattutto a livello di comuni.

Piani Urbanistici Comunali: questi piani debbono interessare non soltanto l'abitato ma tutto il territorio del comune. Nel piano debbono essere indicati gli usi possibili, così da adattare l'edificabilità nella tipologia e dimensione a seconda dell'uso sostenibile o compatibile. Se questo è importante ovunque, lo è ancora di più in Sardegna ove la risorsa suolo è assai limitata, soprattutto per quei suoli ad alta capacità d'uso ed elevata suscettività per l'irrigazione o l'agricoltura intensiva. L'edificabilità in agricoltura deve essere giustificata dalla economicità dell'impresa e quindi dalla dimensione dell'azienda. Questo concetto, totalmente diverso da quello tradizionale, è stato accettato dai miei colleghi urbanisti della Facoltà di Ingegneria, ed è con loro che stiamo realizzando dei nuovi piani urbanistici comunali per alcuni comuni dell'hinterland di Cagliari (Quartu S. Elena, ed Assemini) su cui riferiranno alcuni relatori nel corso di questo convegno.

Posso capire quante difficoltà si presentano agli amministratori, ma d'altra parte non vi sono alternative se si vuole realmente porre un limite al consumo delle risorse, alla desertificazione ed in molti casi al malcostume. Infatti la destinazione delle aree urbanizzabili ed edificabili indica in qualche caso interessi economici tali da trascurare ciò che è l'interesse generale. Pertanto il comune attraverso una pianificazione razionale può indirizzare l'urbanizzazione ove i danni possono essere contenuti.

Voglio ribadire che la responsabilità del pedologo in questi casi assume una notevole im-

portanza, in quanto lo studio effettuato diventa in molti casi lo strumento più importante di scelta.

Un esempio dei disastri che si verificano è dato dalla urbanizzazione spontanea e delle aree irrigue in Sardegna. Spesso attrezzare un'area per l'irrigazione significa una trasformazione non in senso produttivo ma soltanto in senso speculativo.

In Sardegna gli esempi sono numerosi: Cagliari e l'hinterland hanno consumato oltre 10.000 ettari di cui la maggior parte irrigabili, il comprensorio Cixerri perde il 50% o più delle aree irrigate.

#### **4. La trasformazione delle aree alluvionali**

Uno dei problemi più importanti, non solo per il nostro paese, ma per tutto il bacino del Mediterraneo, riguarda la trasformazione del paesaggio e soprattutto quello delle aree alluvionali in quanto in esse insistono le migliori risorse ossia acqua e suolo.

Per quanto riguarda l'acqua mi pare che non mancano gli studi, proposte e progetti per trovare soluzioni per mitigare il degrado e per la gestione. Per quanto riguarda la risorsa suolo, invece, ben poco è stato fatto. Di questi argomenti si è interessato il progetto MEDALUS e gli studi sugli aspetti ambientali e territoriali delle grandi trasformazioni delle aree delle pianure alluvionali che comprendono il paesaggio, la gestione, le bonifiche, l'irrigazione, l'urbanizzazione, proseguiranno anche nel futuro.

Lo studio sulle trasformazioni delle aree alluvionali viene eseguito attraverso due punti:

- 1) quali sono state le grandi trasformazioni ed i loro effetti sul suolo e sulle acque e
- 2) la conoscenza del suolo come elemento fondamentale per tracciare le linee guide dell'uso e della gestione futura.

Le grandi trasformazioni che hanno modificato sostanzialmente od in parte il suolo e le risorse idriche possono essere diversi.

Le opere di bonifica hanno determinato la modificazione delle caratteristiche fisiche dei suoli e del paesaggio. Spesso sono state realizzate su aree umide anche di notevole interesse naturalistico-ambientale come ad esempio lo stagno di Sassu ad Arborea. In altri casi tali interventi hanno avuto effetti positivi come è avvenuto per alcuni stagni in Campidano (Sanluri) o Trexenta. Non vi è dubbio che le opere di bonifica in molti casi portano dei vantaggi anche in senso economico.

Tuttavia è necessario conoscere e valutare quale impatto avranno a medio e lungo termine.

Quest'ultimo argomento meriterebbe un convegno a sè, in quanto non sempre le opere di bonifica raggiungono lo scopo prefissato, o possono essere prive di effetti positivi a seconda della tecnologia utilizzata. Ad esempio, la rete di drenaggio non può essere calcolata soltanto sulla valutazione degli afflussi o sui tempi di ritorno degli eventi critici. La rete di drenaggio deve tenere conto del reticolo idrografico e dei caratteri idrologici dei suoli, rilevabili da una cartografia pedologica di dettaglio. Il dimensionamento delle sezioni di canali di dreno deve tenere conto pertanto anche dei caratteri fisici del suolo e del substrato. Purtroppo chi gira la Sardegna si accorge che spesso i canali sono sovradimensionati, con costi esorbitanti. Una più stretta collaborazione fra progettisti e pedologi applicati potrebbe portare a realizzazione di opere con maggior funzionalità ed a costo minore.

Simile ragionamento può essere fatto per gli impianti di irrigazione che spesso rispondono più ad un modello elaborato che alle esigenze del territorio. In Sardegna negli ultimi decenni è stata data massima importanza alla pedologia per la delimitazione delle aree irrigabili su basi pedologiche, molte meno per gli altri interventi.

Spesso non esiste, e questo è grave, nessun coordinamento tra progetti di bonifica ed irrigazione, che in determinati casi può vanificare lo scopo del progetto.



Un altro aspetto che dovremmo considerare con maggiore attenzione è rappresentato dalle modificazioni avvenute all'interno del suolo con questa trasformazione e come ciascuna tipologia pedologica reagisce a questi interventi ed altri. Tali aspetti sono fondamentali negli studi di valutazione dell'impatto ambientale applicati ai progetti di nuovi sbarramenti per uso irriguo.

Ma nelle grandi pianure il problema principale rimane l'urbanizzazione in termini di consumi diretti di risorse ed in termini indiretti quali inquinamenti di suoli e di acque, come accennato in precedenza. Spesso si tratta di stravolgimenti sostanziali di grandi superfici, perdite di risorse fondamentali per l'uomo, impossibilità di disinquinamento soprattutto da metalli pesanti.

I lavori presentati in questa sede sui comuni di Quartu S. Elena ed Assemini evidenziano quali gravi conseguenze arrechino ai suoli ed al territorio in generale le espansioni urbane spontanee.

A questo seguono varie forme di inquinamento delle acque sotterranee, per la mancanza di infrastrutture e servizi.

Un altro aspetto che riguarda la pedologia applicata al territorio è l'inquinamento da metalli pesanti nel suolo. Il progetto MEDALUS in Sardegna ha affrontato per il momento l'inquinamento dei suoli nelle aree di pianure sottese agli impianti minerari abbandonati. I dati che abbiamo rilevato risultano estremamente preoccupanti sia per le quantità totali che per quelle estraibili di metalli pesanti. Purtroppo questo tipo di inquinamento va soprattutto a carico di suoli nelle alluvioni recenti, ossia quelle a più alta capacità d'uso.

Un breve cenno ad alcune attività forestali finalizzate alla produzione di legno per usi industriali, dal momento che centinaia di migliaia di ettari sono stati rimboschiti con questo obiettivo, nei diversi paesi comunitari del Mediterraneo.

Credo che in questi tipi di interventi considerare l'ecosistema suolo-clima-pianta sia ancor più indispensabile. Nella maggior parte dei casi i risultati ottenuti sono l'erosione del suolo ed uno scarso sviluppo delle piante. Attualmente è in corso un rilevamento in Sardegna ed in Portogallo per aver un quadro sulle colture da legno e sui risultati.

## 5. Conclusioni

Non vi è dubbio che in questa sede abbiamo accennato soltanto ad alcuni dei problemi territoriali più significativi, ove la pedologia trova o deve trovare una giusta collocazione. Programmare e pianificare significa inventariare le risorse, valutarle, definire gli usi possibili e sostenibili, attraverso una normativa d'uso da applicare rigidamente.

Il suolo è una componente ambientale e pertanto condiziona la tipologia d'uso o la destinazione delle differenti aree.

In questo senso la pedologia risulta fondamentale nella formulazione di piani e progetti, per evitare errori già commessi. Una attenta analisi di tali errori ci consente di non ripeterli.

Tuttavia la causa fondamentale è, e rimane, la mancanza di una cultura sul suolo. Pochi sanno quale sia il valore ecologico del suolo, quali siano le sue numerose funzioni, oltre quella di sostenere la vita delle piante. Se questa cultura è assente in tutte le scuole primarie e secondarie, è carente anche negli insegnamenti universitari.

La maggior parte degli agronomi raggiungono il diploma di laurea senza conoscere né la definizione di suolo né molte altre scienze che riguardano l'ambiente, quali geologia, geomorfologia, petrografia, ecc. Nelle scienze forestali la pedologia riguarda soltanto un indirizzo, nelle scienze geologiche è scomparsa dal piano di studi a livello nazionale. Eppure anche la pedologia fa parte del gruppo delle Scienze della Terra.

In alcuni corsi di laurea in ingegneria dovrebbe essere fondamentale, quali ad esempio ingegneria ambientale e territoriale. E' vero che un ingegnere difficilmente sarà un pedolo-

go, tuttavia deve saper utilizzare gli studi e coordinarli opportunamente. Di fatto questo avviene a Cagliari da alcuni anni e soprattutto col Prof. Clemente, Ordinario di Urbanistica, e con tutta la sua scuola. Questa collaborazione ha consentito anche a noi di ampliare i confini dell'applicazione di questa disciplina obbligandoci a costruire dei documenti cartografici ed interpretativi di immediata applicazione nei piani e progetti. Ricordo sempre il primo documento consegnato al Prof. Clemente che, dopo averlo esaminato mi chiese come andava utilizzato.

Oggi nei corsi di perfezionamento in Urbanistica si insegnano i fondamenti della pedologia applicata alla pianificazione territoriale ed urbanistica.

Nel campo applicativo diversi Enti utilizzano la pedologia applicata e fra questi merita una particolare menzione l'Ente Autonomo del Flumendosa, che grazie all'attività svolta prima dall'amico P. Baldaccini ed oggi da S. Vacca, ha incrementato e diversificato la propria attività in tutti i settori ambientali. Oggi l'Ente è in condizioni di procedere a tutti gli studi inerenti l'irrigazione ed i piani di bacino.

I Consorzi di Bonifica basano la progettazione dell'irrigazione sulla cartografia pedologica derivata, mentre viene trascurata per le opere di bonifica ed infrastrutture.

L'Ente di Sviluppo in passato ha utilizzato in modo non corretto, soltanto alcuni caratteri dei suoli per costruire piani quali appunto quello sui pascoli. La cartografia fornita oltre a non essere utilizzabile, fa poco onore anche al nostro paese che vanta una grande tradizione in termini di qualità.

Attualmente l'Ente di Sviluppo in Sardegna vanta un nutrito gruppo di pedologi di varia estrazione (geologi, agronomi e forestali) per cui teoricamente è in condizioni di svolgere un'attività di ricerca ed applicazione alla divulgazione agricola o ad altri problemi.

Il gruppo pedologi dell'Ente di Sviluppo necessita di una organizzazione complessiva ed unitaria in un solo servizio a supporto degli altri.

L'ideale sarebbe un unico servizio regionale, collegato ad un Servizio Nazionale, che sia veramente al "servizio" di tutta la regione; Enti, Assessorati, Comuni e comunità, imprese pubbliche e private.

Con l'amico Paolo Baldaccini e spesso col sostegno del Prof. Mancini abbiamo lavorato per una regione migliore. Abbiamo trovato numerosissimi ostacoli negli anni ma oggi questa disciplina esiste, ha la pari dignità con tutte le altre, e può contribuire a risolvere problemi diversi con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita e di contribuire alla conservazione delle risorse anche per le popolazioni future.

## Bibliografia

- Aru, A., Baldaccini, P. 1965. I suoli della Sardegna Meridionale con allegati cartografici in scala 1:200.000. Ann. Fac. Agr. Univ- Sassari, Vol XV, Fasc.2.
- Aru, A., Baldaccini P., Pietracaprina A. 1967. I suoli della Sardegna con allegati cartografici in scala 1:250.000. Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, Vol.XV, Fasc.2.
- Aru, A., Baldaccini, P., Vacca, S. 1981. Evaluation of soil losses caused by urban expansion of the city of Cagliari and its hinterland (Italy). Symposium on Soil Problems in Urban Areas, Berlin, 7-9 Sept. 1981.
- Aru, A. et al. 1991. Nota illustrativa alla Carta dei Suoli della Sardegna. Reg.Aut. Sardegna, Università di Cagliari.
- Atchia, M., Tropp, S. 1995. Environmental Management. Ed. Wiley.
- Bartelli, L.J. 1978. Technical classification system for soil survey interpretations. Adv. Agron., 30.
- Basso, F. 1995. Difesa del Suolo e Tutela dell'Ambiente, Ed. Pitagora.
- Beek, K.J., Bennema, J. 1972. Land evaluation for agricultural land use planning, an ecological methodology, Land Bouw Hogeschool, Wageningen.
- Davidson, D.A. 1980. Soils and Land Use Planning, London, Longman.
- FAO. 1979. Land evaluation criteria for irrigation. World Soil Resources Reports 50.
- FAO. 1985. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. Soil Bulletin No.55.
- FAO. 1993. Guidelines for land use planning. Roma.
- Fierotti, G. 1970. Carta delle aree irrigue della Sicilia. Fac. di Agraria, Università di Palermo.
- Mancini, F. 1966. La carta dei suoli d'Italia. Comitato per la carta dei suoli d'Italia.
- Mancini, F. 1979. La classificazione dei suoli mediterranei ed i rilevamenti pedoagronomici. Centro Intern. di Cultura Scientifica E. Majorana, Palermo.
- Pietracaprina, A. 1964. I suoli della Sardegna nord-occidentale, con allegati cartografici in scala 1:100.000, Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, Vol.Xii, Fasc.I.
- Regione Emilia-Romagna. 1994. I suoli dell'Emilia-Romagna. Note illustrative, Grafiche Zanini, Bologna.

**R. Dudal**  
**Università**

**Parole chiave**  
banca dati

**Premessa**

Il maggior in  
ne di un cen  
le carta pedo  
to sui dati a  
attualità, qua  
contaminazi  
livello regio  
1.250.000 se  
facilmente c  
mette una pr  
Data la dive  
L'Agenzia E  
dio sulla po  
(Dudal et al  
Acque della  
Staring Ce  
(Olanda).

**Rilevament**

Nella magg  
'50 di fronte  
interessata  
dell'Unione  
Scozia e Irl  
Inghilterra  
Per quanto  
1:200.000  
Scozia, mer  
solo parzial  
Le metodol  
nei vari pae  
Da una ras  
legende de

# UNA CARTA DEI SUOLI DELL'EUROPA A SCALA 1:250.000: UNA BASE PER LA PIANIFICAZIONE REGIONALE

**R. Dudal, Institute for Land & Water Management, Katholieke  
Universiteit Leuven, Belgio**

**Parole chiavi:** Risorsa suolo, Europa, pianificazione regionale, variabilità dello spazio, banca dati

## **Premessa**

Il maggior interesse suscitato dai suoli in un contesto ambientale necessita la realizzazione di un censimento dei suoli dell'Europa ad una scala più dettagliata di quella dell'attuale carta pedologica in scala 1:1.000.000 (CEC, 1985). Tale censimento dovrà essere basato sui dati aggiornati acquisiti mediante rilevamenti pedologici esistenti. Temi di grande attualità, quali l'erosione del suolo, la qualità delle acque, l'acidificazione, il setaside, la contaminazione dei suoli e l'utilizzo razionale del territorio dovranno essere affrontati al livello regionale, di bacino idrografico, e di unità di paesaggio per i quali una scala di 1:250.000 sembra essere quella più opportuna. Inoltre vi è la necessità di una legenda facilmente comprensibile all'utente, che, combinata con una banca dati pedologici, permette una più facile interpretazione.

Data la diversa copertura interessata dai rilevamenti pedologici nei vari paesi europei, L'Agenzia Europea per l'Ambiente della Commissione Europea ha dato inizio ad uno studio sulla possibilità di realizzare una carta pedologica dell'Europa in scala 1:250.000 (Dudal et al., 1993). Lo studio fu affidato all'Istituto per la Gestione del Territorio e delle Acque della Università Cattolica di Leuven (Belgio) in collaborazione con il Winand Staring Centre per la Ricerca Integrata su Territorio, Suoli e Acque, Wageningen (Olanda).

## **Rilevamenti pedologici disponibili**

Nella maggior parte dei paesi europei, i rilievi pedologici sistematici iniziarono negli anni '50 di fronte all'impellente necessità di incrementare la produzione agricola. La superficie interessata da rilievi dettagliati (1:20.000-1:50.000) varia notevolmente nei diversi paesi dell'Unione Europea: copertura quasi totale in Belgio, Danimarca, Olanda, Portogallo, Scozia e Irlanda del Nord; copertura intermedia in Francia, Germania, Eire, Lussemburgo, Inghilterra e Galles, copertura scarsa in Grecia, Italia e Spagna.

Per quanto riguarda la realizzazione di carte pedologiche a scala di riconoscimento (da 1:200.000 a 1:300.000) tale lavoro è ormai completato in Olanda, Inghilterra, Galles e Scozia, mentre in Francia, Germania, Italia, Portogallo e Spagna la copertura disponibile è solo parziale.

Le metodologie, la classificazione, le scale e il livello di copertura dei rilevamenti eseguiti nei vari paesi sono molto diversi e si sono evoluti col passare degli anni (Hodgson, 1991). Da una rassegna del materiale disponibile nei paesi dell'Unione Europea appare che le legende delle carte dei suoli a piccola scala possono essere raggruppate in tre grandi cate-

gorie: legende che vengono definite sulla base di singoli fattori pedogenetici, o di unità tassonomiche o di unità fisiografiche.

Il principale fattore singolo utilizzato è la tessitura degli strati superficiali. Viene associato alla classe di drenaggio (Belgio, Lussemburgo), alla classe della falda freatica (Olanda), alla classe del contenuto in carbonato di calcio (Olanda), alla pendenza e al substrato geologico (Danimarca). In ogni caso i suoli organici vengono distinti da quelli minerali. Lo sviluppo del profilo viene indicato ad un terzo livello (Belgio, Lussemburgo e Olanda) e ciò permette di stabilire un legame con un sistema di classificazione dei suoli.

Le legende in cui la priorità viene assegnata alle unità pedologiche tassonomiche sono state adottate in Inghilterra e Galles, Francia, Germania e Grecia, Irlanda, Italia, Portogallo e Spagna. Il sistema di classificazione adottato è notevolmente diverso da un paese all'altro ed anche all'interno di uno stesso paese.

Le legende basate sulla fisiografia, sulle forme del paesaggio o sulla roccia madre, vengono utilizzate attualmente in Francia, Germania, Italia e Scozia.

### **Una legenda comune**

Nonostante la grande diversità delle legende sopradescritte, sembra che si basano in effetti sugli stessi elementi e che la differenza consiste principalmente nella scelta dell'elemento al quale viene dato la priorità. Nelle legende basate su fattori singoli, quale tessitura e classe di drenaggio, la terza informazione fornisce il legame all'unità tassonomica dei suoli.

Quando invece la precedenza viene assegnata alle unità tassonomiche, esse vengono raggruppate in associazioni, i cui limiti vengono delineati in base alle unità fisiografiche e vengono integrate con dati sulla tessitura, roccia madre e pendenza. Nel caso in cui il primo dato inserito è un'unità fisiografica, in quello successivo vengono specificati i suoli compresi in quel paesaggio, oppure il tipo di substrato che caratterizza l'unità cartografica.

In un contesto comunitario, esisterebbero due possibili alternative per definire una legenda comune: l'approccio basato sulla tassonomia dei suoli oppure quello fisiografico. Per quanto riguarda quest'ultimo, sono state sviluppate delle linee guida concrete nell'ambito del Progetto SOTER (ISRIC, 1991).

Anche se le legende che si basano sulle unità pedologiche tassonomiche si avvalgono di diversi sistemi di classificazione dei suoli, la carta pedologica dell'Europa realizzata a scala 1:1.000.000 (CEC, 1985) ha ampiamente dimostrato la possibilità di consolidare i diversi sistemi mediante la legenda della Carta dei Suoli del Mondo della FAO/UNESCO (FAO, 1988).

Uno svantaggio delle unità tassonomiche dei suoli e che esse vengono definite sulla base di un numero limitato di caratteristiche che non sono necessariamente quelle di maggior interesse ai fini ambientali e della gestione.

Con l'adozione di un approccio fisiografico, l'utilizzazione di paesaggi e substrati è strettamente correlata alle caratteristiche ed alla distribuzione dei suoli a tutte le scale. La rappresentazione delle unità cartografiche su tale base, rende più facile per l'utente la comprensione della variabilità dello spazio e l'individuazione dei diversi suoli nel paesaggio. In alcuni paesi europei le carte pedologiche a piccola scala vengono costruite sulla base di questi criteri. Tuttavia, l'estensione di tale approccio all'intera comunità potrebbe comportare delle difficoltà di correlazione e di compatibilità.

## Una banca dati pedologici

E' evidente che, utilizzando la scala di 1:250.000 le unità cartografiche dovranno essere delle associazioni di diverse unità pedologiche combinate con fattori fisiografici e fattori singoli. Tali unità cartografiche implicheranno, pertanto, una certa variabilità, non solo per ciò che concerne le componenti della associazione ma anche all'interno delle stesse unità pedologiche. E' fondamentale che tale variabilità venga analizzata e quantificata se si vuole utilizzare la carta per l'interpretazione e la realizzazione delle carte tematiche derivate. La quantità di informazione che può essere rappresentata in una carta è necessariamente limitata. Gli ulteriori dati necessari per la definizione delle unità cartografiche possono, tuttavia, essere memorizzati in una banca dati. La legenda della carta diventa poi il legame tra le entità spaziali e quelle informazioni che non possono essere rappresentate cartograficamente.

## Applicazioni

In quei paesi dove si è proceduto ad una generalizzazione dei rilevamenti pedologici dettagliati, numerose sono le applicazioni al livello regionale e nazionale. Nel seguito vengono citati alcuni esempi per illustrare quello che è già stato fatto e per mettere in evidenza le possibilità di estendere tali applicazioni al livello europeo.

- Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi
- Valutazione del rischio di erosione del suolo
- Valutazione del rischio della siccità
- Valutazione della capacità d'uso dei suoli per usi diversi
- Valutazione della suscettività dei suoli per l'utilizzazione di fanghi di depurazione sui terreni agricoli
- Stima del potenziale per il pascolo
- Stima del bilancio idrico dei suoli in termini di drenaggio e domanda irrigua
- Valutazione di politiche future per ciò che concerne le terre da vincolare col set-aside, i cambiamenti climatici, la conflittualità di usi del suolo tra i diversi settori economici, la verifica della qualità delle acque, lo smaltimento dei rifiuti, i rimboschimenti, ecc.

Tali applicazioni sono state effettuate sulla base di approfondite conoscenze, in modo empirico, oppure tramite la modellazione e l'integrazione delle informazioni pedologiche, delle condizioni locali e dei parametri socio-economici. I sistemi di informazioni pedologiche vengono utilizzati sempre di più per fornire dati fondamentali ad una vasta gamma di utilizzatori del territorio.

## Una carta dell'Europa a scala 1:250.000

Non è più possibile affrontare gli argomenti soprammenzionati limitatamente al livello nazionale; dovranno invece essere affrontati in un contesto europeo sulla base di censimenti delle risorse naturali che sono rappresentativi della realtà regionale.

In definitiva, si può concludere che la realizzazione di una carta pedologica dell'Europa a scala 1:250.000 è fattibile ed auspicabile. Data la mancanza di una copertura completa dei rilevamenti pedologici, una carta dei suoli che copre l'intera Europa non può essere prevista in tempi brevi. Tuttavia, si può già iniziare in quelle regioni dove si dispongono di sufficienti dati fondamentali, inizialmente in zone 'pilota', con lo scopo di sviluppare una metodologia, una leggenda comune ed una banca dati comune.

## Bibliografia

- Commission of the European Communities, 1985. Soil Map of the European Communities, 1:1,000,000. Explanatory text. Directorate General Agriculture, Coordination of Agricultural Research. Commission of the European Communities, Luxemburg, 124 p.
- R. Dudal, A.K. Bregt, A.P. Finke, 1993. Feasibility study on the creation of a soil map of Europe at a scale of 1:250,000. Commission of the European Communities, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Brussels, 69 p.
- FAO, 1988. Soil Map of the World, revised legend. World Soil Resources Report 60, FAO, Rome, 119 p.
- J.M. Hodgson (Ed.), 1991. Soil Survey - A basis for European Soil Protection. Soil and Groundwater Research Report, Commission of the European Communities, Luxemburg, 214 p.
- ISRIC, 1991. The SOTER Manual. Procedures for small scale digital map and database compilation of soil and terrain conditions. 4th edition. Ed. V.W.P. van Engelen & J.H.M. Pulles. Wageningen, 91 p.

*Sessione I*  
*Problemi ambientali*

---

ean  
ure,  
ean

p of  
ties,  
sels,

t 60,

and  
ties,

abase  
en &



# ANALISI E VALUTAZIONE DEL PROCESSO DI EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE DEL SISTEMA FLUMENDOSA - CAMPIDANO NOTA I: METODOLOGIE DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE DELLA DINAMICA DEL TERRITORIO(\*). ASPETTI GEOMORFOLOGICI, PEDOLOGICI, DEL LAND USE E SEDIMENTARI

S. Vacca, Ente Autonomo del Flumendosa, Cagliari

## Riassunto

Il sistema idraulico Flumendosa - Campidano raccoglie le risorse idriche superficiali dei settori sud-orientale e sud-occidentale della Sardegna per l'approvvigionamento civile, industriale ed irriguo della parte centro-meridionale dell'isola. La capacità totale del sistema ammonta ad oltre 700 milioni di mc ed è distribuito in 7 invasi disposti a cascata. Questi regolano mediamente ogni anno 400 milioni di mc e consentono una disponibilità utile di 300 milioni di mc. Gli invasi più importanti sono quelli sul Flumendosa e sul Mulargia.

Nel febbraio del 1985 si verificò sui due laghi una imponente fioritura dell'alga *Oscillatoria rubescens* D.C., che determinò fortissimi scompensi nelle erogazioni potabili (che rappresentano oltre un terzo della disponibilità annua). Furono immediatamente avviate indagini che misero in luce livelli elevati di trofia lacustre; queste furono successivamente potenziate fu quindi messo a punto un programma di ricerche.

L'obiettivo principale era rappresentato dalla quantificazione degli elementi eutrofizzanti, i c.d. nutrienti (P, N), e dall'individuazione delle fonti di generazione. Va infatti ricordato che il fenomeno eutrofico si genera nel bacino idrografico afferente al lago; in condizioni naturali, la causa è essenzialmente rappresentata dal dilavamento dei suoli; con l'alterazione degli equilibri territoriali le fonti di generazione possono essere rappresentate anche da numerose attività antropiche. Da qui la necessità di discriminare le diverse componenti per poter progettare eventuali opere di controllo dell'eutrofia e dei suoi effetti. Infatti, è estremamente importante individuare e quantificare le fonti c.d. *puntuali* (rappresentate dagli scarichi urbani, industriali e da quelli zootecnici concentrati) e discriminarle rispetto a quelle definite *diffuse*.

In questo ultimo caso i nutrienti pervengono al lago da areali molto più vasti a seguito dei processi erosivi, in forma di particellati o di soluti; con l'obiettivo, pertanto, di definire le aree a rischio, è stata realizzata un'analisi multidisciplinare del territorio. Si è costituito così un inventario delle risorse del bacino idrografico del Flumendosa (Km<sup>2</sup> 1180): sono stati eseguiti i rilevamenti geolitologico, geomorfologico, pedologico e del Land-use. Utilizzando il modello digitale del terreno IGM è stata costruita la carta delle classi di pendenza. E' stata quindi definita la carta delle Unità di Terre, alla scala di 1:25.000, delimitata su base litologico-morfologica, dando origine a 49 unità; gli ulteriori fattori sono stati introdotti come caratteristiche descrittive e non come elementi differenzianti per non compromettere la *leggibilità* della carta. Per ogni unità geomorfologica sono stati descritti i processi geomorfici in atto, le classi di acclività dominanti, le associazioni di suoli con le

loro caratteristiche fisico-chimiche e le tipologie di utilizzazione a cui sono sottoposti. L'interpretazione degli inventari di base, attraverso la procedura di Land Capability, ha consentito un primo confronto tra potenzialità e Land-use. Come sarà meglio evidenziato nelle note II, III e IV, alle fasi precedenti è seguita l'applicazione di un metodo di valutazione dell'erosione potenziale (PSIAC); inoltre, su parte del bacino (sottobacino del Rio Mulargia), sono state eseguite n. 130 prove sperimentali di erosione su parcella, attraverso un simulatore di pioggia, i cui risultati hanno consentito di ricavare un dato sull'erosione reale per ciascuna unità di terre; sono state infine eseguite misure bato-pachimetriche sui fondali dei laghi. Un confronto tra erosione potenziale, erosione reale, trasporto torbido e sedimentazione è stato effettuato attraverso le misure idrologiche sulle sezioni di interesse in ingresso ai laghi, associate alla determinazione delle concentrazioni dei materiali in sospensione e dei soluti (queste ultime misure peraltro necessarie per la valutazione dei carichi). E' stato così possibile disporre degli elementi necessari per il bilancio di massa dei nutrienti e della base necessaria per impostare una strategia di gestione ecologica delle risorse idriche.

---

*(\*) Questa fase della ricerca è stata realizzata da un gruppo di lavoro, coordinato come per le altre fasi dall'autore, composto da Roberto Abelardi, Francesca Fantola, Inge Keymeulen, Clelia Tore, con la collaborazione di Rita T. Lay (Coop. Hydroter). Gli aspetti idrologici sono stati curati da Paolo Botti (EAF), mentre gli aspetti organizzativi, le misure in campo, i campionamenti e le analisi di Laboratorio sono stati curati dal personale dell'EAF: Franco Arangino, Giovanni Atzeni, Cesare Borghero, Gianni Borghero, Salvatore Botta, Gianni Pichiri, Gianni Secci, Guido Serra, Sergio Zuddas e Paola Buscarinu e Tomasa Viridis (Coop. Hydroter).  
Consulenti: Angelo Aru, Paolo Baldaccini, Paolo Bazzoffi, Giuliano Rodolfi, Camillo Zanchi*

**ANALISI E VALUTAZIONE DEL PROCESSO  
DI EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE  
DEL SISTEMA FLUMENDOSA-CAMPIDANO.  
NOTA II: CRITERI DI CLASSIFICAZIONE  
DEL TERRITORIO PER L'INDIVIDUAZIONE  
DELLE AREE MAGGIORMENTE SOGGETTE  
A RISCHIO DI EROSIONE IDRICA.**

**G. Rodolfi, Dipartimento Scienza del Suolo e Nutrizione della  
Pianta, Università di Firenze**

**S. Vacca, Ente Autonomo Flumendosa, Cagliari**

**C. Zanchi, Dipartimento di Agronomia e Produzioni Erbacee,  
Università di Firenze**

**Riassunto**

I "nutrienti" che mantengono attiva l'eutrofizzazione delle acque negli invasi del sistema Flumendosa-Campidano, oltre che da sorgenti puntiformi come gli scarichi urbani, pervengono agli invasi di fondovalle anche da sorgenti diffuse, come i suoli nei quali sono stati ospitati per tempi più o meno lunghi. In questo secondo caso, il processo che mobilita i "nutrienti" è l'erosione idrica; pertanto, nel tentativo di individuare, per una corretta pianificazione degli interventi di bonifica, le aree che, nella totalità del bacino idrografico sotteso dagli invasi, maggiormente contribuiscono alla eutrofizzazione, non si è tenuto conto soltanto delle tipologie di utilizzazione dei suoli, ma anche della loro suscettività alla erosione. La classificazione del territorio si è quindi indirizzata verso il rilevamento e la valutazione dei fattori responsabili del processo erosivo, che sono stati rappresentati su alcuni elaborati tematici in scala 1:25.000. In una prima fase è stato derivato da questi un documento di sintesi, la carta delle unità omogenee di territorio, che ha purtroppo confermato una perplessità, già emersa in sede di rilevamenti tematici, circa la discordanza fra l'estrema variabilità areale dei singoli fattori e la scala scelta per la loro rappresentazione cartografica: le singole unità omogenee, pur venendo a costituire unità elementari di gestione del territorio nella prospettiva di una futura pianificazione, risultavano occupare superfici talmente poco estese da rendere inapplicabile ogni modello di previsione, a meno di non procedere a rilevamenti di estremo dettaglio. Pertanto, alla luce di questo risultato, il contributo della erosione idrica alla eutrofizzazione non è stato più riferito ad ogni singola unità omogenea, ma a quel fattore che è stato riconosciuto, nella complessità dell'area di studio, di gran lunga dominante nel processo erosivo: l'utilizzazione attuale del suolo. Nell'elaborato di sintesi, la carta della erosione potenziale, ad ogni unità di utilizzazione è stato associato un determinato livello di pericolosità nei confronti dell'erosione idrica, pesando opportunamente gli altri fattori secondo il metodo P.S.I.A.C. (USDA Forest Service), opportunamente adattato a questo particolare ambiente.

## Premessa

Nella nota che precede la presente (Vacca, 1995) è stato chiaramente inquadrato il problema della eutrofizzazione delle acque del sistema Flumendosa-Campidano; è stato altresì illustrato il percorso che i cosiddetti "nutrienti" compiono nel pervenire agli invasi di fondovalle.

Non sussistono dubbi nell'affermare che tali composti, risultanti da scarichi urbani (fonti puntuali) e/o dall'attività agro-pastorale (fonti diffuse) siano immessi nel suolo dalle acque di infiltrazione, vi siano trattenuti per tempi più o meno lunghi, e ne vengano rimossi per opera delle acque di ruscellamento superficiale, seguendo la dinamica del processo erosivo. Il maggior apporto di nutrienti, agli effetti della eutrofizzazione delle acque degli invasi, non si verifica, pertanto, solo dalle aree dove esistono le condizioni più favorevoli alla loro "produzione" (a valle dei centri abitati, o in situazioni di attività agro-pastorale concentrata), ma anche, e soprattutto, laddove le condizioni morfologiche e le caratteristiche dei suoli siano tali da favorire il processo di erosione idrica.

Il pericolo di eutrofizzazione risulta quindi direttamente collegato, oltre che ai sistemi di utilizzazione del territorio, al pericolo di erosione idrica del suolo: a parità di altre condizioni, una certa superficie (bacino idrografico, tratto di versante) assumerà un livello di pericolosità potenziale nei confronti dell'eutrofizzazione tanto più alto quanto più elevata risulterà essere la sua suscettibilità alla erosione.

Nella pianificazione degli interventi atti ad eliminare o, comunque, attenuare il pericolo di eutrofizzazione, si deve necessariamente tener conto di questo duplice aspetto del problema: gli interventi di difesa devono essere indirizzati sia verso la limitazione della produzione di nutrienti (opportuna depurazione degli scarichi urbani, disciplina dell'attività agro-pastorale) sia verso la mitigazione dell'intensità del processo erosivo nelle aree che siano riconosciute ad esso maggiormente soggette.

La ricerca si è pertanto proposta, come scopo fondamentale, la individuazione delle aree caratterizzate da differenti livelli di suscettibilità alla erosione idrica e la loro delimitazione su di un supporto cartografico in scala opportuna; tale documento costituisce la base oggettiva sulla quale articolare una successione di priorità negli interventi per la mitigazione del rischio, nella prospettiva di mantenere entro limiti accettabili il conseguente processo di eutrofizzazione delle acque, tuttora in atto, o, almeno, di impedirne l'incremento. Va anche precisato che l'indagine ha assunto fin dall'inizio un carattere di spedività, in quanto si trattava di fornire in tempi relativamente brevi, per un territorio molto esteso, dei validi criteri per fronteggiare una situazione di emergenza.

## La classificazione del territorio

Si è trattato in una prima fase di operare una classificazione del territorio secondo i fattori, naturali ed antropici, responsabili dell'erosione del suolo; di procedere, cioè, ad una scomposizione in unità che risultassero omogenee per determinati valori od aspetti di tali fattori.

In una seconda fase ad ogni unità è stata associata una classe di pericolosità, o di suscettività alla erosione, espressa dalla tendenza a produrre sedimento. Tenendo presente il carattere speditivo dell'indagine, si è cercato di elaborare soprattutto i dati già esistenti, cercando di integrarli, mediante estrapolazioni, solo laddove se ne ravvisasse la necessità. Nella prima fase è stato fatto, pertanto, largo uso della fotointerpretazione.

Per quanto concerne la classificazione del territorio, se si eccettuano i lavori "pionieri" degli Autori australiani, che per primi hanno introdotto i *land systems*, e ci si limita ai principi sui quali essa si fonda, si può osservare come, già nel 1965, Tricart e Michel individuavano una sorta di "gerarchizzazione tassonomica", nell'ambito delle discipline

facenti parte delle Scienze della Terra e, quindi, fra i temi da esse indagati. Si evidenzia, in altre parole, l'esistenza di relazioni di interdipendenza fra le varie componenti del territorio:

- la struttura geologica, che ne controlla i tratti fondamentali,
- la natura litologica dei substrati, che differenzia in esso i vari paesaggi,
- le forme, nelle quali i substrati vengono modellati dalla morfogenesi,
- i suoli, prodotto del più complesso processo di pedogenesi,
- le associazioni vegetali che essi sono in grado di sostenere. Il tutto nel procedere del tempo e sotto l'azione di un determinato clima, in un regime di equilibrio dinamico. E' il primo passo verso quella visione "olistica" del territorio e dell'ambiente che oggi si va sempre più affermando.

Si sono successivamente ispirati a questo concetto anche Zonneveld (1972) proponendo il suo *Landscape Guided Method* e Vink (1983) che, con i suoi numerosi allievi, ha applicato il *Landscape Ecological Mapping* a diverse regioni mediterranee, Italia compresa.

Vink (1983) considera il territorio come articolato in uno o più tipi di paesaggio, scomposti a loro volta secondo una sequenza, anch'essa "tassonomica", di caratteristiche:

- caratteristiche generali o fondamentali (*general landscape characteristics*) che determinano i tipi fondamentali di paesaggio, conferendo loro i tratti più significativi;
- caratteristiche differenzianti (*differentiating characteristics*) che, all'interno di ogni paesaggio, esaltano ulteriori differenze riferibili a componenti di secondaria importanza;
- caratteristiche aggiuntive e proprietà intrinseche (*additional diagnostic characteristics and intrinsic properties*) relative a tutti gli altri fenomeni o processi i cui effetti non sono stati utilizzati come caratteristiche differenzianti e che possono essere considerate, pertanto, solamente descrittive.

Un primo vantaggio di questo tipo di approccio alla classificazione del territorio, che Vink ritiene anche propedeutico alla *land evaluation*, in quanto vi vengono rilevati, analizzati e sintetizzati tutti i parametri ad essa necessari, risiede innanzitutto nella sua "elasticità". Il territorio viene considerato come costituito da uno o più ecosistemi; le varie caratteristiche, o componenti, possono di volta in volta identificarsi in ognuno dei tre livelli prima enunciati, a seconda del ruolo rivestito nel conferire al paesaggio il suo tipico aspetto, che lo differenzia dagli altri adiacenti. Un secondo vantaggio risiede nel fatto di poter procedere alla classificazione del territorio anche in caso di insufficiente disponibilità di dati, sempre che questi si riferiscano alle caratteristiche che abbiamo sopra indicato come "aggiuntive".

Occorre però riflettere attentamente sul fatto che questa progressiva differenziazione, frutto di una continua interazione di processi, si attua nel tempo sotto l'azione degli agenti climatici, ed è quindi anche da essi influenzata. In termini di rappresentazione cartografica ciò significa che, man mano che si percorre questa sequenza e si introducono ulteriori fattori di variabilità, le unità si frammentano di pari passo. Se si vuol pervenire alla individuazione e delimitazione di unità che siano realmente omogenee almeno per alcune delle componenti prima accennate, non si può prescindere dal confrontare la complessità del territorio che si sta analizzando con la scala alla quale si intende rappresentarlo, in modo da far sì che il "mosaico" di unità ottenuto per successive suddivisioni conservi una sua significatività nei confronti degli scopi prefissati.

Nel caso in studio una prima "costrizione" era dovuta al fatto di aver dovuto utilizzare un supporto topografico in scala 1:25.000, sul quale rappresentare i temi di base, ed un altro in scala 1:50.000 per i temi derivati.

CARATTERISTICHE DIFFERENZIANTI		UNITA'		CARATTERISTICHE AGGIUNTIVE O DESCRITTIVE			
<i>litologia</i>	<i>morfologia</i>	<i>N. progr.</i>	<i>località tipo</i>	<i>processi morfogenetici in atto</i>	<i>classi di acclività</i>	<i>suoli</i>	<i>uso del suolo</i>
Complesso scistoso e porfiroidi	Dorsali nette, selle, rilievi isolati e relative scarpate, versanti profondamente incisi, canaloni e vallecicole a V, falde detritiche attive	1	Monte S. Vittoria (Esterzili)  P.ta 'e S'Abile	Erosione areale ed incanalata da moderata ad intensa; occasionali movimenti di massa	III-IV	Roccia affiorante e associazione di suoli a profilo A-C, A-R, A-Bw-C e subordinatamente A-Bt-C, da poco profondi a molto profondi, da franco-sabbiosi a franco-argillosi, da scarso a medio contenuto in scheletro, drenaggio normale, da scarso ad elevato contenuto in sostanza organica, reazione da subacida ad acida	Roccia affiorante, pascolo cespugliato e subordinatamente macchia bassa, pascolo nudo, rimboschimenti
	Dorsali smussate, selle, versanti da poco a mediamente dissecati, vallecicole a fondo concavo o piatto	2	Planu Buraxeddu (Nurri)	Erosione areale da moderata ad intensa, erosione incanalata da debole a moderata; occasionali movimenti di massa	II-III	Associazione di suoli a profilo A-C, A-Bw-C e subordinatamente A-Bt-C, da mediamente profondi a profondi, da franco-sabbiosi a franco-argillosi, medio contenuto in scheletro, drenaggio da normale a lento, contenuto in sostanza organica da scarso ad elevato, reazione da subacida ad acida	Pascolo cespugliato, macchia bassa e subordinatamente roccia affiorante, pascolo arborato, rimboschimenti
	Dorsali smussate, selle, versanti da poco a mediamente dissecati, vallecicole a V e a fondo concavo	3	Umbrarutta (Siurgius Donigala)	Erosione areale da debole ad intensa, erosione incanalata da debole ad intensa	II-III	Complesso di suoli a profilo A-C, A-R, A-Bw-C e roccia affiorante, subordinatamente A-Bt-C, da poco a mediamente profondi, da franco-sabbiosi a franco-argillosi, medio contenuto in scheletro, drenaggio da normale a lento, contenuto in sostanza organica da scarso a medio, reazione subacida	Pascolo cespugliato, pascolo nudo, seminativo e subordinatamente macchia bassa, vigneto, rimboschimenti

Tab. 1. Esempio di schema per la classificazione del territorio

litologia	CARATTERISTICHE DIFFERENZIANTI	N° propor.	località tipo	processi morfogenetici in atto	classi di acclività	suoli	uso del suolo
morfologia							
UNITÀ							
CARATTERISTICHE AGGIUNTIVE O DESCRITTIVE							

## La carta delle unità omogenee

La caratteristica che più di ogni altra consente di individuare nel territorio sotteso dagli invasi del sistema Flumendosa-Campidano i diversi tipi di paesaggio è la costituzione litologica delle varie formazioni affioranti, che è stata rappresentazione su di una carta in scala 1:25.000, integrando opportunamente con rilevamenti in campo i dati già disponibili in letteratura. La estrema variabilità riscontrata non ha permesso di individuare meno di 22 "unità litologiche" (o fondamentali), pur ricorrendo ad alcune associazioni fra i litotipi aventi una analoga "risposta" morfologica.

Come ulteriore caratteristica differenziante è stata utilizzata la morfologia, oggetto di un rilevamento appositamente effettuato in scala 1:25.000. Si è operata una ulteriore suddivisione sulla base delle diverse espressioni morfologiche assunte dal sistema interfluvio-impluvi, valutando congiuntamente un aspetto planimetrico legato alla densità del reticolo idrografico (grado di dissezione) ed uno altimetrico relativo al profilo trasversale delle valli (energia di rilievo). Sono state così ottenute 49 "unità lito-morfologiche" (o secondarie).

Esaminandone la distribuzione nell'area in studio, così come appariva sulla base cartografica, ci si è accorti che l'introduzione di una ulteriore caratteristica differenziante avrebbe ulteriormente moltiplicato il numero delle unità e ridotto le stesse ad una estensione talmente modesta da far perdere loro ogni significato in termini di gestione del territorio.

Si è preferito, pertanto, arrestare la suddivisione al livello delle 49 unità riconosciute omogenee per composizione litologica e per situazione morfologica e riferire ad esse le seguenti altre caratteristiche, più sopra definite "aggiuntive" o "descrittive" (tab. 2):

### - Acclività dei versanti

Per questo parametro, di fondamentale importanza per l'applicazione di qualsiasi metodo per la previsione dell'erosione, è stata redatta un'apposita cartografia automatica in scala 1:25.000. E' stato utilizzato il modello digitale del terreno fornito dall'IGMI, della sola base dati delle isoipse e dei punti quota, relativo alle 23 tavolette in scala 1:25.000 che rappresentano il bacino del Flumendosa.

classe	acclività in %
I	0 - 10
II	10 - 20
III	20 - 40
IV	>40

Tab .2. Classi di acclività dei versanti

Inizialmente furono scelte 7 classi di pendenza con intervallo altimetrico di 50 m, ma il dettaglio eccessivo, legato all'estrema complessità del territorio in studio, rendeva scarsamente leggibile la distribuzione in esso di tali classi. Ci si è pertanto limitati ad utilizzare soltanto 4 classi con intervallo altimetrico di 100 m (tab. 2) segnalando, per ogni unità, le due maggiormente rappresentate:

### - Processi morfogenetici in atto

Sulla base della carta morfologica, si è fatto particolare riferimento sia a quelli che modellano i versanti (carsismo, erosione idrica diffusa ed incanalata, movimenti di massa per scivolamento e crollo) che a quelli responsabili della dinamica degli alvei, indicandone, sulla base della evidenza delle relative forme di erosione ed accumulo, il livello di intensità.

#### - Principali tipi di suolo

Il fattore suolo è stato caratterizzato mediante la descrizione, il campionamento e l'analisi di profili-tipo scelti fra quelli ritenuti rappresentativi delle varie unità. La classificazione è stata riferita agli schemi FAO e Soil Taxonomy. Giova qui ricordare che il rilevamento, per soddisfare i criteri di spedività già ricordati, non ha seguito gli standards consueti, ma ha assunto un livello di riconoscimento generale pur utilizzando come scala di rappresentazione un documento di semidettaglio. Ciò a giustificazione dell'aver fatto ricorso, nella descrizione dei suoli caratteristici di ogni singola unità, ad associazioni e complessi.

#### - Utilizzazione attuale del suolo

Le tipologie di utilizzazione attuale del suolo sono state rappresentate anch'esse in scala 1:25.000. Il rilevamento è stato effettuato in gran parte sulla base della fotointerpretazione (volo del 1987, in scala approssimativa di 1:33.000), cui sono seguite verifiche sul terreno per i necessari aggiornamenti alla situazione attuale. Stante l'importanza di questo parametro nel processo erosivo, è stato tenuto conto non soltanto della pura e semplice tipologia, ma anche del contributo offerto alla protezione del suolo in termini di superficie coperta.

Sono state distinte 15 diverse tipologie:

- colture arboree ed ortive;
- vigneti specializzati;
- colture arboree e vigneti in associazione;
- pascolo naturale nudo;
- pascolo naturale cespugliato;
- pascolo naturale arborato;
- macchia bassa e densa;
- macchia alta e densa;
- bosco naturale;
- rimboschimenti;
- aree urbanizzate, zone industriali e serre;
- aree soggette ad attività estrattiva;
- aree con roccia affiorante;
- aree degradate da interventi antropici.

Il primo risultato del tentativo di sintesi così effettuato è stato la conferma della non corrispondenza fra l'estrema complessità del territorio, derivante dalla notevole variabilità delle sue componenti fondamentali e la scala adottata per la sua rappresentazione. Il documento ottenuto, la carta delle unità di paesaggio, che ha risposto comunque al carattere speditivo dell'indagine, viene pertanto ad assumere un carattere di inquadramento generale, ma pur sempre utile nella scelta dei criteri di pianificazione a livello di grande comprensorio. All'interno di ogni unità di paesaggio, ulteriori suddivisioni finalizzate alla individuazione di un più elevato grado di omogeneità dovranno essere effettuate con analisi di maggior dettaglio ed utilizzando basi topografiche che ne consentano un'adeguata rappresentazione.

#### **La valutazione del rischio di erosione idrica**

Non è stato quindi possibile pervenire ad una suddivisione in unità che fossero omogenee per tutti i parametri responsabili del processo di erosione del suolo, ad esempio quelli che figurano nella *Universal Soil Loss Equation* di Wischmeier e Smith (1978), capostipite della maggior parte dei modelli di valutazione dell'erosione oggi in uso.



Inoltre, sempre per la stessa ragione, non si è potuto disporre di informazioni di dettaglio al livello richiesto da tali modelli.

Si è allora preferito individuare, fra le caratteristiche oggetto di rilevamento e di rappresentazione cartografica, quella che nel territorio in esame risultasse influire più d'ogni altra nel processo erosivo, in termini di maggiore quantità di sedimento prodotto, e che fosse nello stesso tempo quella maggiormente suscettibile di interventi. Nel territorio analizzato, come in molti altri del nostro Mediterraneo, questa caratteristica è rappresentata dalla utilizzazione del suolo, che nell'area studiata si esprime nelle 15 categorie sopra elencate.

A ciascuna unità di utilizzazione cartografata è stato applicato un semplice metodo di valutazione della quantità di sedimento che essa produce nelle varie situazioni (litologiche, morfologiche, pedologiche, di processi in atto) in cui si trova e nelle condizioni attuali di gestione. A parità di sedimento prodotto, unità diverse sono state raggruppate nella stessa classe di pericolosità agli effetti dell'erosione idrica.

Uno dei metodi che permette di valutare in modo speditivo gli effetti della erosione del suolo (intesi come quantità di materiale rimosso e destinato alla sedimentazione) in bacini idrografici di una certa estensione, situati in ambiente prevalentemente montano e caratterizzati da elevata energia di rilievo, è quello applicato nel 1968 dal Pacific Southwest Inter-Agency Committee (P.S.I.A.C.) dell'USDA nel territorio sud-occidentale degli Stati Uniti (tab.3). In Italia il metodo è stato applicato con successo nel bacino del Torrente San Godenzo da Forti (1983) e, sempre in Toscana, da Bazzoffi (1984), che ne ha dimostrato la miglior efficacia rispetto ad altri più sofisticati.

I fattori che il metodo PSIAC adotta come fondamentali per il calcolo dei sedimenti prodotti in una certa area, e quindi per la valutazione in essa dell'erosione potenziale, sono i seguenti:

- 1) *lithology*: composizione, grado di coerenza, alterazione e fratturazione dei substrati;
- 2) *pedology*: tipologia e caratteristiche fisico-chimiche dei suoli;
- 3) *climate*: regime delle temperature, ma soprattutto frequenza, durata e intensità delle precipitazioni;
- 4) *runoff*: regime dei deflussi, sia sui versanti che negli alvei;
- 5) *topography*: pendenza ed esposizione dei versanti, energia di rilievo;
- 6) *ground cover*, espressa in percentuale di superficie coperta;
- 7) *land use*, sia agricolo che extragricolo;
- 8) *upland erosion*, sia areale che in massa, sui versanti;
- 9) *channel erosion*, prevalentemente incanalata, negli impluvi.

### Livello di produzione di sedimento

	MINIMO		MEDIO		MASSIMO
<b>1</b> <i>Litologia</i> (a)	10 Sedimenti limoso-sabbiosi incoerenti. Argilliti associate a siltiti e marne	7,5	5 Rocce di media coerenza, moderatamente alterate e fratturate	2,5	0 Rocce coerenti massive
<b>2</b> <i>Suoli</i> (b)	0 alta percentuale di frammenti di roccia; argille coesive; alto contenuto di sostanza organica	2,5	5 Tessitura intermedia; occasionali frammenti di roccia; livelli di crosta calcarea	7,5	10 Incoerenti, fini; salini alcalini. Alta capacità di rigonfiamento e ritiro. Granuli sciolti di limo e sabbia fine
<b>3</b> <i>Clima</i> (c)	0 Clima umido con piogge di bassa intensità; precipitazioni nevose; clima arido con eventi di bassa intensità	2,5	5 Eventi moderati per durata e intensità; rari eventi per convezione	7,5	10 Eventi della durata di parecchi giorni con brevi periodi di intense precipitazioni; presenza di gelo-disgelo
<b>4</b> <i>Deflusso</i> (d)	0 Bassi picchi e volumi di deflusso per unità di superficie	2,5	5 Moderati picchi e volumi di deflusso per unità di superficie	7,5	10 Elevati picchi e volumi di deflusso per unità di superficie
<b>5</b> <i>Topografia</i> (e)	0 Pendenza dei versanti <5% sviluppo di pianure alluvionali	5	10 Pendenze dei versanti <20% e >5%; moderato sviluppo di coni e pianure alluvionali	15	20 Pendenze dei versanti >30% elevata energia di rilievo; non si formano pianure alluvionali
<b>6</b> <i>Copertura del suolo</i> (f)	-10 Superficie completamente protetta dalla vegetazione presenza di frammenti di roccia	-5	5 Non superiore al 40%; notevole presenza di lettiera	7,5	10 Non superiore al 20%; vegetazione sparsa; assenza o minima presenza di lettiera
<b>7</b> <i>Uso del suolo</i> (g)	-10 Nessuna coltura; nessuna recente deforestazione; bassa intensità del pascolamento	-5	0 Meno del 50% della superficie è coltivato; meno del 50% è stato recentemente deforestato meno del 50% è intensamente pascolato	5	10 Più del 50% della superficie è coltivato; quasi tutta intensamente pascolata; tutta recentemente interessata da incendi
<b>8</b> <i>Erosione interfluvi</i> (h)	0 Forme di erosione non evidenti	5	10 Fino al 25% della superficie è interessato da rigagnoli, fossi o frane; accenni di erosione eolica	17,5	25 Oltre il 50% della superficie è interessato da rigagnoli, fossi o frane; severa erosione eolica
<b>9</b> <i>Erosione impluvi</i> (i)	0 Alvei larghi e poco profondi con lieve pendenza e breve durata del deflusso; alvei in roccia coerente, o con depositi molto grossolani, o protetti da vegetazione; alvei artificialmente protetti	5	10 Moderata profondità e durata del deflusso con occasionale erosione delle sponde e del letto	17,5	25 Erosione di sponda continua o frequente su lunghi tratti, con lunga durata del deflusso; attiva erosione regressiva nell'asta principale e tracce di degradazione negli affluenti

Tabella.3. Schema del modello PSIAC per la valutazione semiquantitativa dell'erosione. (da: Pacific Southwestern Inter-Agency Committee, 1968, leggermente modificato).

Il metodo si articola in tre fasi principali:

- I - Suddivisione dell'intero bacino idrografico di cui trattasi in sottobacini di dimensioni compatibili con il grado di complessità del territorio e con la scala alla quale si intendono fornire i risultati.

- II - Assegnazione di un "peso", nell'ambito di ogni unità bacinale così ottenuta, a ciascuno dei fattori sopraelencati, in diretta proporzione al ruolo da esso assunto nel favorire il processo erosivo. Ai fattori 1,2,3,4 vengono assegnati valori da 0 a 10, mentre il 5, cui è riconosciuto un ruolo di primo piano, viene fatto variare da 0 a 20. Per il 6 e 7, che possono anche esercitare una azione di contenimento della erosione, l'intervallo è da -10 a 10. All'8 e al 9, fattori che maggiormente contribuiscono alla produzione di sedimenti, si possono assegnare valori fra 0 e 25.

- III - Sommatoria dei pesi assegnati ed attribuzione del sottobacino ad una delle cinque classi di produzione di sedimento (e quindi di suscettibilità alla erosione) espressa in mc/ha/anno, corrispondenti ad altrettanti intervalli fissati dal metodo sulla base di dati quantitativi ottenuti con misure dirette (tab. 4).

valori	classe	livello di erosione
> 100	I	molto severa
75 - 100	II	severa
50 - 75	III	moderata
25 - 50	IV	debole
0 - 25	V	assente

Tab. 4. Classi di produzione di sedimento e livelli di suscettibilità all'erosione secondo il modello PSIAC.

Il metodo si intende correttamente applicato quando la somma dei valori assegnati ai fattori 1,2,3,4,5,6,7 uguaglia quella relativa a 8 e 9, che pertanto devono essere valutati per primi. Questa operazione permette di verificare se esiste accordo fra le cause potenziali di erosione (1+2+3+4+5+6+7) e gli effetti (8+9) direttamente osservabili in campagna. Non sempre i due totali coincidono; si procede allora ad una nuova valutazione delle cause o a considerare se il divario fra i valori ottenuti sia imputabile alla azione di un fattore particolarmente aggressivo, che deve però essere individuato.

Come già accennato, l'estrema variabilità delle situazioni naturali e la minuta frammentazione delle tipologie di utilizzazione del territorio nel bacino del Flumendosa, caratteri che poi risultano in gran parte coincidere con gli stessi fattori condizionanti il processo erosivo, hanno consigliato sensibili modifiche al metodo PSIAC come sopra descritto, pur mantenendone inalterata la logica generale.

Innanzitutto, l'unità di riferimento non è stata il sottobacino, ma il tipo di utilizzazione del suolo che, nella realtà della nostra regione, può essere generalmente ritenuto il fattore che più di ogni altro influenza il processo erosivo. Pertanto, in sede di valutazione, lo strumento di base utilizzato è stato la carta della utilizzazione attuale del suolo.

E' stato inoltre ridotto il numero dei fattori da valutare, avendo ritenuto più consono alla situazione generale del territorio l'analisi congiunta delle forme attive di erosione, siano esse dovute a ruscellamento diffuso e incanalato o a movimenti di massa. Questo insieme di fattori è stato definito come "processi erosivi in atto" e si è tenuto soprattutto conto della loro intensità.

Per tutti i fattori presi in considerazione e tenendo presenti i rilevamenti effettuati, nonché gli elaborati cartografici prodotti, sono state poi costruite adeguate tabelle di conversione. Riportiamo in tab.5, a titolo di esempio, quella relativa al fattore "caratteristiche dei suoli":

PESI	CARATTERISTICHE DEI SUOLI
0	Assenza quasi totale di suolo, roccia affiorante
1	Suoli limitati a piccole sacche nelle anfrattuosità della roccia, di debole spessore, con tessitura variabile, debolmente strutturati, e con scheletro generalmente abbondante
2,5	Suoli di elevato e medio spessore, con uno o più orizzonti organici, elevato grado di aggregazione (struttura grumosa o granulare), tessitura da franco-sabbiosa a franco-limoso-argillosa, pietrosità elevata
4	Suoli con medio contenuto in sostanza organica, da poco a mediamente profondi, ben aggregati (struttura da grumosa a poliedrica subangolare), tessitura da franco-sabbiosa a franco-limoso-argillosa
5	Suoli con medio o scarso contenuto in sostanza organica, da poco a mediamente profondi, ben aggregati (struttura da poliedrica subangolare ad angolare), tessitura intermedia, con occasionali frammenti di roccia in superficie
7	Suoli con scarso contenuto in sostanza organica, da poco a mediamente profondi, aggregazione moderatamente sviluppata (struttura poliedrica subangolare), tessitura intermedia
10	Suoli con contenuto in sostanza organica scarso o assente, incoerenti, a tessitura prevalentemente sabbioso-limoso o argillosa, con presenza di minerali argillosi a reticolo espandibile

Tab. 5. Criteri adottati dal modello PSIAC per l'assegnazione dei pesi al fattore "suolo".

Dalla carta della utilizzazione attuale del suolo è stato quindi derivato l'elaborato finale in scala 1:50.000, la carta del pericolo di erosione o dell'erosione potenziale, nella quale è rappresentata la distribuzione areale delle 5 classi individuate. Riassumiamo di seguito le caratteristiche salienti di ciascuna di esse, accennando alle località nelle quali sono riscontrabili le situazioni-tipo che le caratterizzano.

Nella prima classe, quella a più elevato livello di pericolo erosivo, rientrano le aree nelle quali l'intervento antropico è stato così radicale o poco oculato da innescare processi erosivi molto intensi e di grande impatto sull'ambiente, come in corrispondenza della superstrada Lanusei-Nuoro in località Arcu Correboi: i movimenti di terra hanno interessato litotipi fortemente tettonizzati e quindi scarsamente coerenti, innescando intensi processi erosivi sia areali che lineari. Le cave di argilla e sabbia ubicate soprattutto in prossimità del limite occidentale del bacino del Flumendosa (Nurallao) costituiscono una rilevante fonte di sedimenti, a causa della instabilità dei fronti di avanzamento. Anche i vigneti giacenti su versanti con pendenza superiore al 40% ricadono in questa classe, pur avendo generalmente una estensione ridotta; sono situati soprattutto in prossimità dei centri abitati di Sèulu e di Seùu.

La seconda classe è diffusa soprattutto nella parte centro-settentrionale del bacino del Flumendosa. Nel settore compreso fra il corso del Flumendosa e Punta La Marmora prevalgono le utilizzazioni scarsamente conservative quali il pascolo nudo e cespugliato, spesso localizzati sui versanti più acclivi. I suoli su scisti, graniti ed andesiti sono caratterizzati da una struttura con aggregati poco stabili o compattati da un intenso pascolamento, che favorisce il deflusso superficiale e l'erosione, soprattutto sui versanti esposti a Sud. Nella parte sud-occidentale del bacino le aree ricadenti in questa classe si distribuiscono in modo articolato laddove si verifica la concomitante presenza di litotipi erodibili (le argille basali mesozoiche o i complessi elastici miocenici e della formazione di Ussana) di pendenza elevate e di utilizzazioni scarsamente conservative come seminativi,

vigneti e pascolo. I suoli presentano spesso profili troncati ed i processi erosivi assumono forme lineari piuttosto evolute; sussistono anche, sporadicamente, piccoli fenomeni di scioglimento e crolli localizzati.

Alla terza classe sono state assegnate le aree destinate a pascolo nella fascia più elevata in quota, i rimboschimenti recenti o mal attecchiti che non contrastano ancora i processi erosivi, ed i seminativi su versanti poco acclivi nella fascia inferiore. Località-tipo: Arcu Correboi, Sa Panargia e S'Utturu is Arrolis.

La quarta classe, a rischio moderato, è fortunatamente abbastanza estesa, anche se frammentata dalla estrema variabilità delle componenti che concorrono, con i "pesi" loro assegnati, a determinarla: i boschi, i rimboschimenti, la macchia, i pascoli o la presenza di roccia affiorante si alternano nel giocare il ruolo di fattore dominante nell'assicurare un certo grado di protezione del suolo. Località-tipo: Gamba suntas, Perda Liana e Mur de Ghina.

Rientrano infine nella quinta classe (assenza di erosione) le aree ove dominano le utilizzazioni più conservative, che annullano ogni eventuale influenza degli altri fattori: boschi stabili, vecchi rimboschimenti, macchia densa o affioramenti di roccia coerente. Località-tipo: M. Idolo, Broncu Gutturu e Taccu Majore.

### Conclusioni

L'indagine effettuata, nei limiti del tempo accordato e della estensione e complessità del territorio analizzato, ha comunque raggiunto lo scopo principale di individuare le aree che maggiormente contribuiscono, per la particolare intensità dei processi erosivi cui sono soggette, a far pervenire negli invasi del sistema idraulico Flumendosa-Campidano i "nutrienti" che causano l'eutrofizzazione delle acque.

I risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli derivati da un'altra indagine, condotta in parallelo (Zanchi et al., 1995). Questa aveva per oggetto la misura diretta del sedimento prodotto in differenti situazioni lito-morfologiche, pedologiche e di utilizzazione del suolo, mediante l'impiego di un simulatore di pioggia. Pur essendo stata la relativa campagna limitata al bacino idrografico sotteso dal Lago Mulargia, i valori misurati concordano in generale con le diverse classi di pericolo di erosione ivi assegnate con il metodo PSIAC, tenuta tuttavia presente la diversità della scala alla quale le due indagini sono state condotte.

La cospicua massa di dati raccolti su questa parte di Sardegna ha inoltre permesso, a nostro avviso, di individuare alcuni obiettivi principali verso i quali indirizzare gli interventi in materia di pianificazione del territorio finalizzata alla utilizzazione ed alla conservazione delle risorse naturali.

## Bibliografia

- Bazzoffi P. 1984. Erosione sui versanti e conseguente sedimentazione in piccoli serbatoi artificiali. Nota III: Validazione di alcuni modelli di previsione dell'erosione (U.S.L.E., Gavrilovic, P.S.I.A.C.) per mezzo del confronto fra i valori stimati e quelli effettivamente misurati attraverso la sedimentazione negli invasi. *Annali Ist. Super. Studio e Difesa Suolo*, 15, 134-149.
- Forti, G. 1984. Studio dei processi erosivi e valutazione quantitative dell'erosione nel bacino del Torrente S. Godenzo. Tesi di laurea inedita, Università di Firenze.
- Pacific Southwestern Inter-Agency Committee (P.S.I.A.C.). 1968. Report of the Water Management Subcommittee on Factors Affecting Sediment Yield in the Pacific Southwest Area. USDA Forest Service
- Tricart, J., Michel, P. 1965. Morphogènèse et Pédogènèse. I.-Approche méthodologique: géomorphologie et pédologie. *Science du Sol*, 1, 69-83.
- Vacca, S. 1995 (in stampa). Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del sistema Flumendosa-Campidano. Nota I: Metodologie di indagine per la valutazione della dinamica del territorio: aspetti geomorfologici, pedologici, di land use e sedimentari. *Atti Convegno Soc. It. Scienza Suolo*, Cagliari 1995.
- Vink, A.P.A. 1983. Landscape ecology and land use. Longman ed., 264 p.
- Wischmeier W.H., Smith D.D, 1978. Predicting rainfall erosion losses. *Aguide to conservation planning*. USDA Handbook nr. 537, 58 p.
- Zanchi C., Botti P., Vacca S., Rodolfi G. 1995 (in stampa). Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del sistema Flumendosa-Campidano. Nota III: Aspetti idrologici e quantificazione del processo erosivo. *Atti Convegno Soc. It. Scienza Suolo*, Cagliari 1995.
- Zonneveld, I.S. 1972. Land evaluation and landscape science. ITC textbook of Photointerpretation, 27, Enschede, NL.

**ANALISI E VALUTAZIONE DEL PROCESSO  
DI EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE  
DEL SISTEMA FLUMENDOSA-CAMPIDANO.  
NOTA III: ASPETTI IDROLOGICI E QUANTIFICA-  
ZIONE DEL PROCESSO EROSIVO.**

**C. Zanchi, Dipartimento di Agronomia e Produzioni Erbacee,  
Università di Firenze**

**P. Botti, Ente Autonomo Flumendosa, Cagliari**

**S. Vacca, Ente Autonomo Flumendosa, Cagliari**

**G. Rodolfi, Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della  
Pianta, Università di Firenze**

**Riassunto**

La determinazione quantitativa dell'erosione è stata effettuata applicando i valori sperimentali delle perdite di suolo, ottenuti mediante l'uso di un simulatore di pioggia, relativi alle principali unità geo-litologiche ed all'interno di esse in funzione delle più diffuse situazioni morfologiche e di utilizzazione del suolo. Le intensità di pioggia simulata applicate alle varie aree test sono state di 20,2 , 31,4 e 41,5 mm/h corrispondenti, nell'area di indagine, rispettivamente ad un periodo di ritorno di 2 , 10 e 47 anni.

I risultati relativi a 116 prove di simulazione eseguite in 31 località hanno consentito di evidenziare la differente suscettibilità all'erosione delle diverse unità geo-litologiche, in condizioni di utilizzazione del suolo comparabili, e, in ciascuna di esse, l'effetto delle diverse coperture vegetali. » emerso che l'entità dell'erosione è determinata prevalentemente dal tipo di utilizzazione del suolo indipendentemente dall'unità geo-litologica su cui insiste.

L'erosione totale del bacino del Mulargia, pari a circa 36.000 t/anno, è stata effettuata applicando i valori sperimentali alle diverse aree omogenee, dal punto di vista geo-litologico, di utilizzazione del suolo e di acclività, in cui era stato suddiviso il bacino. La disponibilità, seppure per un limitato periodo di tempo, di dati di erosione alla sezione di chiusura di alcuni sotto-bacini (Su Bremini e Uvini) ha consentito inoltre di valutare l'affidabilità dei rapporti di sedimentazione (sediment delivery ratio) proposti dal Servizio di Conservazione del Suolo degli S.U.. La quantità, media annuale, di sedimenti apportati nell'invaso è risultata pari a circa 7.300 t, corrispondente ad un contributo medio di 0,455 t/ha.

L'analisi dei risultati ha consentito di evidenziare che, seppure l'erosione annuale media per ettaro sull'intero bacino imbrifero non sia elevata, con alcune utilizzazioni e sistemi di gestione del suolo (seminativi, vigneti, colture arboree, debbio) e in particolari situazioni morfologiche l'entità delle perdite di suolo risulta elevata e superiore, in alcuni casi anche notevolmente, alla massima ammissibile.

**Introduzione**

La valutazione quantitativa dell'erosione su scala bacinale è un problema complesso in quanto influenzato da numerosi fattori tra loro interrelati che concorrono a determinare

intensità del fenomeno variabili nello spazio e nel tempo. La determinazione delle perdite di suolo richiederebbe pertanto sia l'allestimento di numerose unità sperimentali di misura nelle differenti unità geo-pedologiche ed in ciascuna di esse nelle diverse condizioni di utilizzazione del suolo e di pendenza, che il loro mantenimento per un lungo periodo di tempo in modo da ottenere dati relativi alle più svariate condizioni pluviometriche ed idrologiche.

Nel caso specifico un approccio di questo tipo non è stato ritenuto applicabile per il lungo periodo di tempo necessario per l'acquisizione di dati rappresentativi e per l'elevato costo di gestione delle unità sperimentali.

D'altra parte l'utilizzazione di metodologie "globali" come la misura dell'interrimento di invasi artificiali, peraltro applicata nei bacini in esame (Bazzoffi et al, 1995) non fornisce indicazioni utili alla individuazione delle aree che per il tipo di suolo, di utilizzazione e di gestione apportano la maggior parte dei sedimenti, e quindi non consentono la definizione e pianificazione degli interventi agronomici di conservazione del suolo necessari per il controllo dell'erosione.

### **Materiali e metodi**

Sulla base di tali considerazioni e basandosi sui rilievi eseguiti da Rodolfi et al. (1995) si è convenuto di articolare la ricerca nelle seguenti fasi:

- 1) - acquisizione dei dati sperimentali mediante l'utilizzazione di un simulatore di pioggia;
- 2) - applicazione della "equazione universale per la previsione delle perdite di suolo" (USLE) per la valutazione dell'erosione nelle diverse aree componenti il bacino ;
- 3) - applicazione dei relativi rapporti di sedimentazione (Sediment Delivery Ratio) per tenere conto della risedimentazione dei materiali erosi all'interno del bacino idrografico.

L'acquisizione dei dati sperimentali di erosione relativi alle principali unità geo-litologiche e all'interno di ciascuna di esse in funzione delle più diffuse utilizzazioni del suolo nelle condizioni di pendenza più rappresentative, è stata effettuata mediante l'utilizzazione di un simulatore di pioggia (Zanchi et al., 1983) capace di coprire un'area utile di 4,5 m<sup>2</sup> ( 1 x 4,5 m ). Detto simulatore è costituito da un telaio in alluminio, in modo da rendere più agevoli le operazioni di assemblaggio, smontaggio e gli spostamenti da una località ad un'altra, che supporta una barra portaugelli dotata di un movimento oscillatorio, normale rispetto al suo asse longitudinale, impresso da un apposito motorino elettrico alimentato da un piccolo gruppo elettrogeno.

Sulla barra oscillante, posta ad un'altezza di 2,40 m dalla superficie del suolo, sono posizionati tre ugelli del tipo Veejet che consentono sia di ottenere una buona uniformità di distribuzione della pioggia simulata sull'area test, che di applicare intensità di pioggia simulata variabili da circa 10 mm/h a più di 150 mm/h . La regolazione dell'intensità di pioggia può essere fatta :

- utilizzando ugelli di differente diametro nominale ( Veejet 8070; 80100; 80150 );
- regolando la velocità di oscillazione della barra porta ugelli;
- agendo su una centralina elettronica che consente di ottenere un movimento oscillatorio continuo od intermittente mediante un apposito timer.

Per la scelta delle intensità di pioggia da applicare è stata utilizzata la curva di possibilità pluviometrica regionale relativa al gruppo II, gruppo in cui ricade il bacino in studio. Le stazioni pluviometriche della Sardegna, infatti, sono state suddivise, per quel che riguarda le piogge intense, in 4 gruppi omogenei, ciascuno caratterizzato da una curva di possibilità pluviometrica. Sono state, quindi, scelte, tenendo presente che il lago Mulargia è in esercizio da circa 40 anni, intensità di pioggia pari a 41,5 , 31,4 e 20,2 mm/h cui corrispondono periodi di ritorno rispettivamente di 47 , 10 e 2 anni.



Le 116 prove di simulazione delle piogge, della durata di un'ora ed alle intensità sopra indicate, sono state effettuate, in 31 località, sulle principali unità geo-litologiche e all'interno di ciascuna di esse nelle più diffuse condizioni di utilizzazione del suolo e nelle situazioni di pendenza più rappresentative.

Durante l'esecuzione delle prove di simulazione sono state misurate, in continuo o ad intervalli prefissati di tempo, le portate di deflusso e sono stati prelevati i campioni di torbida per la successiva determinazione in laboratorio della concentrazione del materiale terroso ( g/l ) trasportato dalle acque di scorrimento. I campioni di torbida sono stati anche analizzati per la definizione della granulometria del materiale trasportato, della sostanza organica e della concentrazione del fosforo e dell'azoto.

Dall'entità dei deflussi e dalla concentrazione del materiale eroso sono state quindi calcolate le perdite di suolo relative alle varie situazioni geo-litologiche, di utilizzazione del suolo e di pendenza.

I dati sperimentali di perdite di suolo sono stati utilizzati per implementare la USLE (Universal Soil Loss Equation ) (Wischmeier e Smith, 1978).

Sinteticamente si ricorda che la sopracitata equazione, di tipo moltiplicativo, prende in considerazione i seguenti fattori:

$$E = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

dove:

E = erosione  
R = erosività della pioggia  
K = erodibilità del suolo  
L = fattore lunghezza

S = fattore pendenza  
C = fattore colture e tecniche di coltivazione  
P = fattore tecniche conservative.

Si deve peraltro puntualizzare che la valutazione sperimentale dell'erodibilità del suolo (K) avrebbe richiesto il mantenimento nei diversi siti di parcelle tenute a maggese nudo nei due anni antecedenti alle prove di simulazione della pioggia, ma ciò avrebbe comportato un sensibile aggravio dal punto di vista gestionale e di costi. Inoltre il fattore colture e tecniche culturali (C) è, per l'ambiente in esame, di difficile estrapolazione in considerazione della peculiarità dei sistemi di utilizzazione dei suoli. Per ovviare a tali inconvenienti l'erodibilità del suolo ed il fattore culturale sono stati valutati nel loro complesso (KxC) e non singolarmente. La loro determinazione è stata effettuata con la procedura sotto descritta:

- l'erosività (R) della pioggia simulata, calcolata con la metodologia indicata da Wischmeier e Smith, è risultata pari a 9,85 ; 25,03 e 45,59 tm cm/ha h rispettivamente per le intensità di pioggia di 20,2 ; 31,4 e 41,5 mm/h ;

- le perdite di suolo, misurate nelle diverse situazioni geo-litologiche, di utilizzazioni del suolo e morfologiche, sono state riportate alle condizioni "standard" (22,1 m di lunghezza e 9% di pendenza) mediante l'applicazione dell'algoritmo specifico.

- i valori dei differenti complessi suolo-vegetazione sono stati derivati dal rapporto tra l'erosione "standard" e l'erosività della pioggia (KxC=E/R). Il fattore pratiche conservative (P) è nella quasi generalità dei casi pari ad 1 in quanto le tecniche conservative sono raramente applicate.

Ciò ha consentito inoltre di individuare la suscettibilità all'erosione, più oltre riportata, dei vari complessi suolo-vegetazione indipendentemente dall'influenza dei fattori morfologici (Lunghezza e pendenza).

La valutazione dell'erosione a scala bacinale è stata effettuata suddividendo l'area nelle diverse unità geo-litologiche ed all'interno di esse nelle differenti utilizzazioni del suolo che sono state a loro volta suddivise in funzione di quattro classi di pendenza ( 0-10 , 10-20, 20-40 e >40 ). Per ciascuna area omogenea sono state calcolate, con la USLE, le relative perdite di suolo assegnando a ciascun fattore di detta equazione i valori ricavati speri-

mentalmente. La sommatoria delle perdite di suolo di ciascuna area costituisce l'erosione totale del bacino.

Solo una frazione di detta erosione totale arriva però all'invaso in quanto una parte, più o meno rilevante a seconda dei casi, si rideposita all'interno del bacino stesso.

La valutazione della percentuale dei materiali erosi all'interno del bacino idrografico che arrivano all'invaso è stata effettuata con il rapporto di sedimentazione (S.D.R. - Sediment Delivery Ratio). L' S.D.R. viene calcolato mediante il rapporto tra la quantità di sedimenti che arrivano all'invaso e l'erosione totale del bacino.

Il valore di detto rapporto varia nelle diverse condizioni geomorfologiche ed ambientali in quanto è influenzato da molteplici fattori quali il tipo, l'estensione e l'ubicazione dei punti di origine dei sedimenti, l'area del bacino, il dislivello altimetrico, la lunghezza dell'asta fluviale, la densità del reticolo idrografico, il tipo di vegetazione, l'utilizzazione del suolo e la tessitura dei terreni. Da ciò deriva la difficoltà di scegliere il valore del rapporto di sedimentazione più adatto alle condizioni specifiche. Delle numerose formule empiriche proposte quella di carattere più generale, e quindi più utilizzabile, è quella messa a punto dal Servizio di Conservazione del Suolo degli Stati Uniti (U.S.S.C.S., 1971).

Per verificarne l'attendibilità anche nell'ambiente sotto studio è stata calcolata, con la U.S.L.E., l'erosione totale di due sotto bacini, Uvini e Su Bremini, e questa è stata confrontata con quella misurata sperimentalmente, mediante uso di campionatore automatico con prelievo proporzionale alla portata, alla sezione di chiusura di detti bacini. La differenza tra i due valori rappresenta evidentemente una stima del rapporto di sedimentazione.

## Risultati

Dai dati sperimentali, ricavati dalle 116 simulazioni della pioggia, relativi al deflusso superficiale ed alla concentrazione del materiale terroso trasportato dalle acque ruscellamento è stato possibile ricavare, con la procedura precedentemente descritta, i valori del complesso suolo - vegetazione ( $KxC$ ) nelle diverse unità geo-litologiche. Poiché detti valori si riferiscono a condizioni morfologiche omogenee (parcella standard) è possibile evidenziare sia la differente suscettibilità all'erosione delle diverse unità geo-litologiche, in condizioni di utilizzazione del suolo comparabili, sia l'effetto delle diverse coperture vegetali all'interno di ciascuna unità geo-litologica.

Nella tabella 1 vengono riportati i valori del " $K \times C$ " standard, in t/ha per ogni unità del fattore R, relativi all'intensità di pioggia che si verifica con maggiore frequenza ( 22,2 mm/h ).

L'analisi dei valori del " $K \times C$ " standard consente in primo luogo di evidenziare che l'intensità dell'erosione è determinata, in maniera preponderante, dal tipo di utilizzazione del suolo ed in misura molto meno marcata dall'unità geo-litologica su cui insiste. Da perdite di suolo nulle, in pascoli con copertura vegetale densa (Uvini II), o irrilevanti, in pascoli con buona copertura (Uvini I, Uvini III bis, Su Bremini XIII, Su Bremini XII, Bangiolu I, Sutturu II bis, Su Bremini XIV), si passa ad asportazioni di suolo progressivamente crescenti nel caso di pascoli in rotazione con arativi (Uvini IV, Sutturu I e II, Terra Segada I, Cuccuru Samassi I e II) o intensamente pascolati (Bangiolu II, Uvini III), fino agli appezzamenti a maggese (Su Bremini XI, Su Bremini IX, Su Bremini VI, Siurgus V e VI, Su Bremini VI, Siurgus II, I e IV, Su Bremini VIII). » interessante inoltre osservare che anche con il maggese l'erosione può essere mantenuta a livelli simili a quella del pascolo in rotazione con arativi, se le lavorazioni, come a Su Bremini XI, vengono effettuate secondo le curve di livello.

L'influenza delle unità geo-litologiche sull'erosione non è così evidente come per le utilizzazioni del suolo ed è probabilmente influenzata da queste ultime. Gli scisti infatti risultano i meno erodibili se a pascolo, mentre sono quelli maggiormente soggetti all'ero-

	<i>Pascolo con buona copertura o cespugliato</i>	<i>Pascolo in rotazione con seminativo o intensamente pascolato</i>	<i>Maggesi arato in traverso</i>	<i>Maggesi arato a rittochino</i>
Scisti	0,00024 0 0,0054 0,00022	0,01881 0,0028		0,085568
Clastico Permiano		0,00928 0,01589 0,01707 0,01608		
Miocene clastico Arenarie Miocene	0,00077		0,07602 0,05791 0,02497	0,08162 0,03145 0,04067
Formazione di Ussana		0,03107 0,0346	0,013	0,02835 0,04526
Porfiroidi	0,00091			0,02164 0,02343
Scisti/Porfiroidi	0,0005			

Tab.1. Valori del KC in funzione del tipo di utilizzazione e della geolitologia.

sione nel caso di maggesi.

Il calcolo dell'erosione totale del bacino idrografico del Mulargia è stato effettuato valutando separatamente le perdite di suolo relative ai sotto-bacini Su Bremini e Uvini, dai quali poteva essere effettuato un riscontro sperimentale dei rapporti di sedimentazione come più oltre specificato, da quelle dell'area residua del bacino.

Per i sottobacini Su Bremini e Uvini, all'interno dei quali sono state eseguite la maggior parte delle prove di simulazione della pioggia, è stato possibile effettuare una valutazione dettagliata dell'erosione suddividendo le rispettive aree in funzione delle diverse matrici geo-litologiche. Ciascuna area omogenea dal punto di vista geo-litologico è stata suddivisa nelle varie utilizzazioni del suolo che, a loro volta sono state distinte in funzione delle quattro classi di acclività (<10 %, 10 - 20 %, 20 - 40 % e >40 %). Per ciascuna area è stata calcolata, con la U.S.L.E., l'erosione applicando i relativi valori del complesso suolo-vegetazione (KxC) e tenendo conto della lunghezza media degli appezzamenti tipica di quella data area. L'erosività della pioggia (R) media annuale, desunta dalle caratteristiche pluviometriche della zona è stata valutata in circa 80 mm cm/ha h anno.

Per la scarsità dei dati sperimentali specifici la valutazione dell'erosione relativa alla superficie residua del bacino idrografico del Mulargia, esclusa quindi quella del Su Bremini e di Uvini, è stata effettuata basandosi sui risultati conseguiti nel sottobacino Su Bremini. Tale estrapolazione sembra abbastanza realistica considerando la sufficiente corrispondenza, evidenziata nella tab. 2, esistente tra detto bacino e il bacino "residuo" sia nella utilizzazione del suolo che soprattutto nella distribuzione percentuale delle classi di pendenza.

I valori di erosione unitaria (t/ha) utilizzati per la valutazione delle perdite di suolo del bacino "residuo" sono stati ricavati facendo, per ciascun tipo di utilizzazione del suolo, la media ponderata dei valori conseguiti nel sottobacino Su Bremini relativa a ciascuna classe di pendenza. Tali valori medi ponderati sono stati quindi moltiplicati per le specifiche

	BACINO SU BREMINI	BACINO RESIDUO
<i>A) classi di pendenza</i>		
<10 %	40,3 %	41,78 %
10-20 %	32,0 %	32,98 %
20-40 %	23,2 %	22,19 %
>40 %	4,5 %	3,05 %
<i>B) utilizzazioni del suolo</i>		
- pascolo nudo	8,6 %	8,4 %
- pascolo arborato	5,9 %	14,2 %
- vigneti	6,3 %	6,0 %
- macchia alta + bassa	7,2 %	14,3 %
- colture arboree	7,2 %	0,5 %
- pascolo cespugliato	11,3 %	20,5 %
- bosco	0,0 %	0,04 %
- rimboschimenti	0,0 %	5,5 %
- seminativi	46,6 %	30,0 %
- cave + aree urbanizzate	5,6 %	0,16 %
- roccia affiorante	1,3 %	0,4 %

*Tab. 2. Classi di pendenza e utilizzazioni del suolo nel sottobacino Su Bremini e in quello "residuo".*

aree relative alle diverse utilizzazioni.

In conclusione l'erosione totale, su base annua, dell'intero bacino idrografico del Mulargia è risultata di 36.003,873 t, di cui 2.382,189 t, 354,946 t e 33266,738 t, rispettivamente nei sottobacini Su Bremini, Uvini e "residuo".

L'erosione totale non rappresenta però la quantità di sedimenti che arrivano all'invaso in quanto ad essa deve essere applicato il rapporto di sedimentazione (S.D.R.).

La valutazione di questo rapporto, come precedentemente specificato, poteva essere fatta mediante la metodologia messa a punto dal Servizio di Conservazione del suolo degli S.U. (U.S.C.S.,1971), ma poichè erano disponibili, seppure per un limitato periodo di tempo (anno solare 1992), i dati di erosione alla sezione di chiusura dei sottobacini Su Bremini e Uvini si è ritenuto utile, considerato che i dati disponibili si riferivano ad un anno idrologicamente rappresentativo delle condizioni medie del bacino, valutare anche il S.D.R. sperimentale.

In primo luogo è stata valutata l'erosività degli eventi piovosi per i quali si avevano i dati di erosione alle sezioni di chiusura dei due bacini sopra indicati. I valori di erosività sono risultati pari a 30,06 e 46,52 tm cm/ha h rispettivamente per Su Bremini e Uvini. Si è quindi calcolata l'erosione totale, con la stessa metodologia utilizzata in precedenza, che è risultata pari a 875,826 t e a 186,556 t rispettivamente per i sottobacini Su Bremini e Uvini. L'erosione misurata sperimentalmente alla sezione di chiusura dei due bacini è stata rispettivamente di 270,6 t e 53,8 t. La differenza tra i valori sperimentali e quelli calcolati indica la quantità di materiali erosi che si sono risedimentati all'interno dei rispettivi bacini. Il rapporto di sedimentazione è risultato perciò pari a circa il 31 % per Su Bremini e al 29 % per Uvini.

Valori leggermente più elevati rispetto a quelli proposti dal Servizio di Conservazione del Suolo americano (25% e 26%). Si deve però tenere presente lo scarso numero dei dati sperimentali e che questi si riferiscono, in parte, ad eventi piovosi particolarmente intensi

(fine dicembre 1992) per cui la differenza nei valori del S.D.R. sembra ampiamente giustificata. Per il bacino "residuo" costituito da sottobacini di dimensioni più rilevanti (bacino del Rio Mulargia, ecc.), si è ritenuto realistico, tenendo conto sia di quanto indicato dal Servizio di Conservazione del Suolo americano, sia del rapporto R/L (dislivello di quota/lunghezza dell'asta fluviale), che della tessitura dei suoli, un valore del rapporto di sedimentazione medio pari al 20 %.

In conclusione la quantità di sedimenti, medi annuali, apportati nell'invaso risulta pari a 7341,181 t corrispondente ad un contributo medio di 0,455 t/ha.

Tale valore deriva dall'applicazione dell'erosione totale moltiplicata per i rispettivi rapporti di sedimentazione (tab.3) ed ha trovato una conferma sperimentale (Botti ed altri, 1994) nei valori di erosione misurati sperimentalmente per l'anno idrologico 1992/93 non solo alle sezioni di chiusura del Rio Uvini e del Rio su Bremini, ma anche alla sezione di chiusura del Rio Mulargia.

Bacino	Superficie (ha)	Erosione totale (t)	Rapporto di sedimentazione (%)	Sedimenti (t)
Su Bremini	860	2382,189	25	595,547
Uvini	476	354,946	26	92,286
"Residuo"	14.791	33266,738	20	6653,348
<b>Totale</b>	<b>16.127</b>	<b>36003,873</b>		<b>73412,181</b>

Tab. 3. Sedimenti totali, medi annuali, apportati all'invaso del Mulargia

### Considerazioni conclusive

Sebbene l'erosione annuale media per ettaro sull'intero bacino imbrifero non risulti elevata si deve rilevare che con alcune utilizzazioni del suolo (seminativi, vigneti, colture arboree ed anche pascolo nudo, seppure quest'ultimo in misura ridotta) e in particolari condizioni morfologiche l'erosione risulta elevata e superiore, in alcuni casi anche notevolmente, a quella che può essere considerata la massima ammissibile.

In particolare nel caso dei seminativi e dei vigneti su pendenze comprese tra il 10 ed il 20 % l'erosione è già rilevante e diventa particolarmente accentuata oltre il 20 % di pendenza.

Anche il pascolo nudo determina un'erosione generalmente non trascurabile se effettuato su pendenze superiori al 20%. Tra le pratiche agricole utilizzate nella zona quella della bruciatura del maggese è senza dubbio rischiosa dal punto di vista erosivo e quindi da sconsigliare.

Sulla base di queste prime considerazioni emerge la necessità di evitare che tali utilizzazioni vengano effettuate nelle zone limitrofe all'invaso o addirittura nella fascia di oscillazione del pelo libero dell'acqua. In tali casi infatti il materiale eroso si riversa completamente nell'invaso aumentando in maniera rilevante la quantità di sedimenti.

Per ridurre l'erosione a valori accettabili sembra sufficiente l'applicazione di alcune tecniche conservative di tipo biologico peraltro facilmente attuabili. Si fa riferimento in particolare alla lavorazione e alla coltivazione secondo le curve di livello, dove eseguibile; alla gestione dei residui colturali che se lasciati in posto assicurano una notevole azione antierosiva; all'inerbimento permanente degli interfilari dei vigneti o delle colture arboree in particolare se orientati a rittochino; e ad una più razionale utilizzazione dei pascoli evitando il sovrapascolamento che determina un incremento dell'erosione non trascurabile.

## Bibliografia

- AA.VV., "The eutrophication of the reservoirs in the Flumendosa district (Sardinia - Italy). Territorial, limnological, toxicological, technological and managerial aspects". Commission of the European Communities, Bruxelles, 1995 (in corso di pubblicazione).
- Bazzoffi P., Pellegrini S., Vacca S., 1995. Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del Sistema Flumendosa-Campidano. Nota IV: "Aspetti relativi alla sedimentazione degli invasi Flumendosa e Mulargia. Valutazione quantitativa e validazione della metodologia di rilievo bato-pachimetriche". S.I.S.S. Il ruolo della pedologia nella pianificazione e gestione del territorio.
- Botti P., Vacca S., Aru A. : "Bilancio di massa del trasporto torbido e suo significato nella valutazione del territorio. L'esempio del bacino tributario del lago Mulargia (Sardegna centro - meridionale). Atti del seminario del progetto MEDALUS, Sassari Maggio 1994.
- Rodolfi G., Vacca S., Zanchi C., 1995. Analisi e valutazione del processo di eutrofizzazione delle acque del Sistema Flumendosa-Campidano. Nota II: "Criteri di classificazione delle terre per l'individuazione delle aree maggiormente soggette a rischio di erosione idrica". S.I.S.S. Il ruolo della pedologia nella pianificazione e gestione del territorio.
- U.S.S.C.S., 1971. "sediment sources, yields and delivery ratios". National Engineering Handbook, Sect. 3, Cpt. 6.
- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978. "Predicting rainfall erosion losses". USDA, Agricultural Handbook 537.
- Zanchi C., Bazzoffi P., D'Egidio G., Nistri L., 1983. "A new rainfall simulator with improved characteristics for field erosion studies". Annali I.S.S.D.S., XIV, 259-276, Firenze.

**ANALISI E VALUTAZIONE DEL PROCESSO DI  
EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE DEL SISTEMA  
FLUMENDOSA-CAMPIDANO  
NOTA IV: ASPETTI RELATIVI ALL'EROSIONE  
ED ALLA SEDIMENTAZIONE NEGLI INVASI  
FLUMENDOSA E MULARGIA**

**P. Bazzoffi, Istit. Sperimen. per lo Studio e la Difesa del Suolo -  
Firenze.**

**S. Pellegrini, Istit. Sperim. per lo Studio e la Difesa del Suolo -  
Firenze.**

**S. Vacca, Ente Autonomo del Flumendosa - Cagliari.**

**Riassunto**

Nel presente lavoro vengono esposti i risultati della valutazione quantitativa e spaziale dei sedimenti accumulatisi in oltre 40 anni di esercizio nei serbatoi Mulargia e Flumendosa. Tale indagine ha costituito la base per la caratterizzazione chimico-tossicologica dei sedimenti e per gli studi sul rilascio di nutrienti ed inquinanti dai sedimenti stessi ai corpi idrici.

Nel lago Flumendosa il volume totale di sedimenti è risultato pari a 2.352.386 m<sup>3</sup>, mentre nel Mulargia è risultato di 7.131.804 m<sup>3</sup>.

Queste quantità di sedimenti non sembrano da attribuire prevalentemente a processi erosivi nei bacini tributari e ciò in relazione alla loro quantità, che eccede di molto il tasso di erosione potenziale, ed al notevole contenuto di sabbia che consente di attribuirne l'origine all'erosione di sponda.

Nello studio viene dimostrata la validità dell'impiego del GPS differenziale quale metodologia idonea alla determinazione dei punti bato-pachimetrici e delle misure di spessore dei sedimenti effettuate col profilografo sonar.

**1. Premessa**

Nei bacini idrografici le varie forme di erosione del suolo ed i movimenti di massa determinano la produzione di sedimenti, che in parte vanno a depositarsi sul fondo dei laghi col risultato di diminuire la capacità di invaso e di creare una riserva potenziale di nutrienti ed inquinanti (Bazzoffi P., 1987).

Gli invasi Flumendosa e Mulargia hanno insieme una potenzialità di accumulo di circa 570 milioni di metri cubi, e costituiscono una risorsa idrica sempre più preziosa in relazione all'aumento costante dei fabbisogni, cui si contrappongono, drammaticamente, episodi di aridità che spesso si prolungano per diversi anni, con conseguente crisi idrica talvolta accompagnata dal peggioramento della qualità delle acque (Vacca et al., 1989).

All'interno della ricerca sulle cause dell'eutrofizzazione delle acque del sistema del Flumendosa, le indagini relative al rilievo dei sedimenti realizzate in due campagne (ottobre 1989 e settembre 1992) erano finalizzate alla valutazione degli apporti terrigeni in oltre 40 anni di esercizio dei serbatoi Flumendosa e Mulargia in rapporto con il potenziale eutrofizzante rappresentato dagli stessi sedimenti. Va, infatti, sottolineato che il rilievo ha

costituito la base per le successive indagini per la caratterizzazione chimico-tossicologica dei sedimenti e per gli studi sul rilascio di nutrienti ed inquinanti dai sedimenti stessi alla colonna d'acqua.

Questi dati, inoltre, correlati al tasso di erosione potenziale dei rispettivi bacini idrografici, hanno contribuito validamente alla individuazione delle principali cause che determinano la produzione di sedimenti.

In questo lavoro viene inoltre dimostrata la validità dell'impiego del GPS differenziale quale metodologia idonea alla determinazione dei punti bato-pachimetrici.

## **2. Materiali e metodi**

I rilievi batimetrici e sedimentometrici sono stati eseguiti applicando la metodica classica "Range Line" (U.S.D.A., 1979); cioè fissando delle sezioni fra una sponda e l'altra del lago, che vengono percorse con una barca e rilevate con GPS per punti il più possibile equidistanti.

Il rilievo degli spessori di sedimento, è stato effettuato con l'impiego di un profilatore sonar di fondale, la cui efficacia è stata verificata sperimentalmente (Bazzoffi et al., in stampa).

Avendo a disposizione un'attrezzatura che consente di operare in modo speditivo, queste sezioni sono state integrate dal rilievo di punti sparsi fra una sezione e l'altra in modo da coprire l'intera superficie in modo più dettagliato.

Dopo i rilievi in campagna si sono acquisiti i dati di inquadramento topografico (bordo del lago ed orientamento UTM) dalla digitalizzazione della cartografia al 4000 fornita dall'Ente Autonomo del Flumendosa.

I dati acquisiti in campo sono stati successivamente roto-traslati in modo automatico con la produzione di due files contenenti l'intera informazione derivante dalla base cartografica: uno della profondità dell'acqua al massimo invaso assoluto di piena; ed uno dello spessore del sedimento. A ciascun dataset si è quindi applicata un'analisi geostatistica tramite il software SURFER 5.2; utilizzando un algoritmo Kriging ottimizzato, per le variabili di modello e per metodo di calcolo, sulla base di verifiche sperimentali (Bazzoffi, com.pers.).

Si è quindi prodotta una documentazione cartografica del regime idrologico degli invasi (fig.1 e 2) e degli spessori di sedimento (fig. 3 e 4) ed il calcolo del volume di sedimento nei due invasi.

## **3. Risultati**

### **3.1 Analisi morfologica degli invasi**

Il Flumendosa presenta sponde molto ravvicinate con pendenze accentuate. Soltanto nella zona lontana dalla diga, ove il Flumendosa si immette nel lago, si osserva una morfologia di fondale pianeggiante.

Proseguendo il percorso verso la diga si osserva un'altra zona ove lo specchio del lago si allarga. In questa zona, alla confluenza del Rio Betilli nel Flumendosa, le pendenze del fondale sono leggermente più basse che altrove, ma comunque sempre accentuate.

Avvicinandosi alla diga il fondale si presenta con la forma di una "V"; sul fondo della quale si nota una zona assai ristretta pianeggiante corrispondente all'antico alveo del Flumendosa.

Il fondale del lago Mulargia presenta pendenze abbastanza accentuate nella parte più vicina al livello di coronamento. Avvicinandosi ai fondovalle dei rii Mulargia e Pilarda la



morfologia diventa più dolce, fino a diventare decisamente pianeggiante su superfici abbastanza estese. Questa zona pianeggiante che si trova nel corpo centrale del serbatoio, si chiude bruscamente a sud in corrispondenza della confluenza del rio Pilarda nel rio Mulargia.

Da questo punto in poi, via via che ci si avvicina alla diga, la morfologia di fondale assume caratteristiche più aspre, con fondovalle stretto e con sponde ripide, che pur somigliando a quelle del Flumendosa non raggiungono le medesime pendenze.

Il Flumendosa ha una linea di sponda di circa 41 km in primavera e di 23 km in autunno.

Il Mulargia, alla quota di invaso primaverile, ha uno sviluppo della linea di costa di circa 32 km mentre a fine autunno ha uno sviluppo di 19 km. Questi valori considerevoli sono dovuti alla presenza di una costa molto frastagliata nel Mulargia, e alla forma molto allungata dello specchio nel Flumendosa.

### Regime idrologico degli invasi

Nel Flumendosa il volume al massimo invaso di piena è di circa 325 milioni di m<sup>3</sup> a quota 269 m s.l.m.; tale livello non viene mai raggiunto, mentre lo specchio oscilla annualmente fra quota 238 e quota 220 corrispondenti ai mesi di Marzo-Aprile e di Novembre-Dicembre.

Il volume normalmente invasato in primavera è di circa 100 milioni di m<sup>3</sup>, mentre all'inizio dell'inverno scende a circa 50 milioni di m<sup>3</sup>.

Fra la primavera e l'inverno la superficie dello specchio si contrae di circa 2,6 km<sup>2</sup> e le superfici che rimangono scoperte sono principalmente quelle a bassi fondali nella parte più distante dalla diga.

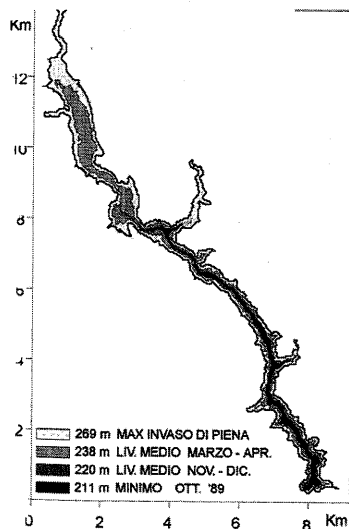


Fig. 1. Invaso Flumendosa  
Escursioni di livello.

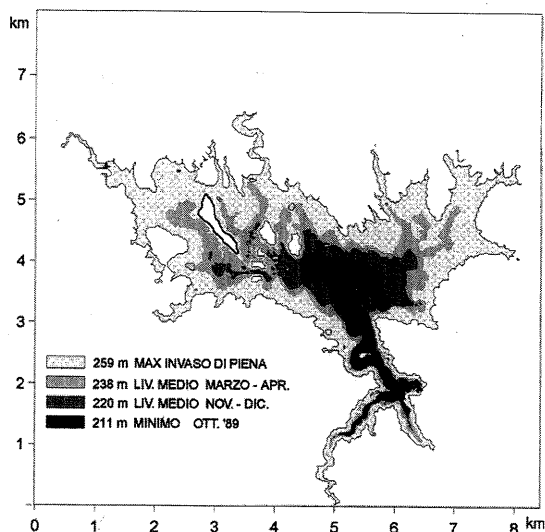


Fig. 2. Invaso Mulargia.  
Escursioni di livello.

Alla dinamica dello specchio corrisponde quella della linea di sponda, che subisce annualmente un'oscillazione considerevole, pari a circa 18 metri.

A quota 211 troviamo il minimo dell'ottobre 1989 che lasciò scoperte ampie superfici dell'invaso.

La superficie compresa fra il massimo invaso di piena ed il livello massimo primaverile, è piuttosto estesa, e corrisponde a circa 4,5 km<sup>2</sup> per un volume di invaso di circa 210 milioni di m<sup>3</sup> che non viene sfruttato.

Il riempimento del lago viene determinato da poche piene, improvvise e violente, nei mesi invernali, per l'andamento tipicamente torrentizio degli immissari.

Poiché i due invasi sono collegati, le escursioni di livello del Mulargia seguono un andamento molto simile a quelle del Flumendosa.

A quota 259, che corrisponde alla massima piena, il serbatoio ha una capacità di circa 350 milioni di m<sup>3</sup>, ma questo livello non viene mai raggiunto.

In realtà il livello oscilla annualmente fra le quote 238 nel periodo primaverile e quota 220 nel Novembre-Dicembre; a quota 211 troviamo il minimo dell'Ottobre 1989.

Anche nel Mulargia abbiamo una superficie piuttosto estesa di 6,3 km<sup>2</sup>, compresa fra il massimo invaso di piena, ed il livello massimo primaverile, per un volume di invaso di circa 200 milioni di m<sup>3</sup> che non viene utilizzato.

L'escursione di livello fra la primavera e l'inverno determina una oscillazione di linea di sponda pari a circa 18 metri e l'esposizione di ampie superfici d'invaso corrispondenti a circa 4,4 km<sup>2</sup>.

Il volume invasato in primavera raggiunge i 150 milioni di m<sup>3</sup> mentre all'inizio dell'inverno scende a meno di 50 milioni di m<sup>3</sup>.

### **Quantità e distribuzione dei sedimenti nei due invasi**

Nel Flumendosa la quantità di sedimento ammonta a circa 2.350.000 m<sup>3</sup>, corrispondente ad appena il 7% del volume di massima piena.

Nella parte maggiormente distante dalla diga (fig. 3), più soggetta a rimanere scoperta, si notano spessori di sedimento nulli o modesti che solo a tratti raggiungono i 50-100 cm in corrispondenza dell'antico letto del Flumendosa.

Gli spessori più consistenti, che comunque raramente superano i 100-150 cm, sono tutti concentrati su un'area complessivamente modesta, ove la profondità dell'acqua è maggiore, e comunque sempre nel vecchio letto del fiume.

Praticamente, dove i sedimenti non vengono rimosi perché rimangono sempre sommersi, essi si distribuiscono sul fondo a livellare la morfologia del fondale.

Nel Mulargia i sedimenti hanno un volume di circa 7.131.000 m<sup>3</sup> e rappresentano il 2% della capacità di invaso.

In questo invaso si osservano (fig. 4) grandi superfici di sponda quasi del tutto libere da sedimenti, solo a tratti occupate da modesti spessori che non raggiungono mediamente i 10 cm.

Su questa superficie (rappresentata in bianco) i pochi sedimenti sono quasi totalmente localizzati nella parte periferica alla linea di costa primaverile.

Nella zona medio-profonda, che si trova sempre, o quasi sempre, sommersa, l'accumulo di sedimenti è fortemente influenzato dall'apporto di materiali dalle aree di sponda a regime sommerso intermittente.

Anche qui i sedimenti tendono a colmare le aree più profonde; comunque si nota una notevole estensione di modesti spessori compresi fra i 50 e i 100 cm.

Si può notare un certo accumulo di materiali in corrispondenza dell'ingresso nel serbatoio del rio Craddaxiolu, del rio Maiori, alla confluenza del rio Irius con il rio Mulargia e alla confluenza dei rii Corongiu Longu e Uvini in prossimità della diga.

ce an-  
perfici  
erile, è  
10 mi-  
i mesi  
anda-  
ca 350  
quota  
a fra il  
vaso di  
linea di  
denti a  
inizio  
ndente  
erta, si  
0 cm in  
no tutti  
raggio-  
sempre  
o il 2%  
bere da  
mente i  
ente lo-  
cumulo  
da a re-  
una no-  
erbatoio  
ia e alla

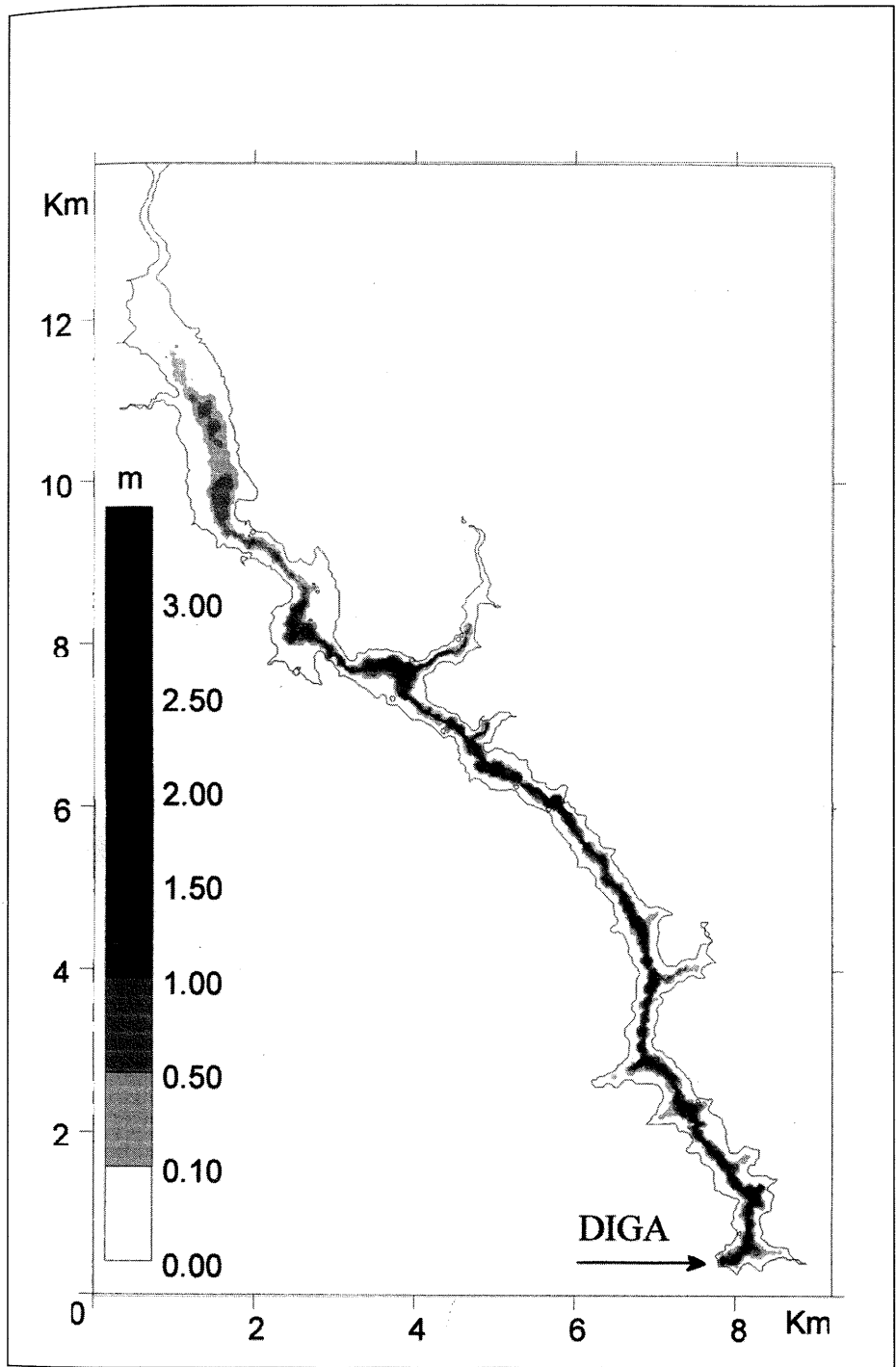


Fig. 3. Distribuzione dei sedimenti nell'invaso Flumendosa al Settembre 1992

Man mano che ci si avvicina alla zona più centrale dell'invaso le superfici rimangono esposte per tempi sempre minori e gli spessori aumentano, infatti l'intervallo di tempo fra quando l'acqua si ritira e quando vengono risommerse diminuisce progressivamente, fino ad annullarsi al raggiungimento della linea di sponda di fine autunno.

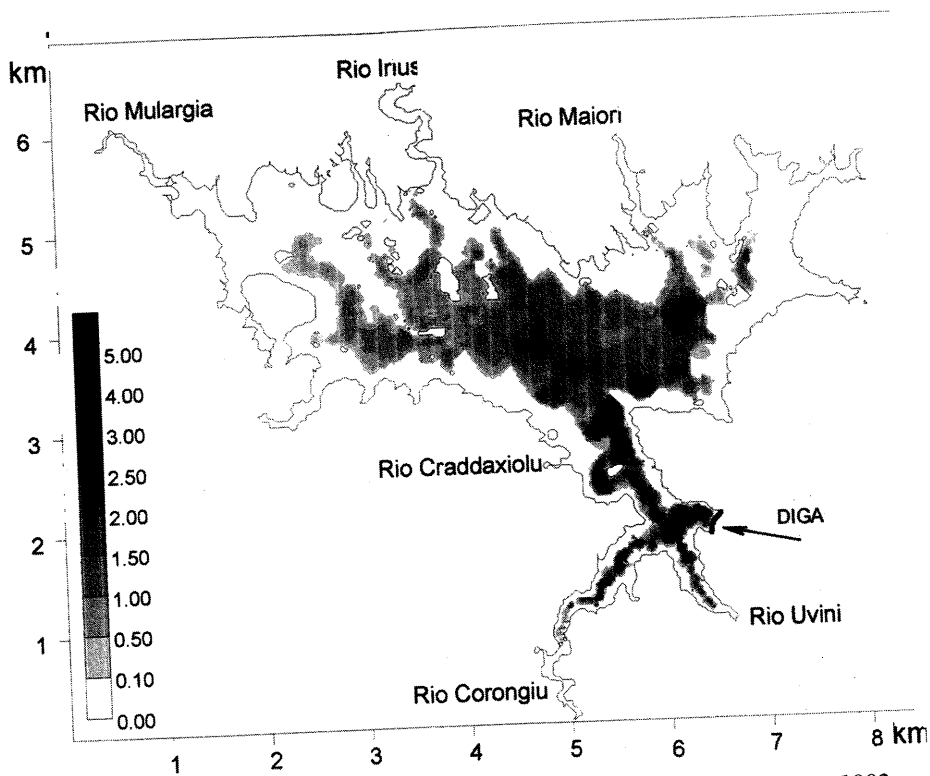


Fig. 4. Distribuzione dei sedimenti nell'invaso Mulargia al Settembre 1992

### Interpretazione dei risultati

Le quantità di sedimento presenti nei due invasi, seppur modeste, non pare siano da attribuire in modo preminente alla produzione di sedimenti nei bacini idrografici. Infatti, considerando le caratteristiche non eccessivamente dissimili dei bacini imbriferi, la quantità maggiore di sedimenti si sarebbe dovuta trovare nel Flumendosa, che ha un bacino idrografico di 752 km<sup>2</sup> contro i 178 km<sup>2</sup> del bacino del Mulargia. Un altro elemento che ci induce a pensare che i materiali non provengano prevalentemente dai bacini tributari è la loro composizione granulometrica. Mediamente i sedimenti del Flumendosa hanno un contenuto di sabbia (fra grossa e fine) del 54%, mentre quelli del Mulargia ne contengono il 52,5% (fig.5). Le torbide campionate durante gli eventi di piena sugli immissari degli invasi, presentano invece una carica solida scarsa, e comunque a tessitura finissima. Se la presenza del sedimento nei serbatoi venisse imputata alla sola erosione di bacino, allora, la presenza di una quantità così elevata di sabbia grossa e fine nei sedimenti, indicherebbe un'erosione enorme, visto che il sedimento è la quantità netta che perviene al

lago dopo il processo di rideposizione nel bacino, che avviene prevalentemente a carico delle sabbie.

Da queste considerazioni si avvalorava sempre di più l'ipotesi che l'apporto di sedimenti nei due invasi sia dovuto a fattori interni alla zona stessa di invaso, quali la dinamica di sponda e l'azione antropica sulle superfici rese temporaneamente scoperte dall'alternanza dei periodi di piena e di magra.

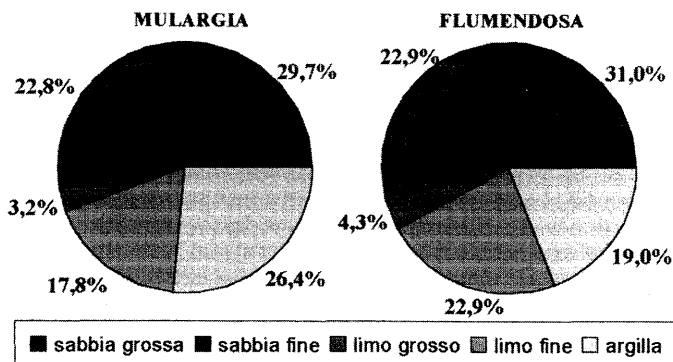


Fig. 5. Composizione granulometrica media dei sedimenti nei due invasi

### Dinamica di sponda

Nella parte meridionale della Sardegna i venti provengono prevalentemente dai quadranti settentrionali ed hanno velocità medie piuttosto elevate, con punte massime sopra i 70 km/h (Botti e Silvano, 1993).

Nell'infrangersi delle onde sulla linea di costa, si produce l'erosione dei materiali presenti sulla sponda, cioè dei sedimenti o del suolo preesistente alla costruzione dell'invaso. Le correnti di sponda, generate dal moto ondoso, trasportano il materiale rimosso nelle zone più interne del serbatoio.

E' noto che l'erosione di sponda contribuisce significativamente all'accumulo di materiali sul fondo degli invasi, soprattutto di quelli fortemente battuti dai venti (Carsten e Solvik, 1980); pertanto anche per i due invasi Flumendosa e Mulargia, ove il moto ondoso è notevole a causa dell'orientamento degli specchi in direzione favorevole ai venti dominanti, essa gioca un ruolo importante.

Il Flumendosa, pur essendo incassato in una gola, ha l'asse principale dell'invaso in direzione dei venti dominanti, e questo facilita il moto ondoso.

La superficie del Mulargia, soprattutto nel corpo centrale, presenta spazi molto aperti che consentono il raggiungimento di altezze e lunghezze d'onda in equilibrio con la velocità del vento.

Un contributo notevole di sedimenti al fondo dei serbatoi si verifica in occasione di frane di sponda, causate prevalentemente dallo scalzamento al piede esercitato dalle onde e dall'abbassamento rapido del livello del serbatoio.

Quando, a causa di un notevole prelievo di acqua il livello del lago si abbassa velocemente, si genera una rimozione rapida dell'acqua dal sistema dei pori, con conseguente caduta della pressione stabilizzatrice dell'acqua e possibilità di frana.

Inoltre, con l'abbassamento rapido del livello, la falda di costa non riesce ad abbassarsi

alla medesima velocità e si possono formare degli pseudo-rills in corrispondenza della sorgiva.

Si produce, così, un'erosione in questa zona con conseguente scalzamento al piede ed aumento del rischio di frana.

Nei due serbatoi sono facilmente visibili frane di sponda diffuse, che, considerando la lunghezza delle sponde, senz'altro contribuiscono all'accumulo di materiale sul fondo.

### **Erosione dei suoli all'interno della zona d'invaso**

Un altro fattore che determina la produzione di sedimenti è la riattivazione dell'erosione dei suoli all'interno della zona di invaso, accelerata dall'attività agricola che vi si svolge abusivamente su ampie superfici.

Nella zona d'invaso del Mulargia si è osservata la diffusa presenza di solchi di erosione su grandi estensioni fresate e seminate in autunno; pertanto è logico supporre che nei 35 anni di esercizio del lago Mulargia l'erosione interna alla zona di invaso abbia determinato apporti notevoli di sedimento.

Anche per il serbatoio Flumendosa valgono queste considerazioni. In esso l'agricoltura abusiva viene condotta su superfici più modeste rispetto al Mulargia, ma si svolge su pendenze più elevate, causando notevoli apporti solidi in occasione degli eventi idrometeorici che caratterizzano i periodi delle piene improvvise.

I suoli e i sedimenti della zona di sponda, dopo la lavorazione, presentano una massa volumica più bassa e sono più facilmente aggredibili dall'onda battente; pertanto, la coltivazione abusiva dovrebbe essere assolutamente interdetta anche per l'accelerazione dell'erosione di sponda che essa determina. Infine non bisogna dimenticare l'incremento del rilascio di nutrienti causato da eventuali concimazioni, e dall'aumentata mineralizzazione della sostanza organica indotta dalle lavorazioni.

### **Validazione del sistema di rilievo tramite GPS**

Come detto, i rilievi sedimentari sono stati effettuati con un profilatore sonar di fondale rilevando la posizione dell'imbarcazione con il sistema di posizionamento satellitare GPS differenziale (Global Positioning System).

Il GPS si basa su una costellazione di satelliti della serie NAVSTAR (del Dipartimento della Difesa U.S.A.) che orbitano intorno alla terra a circa 20.000 km di distanza.

La definizione della posizione viene fatta misurando la distanza che separa l'antenna dello strumento a terra, da almeno 3 di questi satelliti.

Il ricevitore GPS ed i satelliti sono sincronizzati; pertanto la distanza viene calcolata dalla velocità del segnale radio e dal tempo che esso impiega ad arrivare a terra.

Prima dell'avvento del GPS, ciascuna posizione della barca veniva rilevata, a fermo, con un rilievo topografico classico.

Nel rilievo con GPS le misure vengono invece effettuate in movimento; pertanto l'acquisizione delle posizioni avviene registrando su un file una serie di "waypoints", ciascuno dei quali acquisisce una singola registrazione GPS.

Per ottenere precisioni dell'ordine delle decine di centimetri, occorrerebbe poter sostare su ciascuna posizione per almeno 3 minuti, acquisendo un certo numero di posizioni da mediare.

Poiché invece nel rilievo "single fix", si registra una sola misura per ciascuna posizione della barca, prima di sostituire la metodologia topografica classica con la nuova, abbiamo voluto verificare la bontà delle misure, simulando l'errore introdotto dal GPS quando viene utilizzato in questa modalità.

Considerando l'insieme di punti, rilevati in continuo su una posizione fissa, essi si presentano come una nuvola nella quale più del 90% delle posizioni è compresa entro i 5 metri dalla posizione media (fig.6). Solo raramente, e per pochi secondi, la semina dei punti segue una path che si allontana sensibilmente da questa posizione.

Per validare la metodologia si è operato in questo modo: per alcuni serbatoi, nei quali le posizioni pachimetriche erano state rilevate con strumento topografico, si è introdotto un errore di 15 metri su ciascuna posizione, pari cioè allo scostamento massimo che si può rilevare su un punto fisso. Ciascun punto di rilievo è stato cioè allontanato di 15 metri dalla sua posizione corretta.

La direzione dello spostamento è quella ricavata dal rilievo della postazione fissa di fig.6 (trigonometrico. M.Nero - Pisa), congiungendo la posizione media con i singoli punti di rilievo GPS in sequenza temporale.

Ad esempio, per il primo punto barca la direzione dello spostamento è quella della congiungente il centro con il primo punto. Il secondo punto è stato spostato di 15 metri nella direzione della congiungente il centro con il secondo punto, e così via.

Si è poi confrontato il valore di sedimentazione da rilievo topografico classico con quello ottenuto introducendo quest'errore, che senz'altro è di gran lunga superiore a quello che si può verificare con rilievo GPS nella modalità descritta, in quanto non è possibile che si verifichi sempre un errore di 15 metri.

I serbatoi presi in considerazione sono 3 (tab.1), di diversa forma e dimensione.

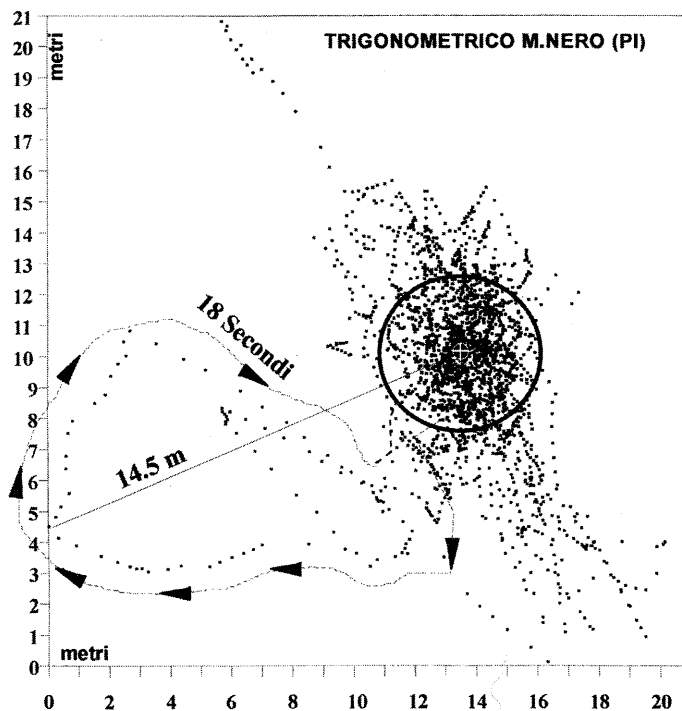


Fig. 6. Tipica distribuzione delle posizioni rilevate su una posizione fissa con GPS differenziale. La zona cerchiata contiene il 90% delle posizioni. Le frecce indicano un sentiero di semina di punti molto discosto dalla posizione vera (al centro del cerchio) e la durata di tale incongruenza.

Diga	Capacità 6 m <sup>3</sup> x 10	Specchio km <sup>2</sup>	Sedimento rilievo topografico	Sedimento con simulazione di errore	Diff.
Camastra (PZ)	25	231	1.185.466	1.189.293	+0,3%
S. Luce (PI9)	5,2	1,5	632.968	671.734	+6%
Vicarello (PI)	8,189	0,043	31.330	27.298	-13%

*Tab.1. Serbatoi di collaudo della procedura di rilievo GPS.*

Per la diga Camastra, introducendo l'errore, i valori di volume di sedimento differiscono dal reale di circa 4000 m<sup>3</sup>, pari ad un errore dello 0,3% (Baldassarre et al., 1993). Nel rilievo del serbatoio di S.Luce di proprietà Solvay, in provincia di Pisa, modificando le posizioni dei punti di rilievo si ottiene un errore del 6% nella misura del sedimento passando da 633.000 m<sup>3</sup> a 672.000 m<sup>3</sup>.

Infine per il laghetto collinare Cavalcanti, con una superficie di 4,3 ettari ed un volume di 189.000 m<sup>3</sup> si osserva un errore del 13%, passando dai 31.300 m<sup>3</sup> osservati ai 27.300 m<sup>3</sup> introducendo l'errore (Bazzoffi e Panicucci, 1983; Bazzoffi e Pellegrini, 1992).

Oltre alla verifica fatta con l'introduzione dell'errore, si è fatta anche una verifica diretta in campo. Sul lago Mulargia, per un certo numero di punti, si è effettuato un rilievo contemporaneo con GPS e con una stazione topografica totale, costituita da un geodimetro a raggi infrarossi accoppiato ad un teodolite.

Anche in questo caso i risultati sono stati pressoché coincidenti. Pertanto, considerando che con il GPS si rileva un numero assai maggiore di posizioni bato-pachimetriche rispetto al rilievo topografico classico, e che nella realtà l'errore di posizionamento non si può mai verificare in modo così grande come nelle simulazioni effettuate, si può affermare che la metodologia GPS sia senz'altro proponibile per il rilievo della sedimentazione nei serbatoi, compresi quelli di piccola cubatura.

### **Contributi**

P.Bazzoffi: Sedimentometria, impostazione ed esecuzione dei rilievi, sviluppo software, elaborazione dati ed interpretazione. Validazione GPS.

S.Pellegrini: Analisi sedimenti.

S.Vacca: Promozione della ricerca, coordinamento scientifico.



## Bibliografia

- Baldassarre G., Radina B., Bazzoffi P., Pellegrini S., 1993 - Evaluation of erosion in the Camastra basin (Southern Appennines, Italy). Geotechnical Engineering of Hard Soil - Soft Rocks, Anagnostopoulos et al. (eds).1993 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 344 2. Proceedings of an Int. Symposium. Athens - Greece 20-23 Sept.1993. pp. 1057-1063.
- Bazzoffi P., 1987 - Previsione dell'interrimento nei serbatoi artificiali italiani - modello P.I.S.A.. Idrotecnica. L'acqua nell'Agricoltura, nell'Igiene, nell'Industria. n.1/1987, pp. 5-17.
- Bazzoffi P., Baldassarre G., Pellegrini S. - Valutazione della sedimentazione nell'invaso di Ponte delle Fontanelle (Potenza) e dell'erosione nel bacino idrografico tributario. Workshop "Il controllo del processo di sedimentazione e della qualità delle acque negli invasi artificiali" tenutosi a Potenza il 27/1/1995 (in stampa).
- Bazzoffi P., Panicucci M., 1983 - Erosione sui versanti e conseguente sedimentazione in piccoli serbatoi artificiali. Nota I.- Confronto fra il valore risultante dai rilievi sedimentometrici e dal bilancio del radionuclide Cs-137 da fall-out derivato da esplosioni nucleari. Annali Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo. Firenze. Vol. XIV. pp. 127-178.
- Bazzoffi P., Pellegrini S.,1992 - Erosione sui versanti e sedimentazione in un serbatoio artificiale della Valdera. Validazione della procedura E.A.R.M. per la previsione della distribuzione spaziale dei sedimenti. Idrotecnica - L'acqua nell'Agricoltura, nell'Igiene, nell'Industria. n. 4/1992, pp. 217-228.
- Botti P., Silvano R., 1993. Climatologia ed Idrologia. Allegato allo studio "Analisi sulle cause dell'eutrofizzazione delle acque del sistema idraulico Flumendosa-Campidano in relazione all'applicazione della direttiva CEE sulle acque potabili." Ed. Ente Autonomo del Flumendosa - Cagliari.
- U.S.D.A., 1979 - Field Manual for Research in Agricultural Hydrology. Handbook N.224. Ed. United States Department of Agriculture, Science and Education Administration, pp. 547.
- Vacca S., Bazzoffi P., Arangino F.,1989. - Indagini sulle cause e sui processi trofici dell'invaso del Mulargia (Sardegna centro-meridionale). Aspetti relativi ai sedimenti. Atti I Congresso Internazionale di Geoidrologia. - L'antropizzazione e la degradazione dell'ambiente fisico. Firenze, Pal. Affari 2-6 Dicembre 1987.

# **LE UTILIZZAZIONI DI UNA CARTOGRAFIA PEDOPAESAGGISTICA NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE DELLA PROVINCIA DI CREMONA**

**R. Zanoni, Provincia di Cremona**

## **Riassunto**

Nel corso del 1994 la Provincia di Cremona ha iniziato, insieme al Politecnico di Milano-Dipartimento di Scienze del Territorio, gli studi preliminari alla stesura del Piano Territoriale di Coordinamento, ex lege 142/90.

Nell'ambito delle analisi relative al sistema fisico-naturale, si è ravvisata la necessità di suddividere il territorio provinciale in aree ambientalmente omogenee, ciascuna delle quali potesse essere messa a confronto con ipotetiche modificazioni delle destinazioni d'uso dei suoli o con l'utilizzo agricolo o naturalistico.

A tale scopo si è utilizzata la cartografia "Paesaggi e suoli della provincia di Cremona" (scala 1:100.000), redatta dall'ERSAL e dalla Provincia. Questo documento, pur fornendo una rappresentazione complessiva delle caratteristiche fisico-naturali provinciali, con particolare riferimento agli aspetti geomorfologici e pedologici, suddivide il territorio in aree omogenee (ovviamente a scala di riconoscimento, quindi adeguata per pianificazioni d'area vasta).

Sono state derivate le interpretazioni relative alla capacità d'uso dei suoli, alle rilevanze paesistico-ambientali ed alla vulnerabilità verticale dell'acquifero, che, integrate da informazioni sulla qualità biotica, sono state poste a confronto, tramite una matrice delle potenzialità fisico-naturali, con le possibili destinazioni d'uso (strutture, mobilità, industria, servizi, residenza, allevamenti intensivi) e con le valutazioni d'idoneità all'uso naturalistico, agricolo intensivo ed estensivo.

I giudizi espressi nella matrice, servono d'orientamento per la localizzazione ottimale degli usi del suolo e per la verifica delle loro compatibilità ambientale a scala provinciale.

## **Carta "paesaggi e suoli della provincia di Cremona"**

Questa carta (detta anche pedopaesaggistica) è stata redatta dall'ERSAL e dalla Provincia di Cremona alla scala 1:100.000, utilizzando, come base topografica, la riduzione fotomeccanica del supporto cartografico delle carte tematiche (scala 1:50.000) della Regione Lombardia.

In via preliminare è stata realizzata la fotointerpretazione basata sull'analisi fisiografica, cioè sull'esame comparato tra le forme del territorio e alcune caratteristiche ambientali (vegetazione, idrografia, drenaggio superficiale e attività umane) e sulla conoscenza delle relazioni esistenti fra tali aspetti della fisiografia e le caratteristiche evolutive e funzionali dei suoli.

Per agevolare l'analisi fisiografica sono state perciò raccolte svariate informazioni relative al territorio cremonese relativamente alle seguenti caratteristiche ambientali: clima, altitudine, idrografia e drenaggio superficiale, geologia, litologia, idrogeologia, geomorfologia, uso del suolo passato ed attuale. Sono state frequentemente utilizzate, e in gran parte implementate, le informazioni relative agli studi per il piano paesistico provinciale, con specifico riferimento ai caratteri geomorfologici e paesaggistici.

La fotointerpretazione è stata eseguita su foto aeree dell'I.G.M. realizzate in bianco e nero

nel 1954-1955 (scala 1:33.000 circa) e su fotogrammi a colori della Regione Lombardia realizzati nel 1980 (scala 1:20.000 circa); essa è risultata una fase fondamentale nella definizione di una carta di unità di paesaggio omogenee dal punto di vista genetico-evolutivo.

La fotointerpretazione preliminare ha consentito la delimitazione dei sistemi e delle unità di paesaggio oltre che la scelta di aree su cui effettuare campionamenti e verifiche dei limiti tracciati. In seguito alle conoscenze acquisite in studi precedenti e mediante uno specifico rilevamento pedologico, è stato possibile affrontare la stesura della Carta pedopaesaggistica.

La carta delle unità di paesaggio è stata così arricchita di contenuti pedoambientali attraverso l'elaborazione di una legenda a tre livelli gerarchici relativamente agli attributi paesistici (sistema, sottosistema e unità di paesaggio). Un'ulteriore chiave di lettura ai pedopaesaggi cremonesi è costituita dalla suddivisione in otto ambiti geografici (fig. 1).

### **Interpretazioni della carta "paesaggi e suoli"**

La carta sopra descritta rappresenta uno strumento di base per la conoscenza dell'ambiente e dei suoli provinciali; essa, essendo a scala di riconoscimento, è adeguata per pianificazioni di area vasta. Tuttavia, le informazioni che contiene sono espresse in forma non sempre comprensibile per gli utilizzatori finali. Per questo, dalla carta è possibile trarre, talvolta con le necessarie integrazioni, una serie di carte derivate, di più immediato uso, nelle quali i contenuti della carta pedopaesaggistica vengono ulteriormente elaborati per poter essere impiegati a fini di pianificazione e programmazione del territorio sotto i vari aspetti dell'agricoltura, dell'ambiente, dell'urbanistica.

Esse saranno perciò utili per la redazione di piani comunali, per prendere decisioni nei riguardi di eventuali espansioni urbane, l'insediamento di nuovi allevamenti suinicoli o zootecnici da carne specializzati, attività estrattive ed altro; per impostare la pianificazione agricola dal punto di vista dell'assistenza tecnica e delle scelte concernenti la bonifica e l'irrigazione. Tenendo in attenta considerazione le caratteristiche peculiari della provincia fu decisa la preparazione di documenti utili alla pianificazione territoriale alla scala di riconoscimento.

Le interpretazioni esplicitate sotto forma di carte tematiche in scala 1:100.000 (realizzate secondo metodologie consolidate o originalmente elaborate) e qui di seguito commentate sono:

- Carta delle capacità d'uso dei suoli
- Carta delle rilevanze paesistico-ambientali
- Carta della vulnerabilità verticale dell'acquifero

### **Carta delle capacità d'uso dei suoli**

La carta delle capacità d'uso dei suoli ha lo scopo precipuo di fornire materiale di facile consultazione per poter operare nel campo della pianificazione territoriale locale in aree come quella studiata, importanti dal punto di vista produttivo ma anche notevolmente sollecitate alla trasformazione d'uso.

Essa è valida a fini programmatori in quanto consente di proteggere i suoli agronomicamente più pregiati creando fondate possibilità d'uso in armonia con le naturali limitazioni ambientali e interne ai suoli.

I criteri adottati per la suddivisione del territorio in base alla valutazione della capacità d'uso dei suoli ai fini agro-silvo-pastorali, secondo lo schema redatto dall'ERSAL, discendono direttamente dalla "Land Capability Classification" (L.C.C.), classificazione

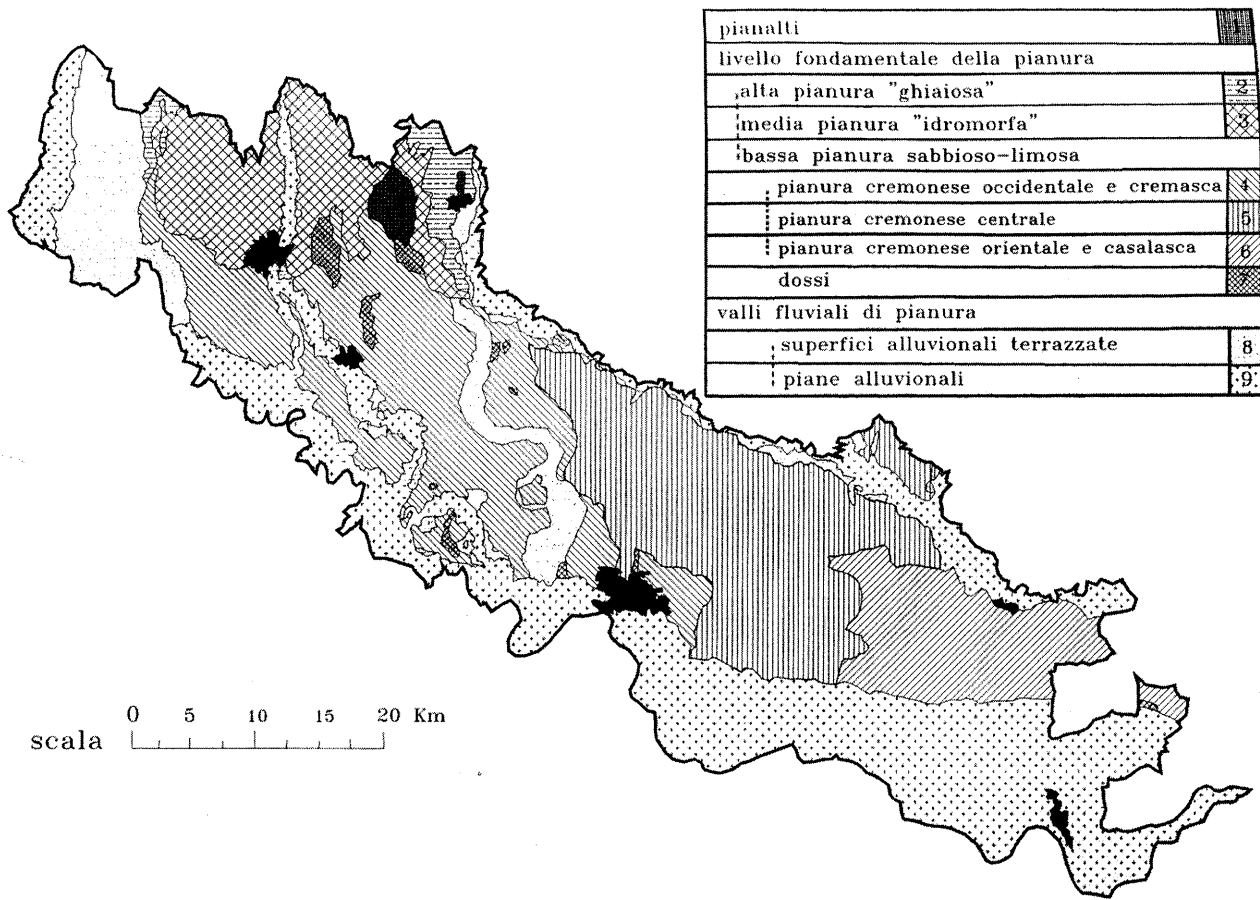


Fig. 1 - Crta schematica dei principali ambiti pedopaesaggistici.

elaborata nel 1961 dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America (USDA).

Questo sistema prevede l'attribuzione di porzioni del territorio a categorie, classi, sottoclassi, unità in base al numero, al tipo e alla gravità delle limitazioni fisiche alla crescita delle colture.

Le classi, il più altro livello della gerarchia, sono otto e vengono designate da un numero romano.

Le classi da I a IV individuano i suoli adatti all'agricoltura, quelle dalla V alla VII i suoli adatti al pascolo e alla forestazione, mentre la classe VIII evidenzia i suoli inadatti ad utilizzazioni agro-silvo-pastorali.

I territori classificati in una classe sono paragonabili per la gravità (il peso) delle limitazioni, anche se queste non sono necessariamente le stesse; così suoli molto diversi possono rientrare nella medesima classe.

Le sottoclassi specificano all'interno di ciascuna classe in modo generico il tipo di limitazione che interessa l'uso del suolo tramite le seguenti lettere minuscole:

- e = limitazioni legate al rischio di erosione;
- w = limitazioni legate all'abbondante presenza di acqua, dentro e sopra il suolo, sì da interferire con il normale sviluppo delle colture;
- s = limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo come l'abbondante pietrosità, la scarsa profondità, la sfavorevole tessitura e lavorabilità ed altre;
- c = limitazioni legate a sfavorevoli condizioni climatiche.

Questi suffissi seguono il numero della classe (ad esclusione della I che non ha sottoclassi) e definiscono la sottoclasse (IIIsw, IIs). I simboli che contraddistinguono il livello della sottoclasse raggruppano ciascuno diverse limitazioni che sono individuabili secondo due grossi ambiti: le limitazioni dovute al suolo e le limitazioni dovute all'ambiente.

Le prime, relative alle caratteristiche negative del suolo, sono le più importanti in un ambiente poco diversificato come quello della pianura e determinano una penalizzazione fino alla V classe. Il più basso livello gerarchico infine è costituito dalla unità di capacità d'uso, i cui suoli rispondono in modo simile ai diversi sistemi di conduzione, sono sufficientemente uniformi per ospitare specie di colture simili, presentano potenzialità produttive comparabili e richiedono interventi conservativi uguali. Esse vengono definite aggiungendo un numero arabo alla classe e sottoclasse (III sw1, dove III è la classe, sw la sottoclasse, 1 l'unità di capacità d'uso). Nella elaborazione proposta, il territorio è stato suddiviso, vista la scala poco dettagliata, fino al livello di sottoclassi. Le classi di capacità d'uso rilevate vanno dalla I alla V (golene aperte), con prevalenza di suoli ad elevata vocazione produttiva. Esse sono state raggruppate, per motivi di sintesi, secondo tale modalità: ALTA (I + II), MEDIA (III + IV), BASSA (V).

### **Carta delle rilevanze paesistico-ambientali**

La sempre crescente necessità di conoscenza delle realtà fisico-ambientali richiede l'elaborazione di documenti cartografici in cui siano evidenziate e descritte le diverse unità fisiografiche che compongono un determinato territorio; quest'ultimo è in qualche modo scomponibile in unità relativamente omogenee, aventi una storia evolutiva peculiare attualmente leggibile o interpretabile sulla base delle forme e delle qualità pedoambientali. Risulta perciò quanto mai opportuno il censimento e la caratterizzazione di tali unità di paesaggio, per una corretta comprensione dei diversi fenomeni evolutivi che hanno plasmato il territorio, attualmente riflettentisi in modo inequivocabile sulla sua utilizzazione, più o meno corretta, da parte dell'uomo.

La elaborazione è stata effettuata sulla base delle informazioni raccolte tramite la ricerca bibliografica (sono state in larga parte utilizzate le informazioni contenute nell'ipotesi di piano territoriale paesistico provinciale, con particolare riferimento alle analisi geomorfologiche e paesaggistiche), la fotointerpretazione ed il rilevamento dei suoli, associando, ad ogni unità della carta pedopaesaggistica, una sintetica descrizione dei suoi caratteri principali (origine, forma, aspetti fisico-ambientali dominanti).

All'interno di ogni unità di paesaggio sono talvolta presenti elementi puntiformi (testate di fontanili) e lineari (scarpate di terrazzi fluviali e corsi d'acqua alberati ad andamento naturale), aventi un elevato valore storico, naturale e paesaggistico, che non è stato possibile evidenziare a tale scala.

La valutazione della rilevanza paesaggistico-ambientale di ciascuna unità cartografica della carta pedo-paesaggistica ha comportato l'individuazione di 4 classi: ALTA, MEDIO-ALTA, MEDIO-BASSA, BASSA.

La valutazione del paesaggio è stata effettuata prevalentemente in chiave fisico-morfologica, attribuendo valori elevati agli elementi che presentano caratteri di unicità in ambito provinciale (pianalto della Melotta e di Soncino), che testimoniano l'azione modellante dei fiumi Po, Oglio Adda, Serio (valli fluviali attuali e relitte, paleoalvei, dossi), che si caratterizzano per la presenza di fontanili.

La graduazione del giudizio di rilevanza rispetto a ciascuna unità è stata effettuata considerando il diverso combinarsi delle condizioni sopracitate, tenendo come riferimento (salvo differenti valutazioni, talvolta dovute alle differenti basi cartografiche di partenza) le proposte dell'ipotesi di piano territoriale paesistico, elaborata dalla Provincia nel 1989.

#### Carta della vulnerabilità verticale

La vulnerabilità verticale naturale (o intrinseca) di un acquifero rappresenta la facilità con cui un inquinante fluido riversato sulla superficie del suolo può raggiungere l'acquifero; essa dipende dalla permeabilità del non saturo (suolo + substrato), dal suo spessore e dalla soggiacenza della 1<sup>a</sup> falda. La Carta realizzata offre una valutazione complessiva della vulnerabilità verticale del territorio provinciale, utile per un inquadramento generale preventivo e di indirizzo in vista di lavori di maggior dettaglio.

La carta della vulnerabilità è stata redatta utilizzando la documentazione esistente ed in particolare la carta "Paesaggi e Suoli della Provincia di Cremona" (ERSAL - Provincia di Cremona, 1994) ed i dati ENEA sulla litologia del substrato e sulla soggiacenza della 1<sup>a</sup> falda ("*Individuazione di Aree Potenzialmente idonee all'insediamento di impianti di scarica per rifiuti di prima categoria nella provincia di Cremona*", ENEA 1992). Similmente al lavoro eseguito dell'ENEA, la valutazione della vulnerabilità è stata espressa in termini di rischio relativo fra le diverse aree, discretizzando il territorio secondo 4 classi di vulnerabilità (riducibili a 3 nel caso venga richiesta una maggiore sintesi):

<b>VULNERABILITA' VERTICALE</b>	<b>INDICE DI RISCHIO RELATIVO</b>
ALTA	300 - 30000
MEDIO ALTA	30 - 300
MEDIO BASSA	3 - 30
BASSA	1 - 3

La suddivisione del territorio provinciale è stata effettuata a partire dalle unità cartografiche della Carta pedopaesaggistica, valutando per ciascuna di esse il potere protettivo offerto dalle tipologie medie di suolo, del substrato e la soggiacenza media della 1<sup>a</sup> falda; più precisamente tale valutazione ha comportato inizialmente una stima dei tempi (teorici) di arrivo di un inquinante dalla superficie del suolo all'acquifero nelle diverse unità carto-

grafiche, assegnando successivamente ad esse un indice di Rischio Relativo (inversamente proporzionale ai tempi stimati), ponendo arbitrariamente valore 1 all'indice di Rischio dato dalla situazione di massima protettività (corrispondente al caso di minima permeabilità di suolo e substrato e massima soggiacenza della falda).

La Carta così ottenuta evidenzia, in sostanziale accordo col lavoro ENEA, come buona parte del territorio provinciale si trovi in situazione di vulnerabilità Alta o Medio-Alta, fatta eccezione per il Pianalto di Romanengo e Soncino ed alcune aree a SE di Cremona.

La procedura seguita per produrre la Carta della vulnerabilità verticale offre evidentemente solo indicazioni di massima valide, vista l'impostazione del lavoro, come inquadramento generale; una fase successiva potrebbe consentire la valutazione delle singole delimitazioni cartografiche, assegnando ad ognuna un dato valore di vulnerabilità (indipendentemente quindi dalla valutazione media assegnata alla unità cartografica di appartenenza). La mancanza di uno studio idrogeologico di maggior dettaglio rispetto a quelli esistenti non ha consentito l'utilizzo di metodologie di analisi più precise.

### **Il sistema informativo del Piano Territoriale di Coordinamento**

L'approccio al piano fa riferimento a un sistema informativo, descrittivo e interpretativo della realtà provinciale, che deve essere sistematicamente aggiornato e integrato. Nella fase attuale il sistema informativo è costituito da alcuni dati statistici sul sistema socio-economico e delle polarità urbane e da carte di sintesi. Queste carte vanno interpretate come un primo tassello per la costruzione di un Atlante Ambientale con cui supportare le decisioni di intervento.

In particolare è opportuno soffermarsi sul sistema di carte che fa capo alla carta della potenzialità d'uso, in quanto le procedure d'indagine costituiscono uno degli aspetti peculiari di tutta l'impostazione del piano. Il metodo adottato per la redazione di questo tipo di carta trova i suoi riferimenti nell'analisi di idoneità, di cui viene utilizzata la tecnica di sovrapposizione delle carte tematiche per rappresentare le relazioni tra i fattori di analisi in modo logico-descrittivo, consentendo di ottenere informazioni più adatte alle esigenze della pianificazione rispetto alla tecnica numerica. Questo metodo consente inoltre di rendere trasparenti i diversi passaggi che vengono effettuati e di poterli ripercorrere in caso di ridefinizione dei criteri di classificazione o di aggiunta di nuove informazioni. Esso si articola in tre fasi. Nella prima è prevista la realizzazione di carte tematiche atte a rappresentare e a classificare i fattori ambientali in modo da renderne possibile la sovrapposizione. Nella fase successiva queste carte vengono aggregate secondo criteri espliciti per consentire di realizzare la carta delle sensibilità fisico-naturali e quella delle criticità fisico-naturali.

La carta delle sensibilità rappresenta le caratteristiche intrinseche delle risorse - quali la vulnerabilità, la capacità di carico, l'unicità - secondo differenti livelli di qualità, suddividendo il territorio in aree che presentano caratteri di omogeneità rispetto al loro possibile utilizzo per valutare, nella localizzazione degli interventi, gli elementi di pregio presenti nel territorio stesso. Come detto in precedenza per la sua realizzazione sono stati individuati quattro tematismi: la rilevanza del paesaggio, la vulnerabilità verticale delle acque sotterranee, la capacità d'uso del suolo e la qualità biotica. I primi tre tematismi vengono direttamente riferiti alle unità cartografiche della carta "Paesaggi e suoli della provincia di Cremona". I relativi valori sono assegnati secondo il criterio di prevalenza. Il quarto tematismo, pur essendo riferito alle unità cartografiche, è autonomo da esse e quindi può portare a una loro suddivisione. La carta delle criticità rappresenta le situazioni e i livelli di degrado ambientale provocati dall'intervento umano ed è finalizzata a individuare i tipi di interventi di riqualificazione e le priorità le possibilità di realizzazione. Essa sarà ottenuta attraverso la sovrapposizione cartografica di tematismi quali la qualità delle acque

superficiali e di quelle sotterranee e la qualità dell'aria. Dalla sovrapposizione di questi indicatori verranno individuate le unità territoriali che presentano al loro interno dei caratteri omogenei rispetto al loro possibile utilizzo. La sovrapposizione delle informazioni contenute in queste due prime carte di sintesi porterà nella terza fase alla redazione della carta delle potenzialità fisico-naturali, il cui scopo è di supportare l'elaborazione e la valutazione delle scelte di piano: mediante il suo confronto con le scelte di piano riportate nella carta relativa si otterrà la carta delle congruità e dei contrasti fisico-naturali. Nell'attuale fase di elaborazione del piano la carta delle congruità e contrasti viene realizzata per valutare le previsioni degli strumenti urbanistici comunali e dei grandi progetti che interessano il territorio provinciale.

In attesa che venga realizzata la carta delle potenzialità come precedentemente descritta, sono state elaborate una prima versione della carta e della matrice delle potenzialità riferite alla Carta delle sensibilità fisico-naturali. Nella matrice (di cui un estratto parziale in fig. 2) sono indicati, per ogni unità pedopaesaggio (valutandone in modo combinato, vulnerabilità verticale dell'acquifero, capacità d'uso del suolo, rilevanza paesaggistica e qualità biotica), i giudizi di compatibilità rispetto alla localizzazione di alcune tipologie di strutture ed infrastrutture. Sono altresì riportati giudizi rispetto all'idoneità all'uso naturalistico, agricolo estensivo ed intensivo. La matrice potrà perciò consentire una preliminare valutazione delle vocazioni e delle limitazioni fisico-naturali del territorio, onde meglio programmarne le diverse destinazioni d'uso.

### **Conclusioni**

Da quanto esposto risulta evidente il supporto fornito dalla cartografia "Paesaggi e suoli della provincia di Cremona" alle attività inerenti il Piano Territoriale di Coordinamento. Tale carta costituisce una fonte primaria di informazioni sull'ambiente fisico provinciale, nonché lo strumento di riferimento per le valutazioni sulle possibili destinazioni d'uso del territorio.



Unità fisico-naturale	Vulnerab. verticale acquifero	Capacità d'uso del suolo	Rilevanza paesaggio	Qualità biotica	Potenziali destinazioni d'uso								Idoneità all'uso		
					Strutture mobilità		Industria a impatto		Servizi alla produzione	Residenza e assimilabili	Servizi alla persona	Allevamenti intensivi	Naturalistico	Agricolo estensivo	Agricolo intensivo
					Ferro	Gomma	Elevato	Contenuto							
1A	B	M	A	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
1B	B	M	A	B	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Alta	Media
2A	A	M	Mb	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
2B	A	M	Mb	B	Pocomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Incomp.	Incomp.	Media	Alta	Bassa
3A	Ma	A	Mb	A	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
3B	Ma	A	Mb	B	Parcomp.	Pocomp.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Pocomp.	Pocomp.	Pocomp.	Media	Media	Media
4A	A	M	Mb	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
4B	A	M	Mb	B	Pocomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Pocomp.	Incomp.	Media	Alta	Bassa
5A	A	M	Ma	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
5B	A	M	Ma	B	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Alta	Bassa
6A	A	M	A	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
6B	A	M	A	B	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Pocomp.	Incomp.	Alta	Alta	Bassa
6A*	A	M	A	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
6B*	A	M	A	B	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Pocomp.	Incomp.	Alta	Alta	Bassa
7A	Ma	A	Mb	A	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
7B	Ma	A	Mb	B	Parcomp.	Pocomp.	Incomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Pocomp.	Pocomp.	Media	Media	Alta
8A	Mb	A	Mb	A	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
8B	Mb	A	Mb	B	Parcomp.	Pocomp.	Incomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Pocomp.	Pocomp.	Media	Media	Alta
9A	A	A	Ma	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
9B	A	A	Ma	B	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Alta	Bassa
10A	Ma	A	B	A	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
10B	Ma	A	B	B	Parcomp.	Pocomp.	Incomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Pocomp.	Pocomp.	Bassa	Media	Alta
11A	Ma	A	B	A	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
11B	Ma	A	B	B	Parcomp.	Pocomp.	Incomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Pocomp.	Pocomp.	Bassa	Media	Alta
12A	B	A	B	A	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
12B	B	A	B	B	Comp.	Parcomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Parcomp.	Parcomp.	Comp.	Bassa	Media	Alta
13A	Ma	A	B	A	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
13B	Ma	A	B	B	Parcomp.	Pocomp.	Incomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Pocomp.	Pocomp.	Bassa	Media	Alta
14A	Ma	A	B	A	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
14B	Ma	A	B	B	Parcomp.	Pocomp.	Incomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Pocomp.	Pocomp.	Bassa	Media	Alta
14A*	Ma	A	B	A	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
14B*	Ma	A	B	B	Parcomp.	Pocomp.	Parcomp.	Pocomp.	Parcomp.	Parcomp.	Pocomp.	Pocomp.	Bassa	Media	Alta
15A	Mb	M	B	A	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Media	Bassa
15B	Mb	M	B	B	Comp.	Comp.	Pocomp.	Parcomp.	Comp.	Comp.	Parcomp.	Comp.	Bassa	Media	Media
16A	Ma	A	Ma	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
16B	Ma	A	Ma	B	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Alta	Media
17A	A	M	Ma	A	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Inacc.	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Inacc.	Alta	Media	Bassa
17B	A	M	Ma	B	Incomp.	Incomp.	Inacc.	Incomp.	Pocomp.	Pocomp.	Incomp.	Incomp.	Alta	Alta	Bassa

Unità fisico naturali con Alta qualità biotica presenti nel territorio provinciale - A = Alta; Ma = medio-Alta; M = Media; Mb = medio-Bassa; B = Bassa; Comp. = compatibile; Parcomp. = parzialmente compatibile; Pocomp. = Poco compatibile; Incomp. = Incompatibile; Inacc. = inaccettabile

Fig. 2..Stralcio della matrice delle potenzialità fisico-naturali

# **EROSIONE ED USO DEL SUOLO: INDICAZIONI PER LA GESTIONE E LA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO. UN ESEMPIO NELLA SARDEGNA SUD-OCCIDENTALE.**

**D. Tomasi, collaboratore esterno MEDALUS II, Dip. Scienze della Terra, Cagliari**

**R. Puddu, collaboratore esterno MEDALUS II, Dip. Scienze della Terra, Cagliari**

**A. Vacca, ERSAT, Cagliari**

## **Riassunto**

Scopo del presente lavoro è la quantificazione dei fenomeni erosivi in tre aree a diversa utilizzazione (pascolo cespugliato abbandonato, macchia incendiata ed impianto di eucalipto) situate nel bacino del Rio Santa Lucia (Sardegna sud-occidentale), in località Is Olias, rappresentative di realtà diffuse nel territorio isolano, al fine di fornire indicazioni utili per la gestione e la pianificazione del territorio. In tali aree sono state effettuate misure di deflusso superficiale e di trasporto solido in 18 parcelle sperimentali di circa 20 m<sup>2</sup> (10 m x 2 m) sistemate a coppie nella parte superiore, intermedia ed inferiore dei versanti considerati. L'analisi, compresa tra la primavera 1992 e l'inverno 1994/95, ha evidenziato come le quantità maggiori di trasporto solido siano state registrate nelle parcelle situate nell'area impiantata ad eucalipto, con valori circa doppi rispetto a quelli registrati nelle altre due situazioni. L'applicazione di tali conoscenze può contribuire ad indirizzare la politica gestionale del territorio verso scelte compatibili con la salvaguardia e la valorizzazione della risorsa suolo.

## **1. Introduzione**

Le attività di pianificazione e gestione del territorio necessitano di un quadro conoscitivo di riferimento sulle caratteristiche dell'area di intervento. Queste informazioni derivano anche da dettagliati studi di carattere ambientale, tra cui quelli relativi alla valutazione dell'incidenza del fenomeno erosivo in funzione delle scelte d'uso. L'erosione del suolo è infatti un fenomeno naturale, determinato dalle caratteristiche ambientali tipiche di ciascuna area, che può però subire un rapido incremento in occasione di interventi antropici non razionali (Zachar, 1982). Le conseguenze di tali interventi sono state studiate in modo approfondito anche in diverse aree della penisola italiana, in particolare negli ambienti agricoli. Relativamente pochi sono invece gli studi realizzati finora su questo argomento in Sardegna (Lucci e Della Lena, 1993; Porqueddu e Roggero, 1993; Vacca et al., 1993; Vacca et al., 1994), dove i processi erosivi sono diffusi su gran parte del territorio, anche a causa della sua configurazione morfologica, ed assumono talvolta entità ragguardevoli in concomitanza di eventi piovosi particolarmente intensi, prevalentemente nel periodo autunnale, con effetti anche catastrofici. Scopo del presente lavoro è la quantificazione dei fenomeni erosivi in tre aree a diversa utilizzazione (pascolo cespugliato abbandonato, macchia incendiata ed impianto di eucalipto) situate nel bacino del Rio Santa Lucia (Sardegna sud-occidentale), in località Is Olias, rappresentative di realtà diffuse nel territorio isolano, al fine di fornire indicazioni utili per la gestione e la pianificazione del territorio.

## 2. Metodi

Il modello sperimentale utilizzato ha implicato indagini a livello areale e parcellare. In ciascuno dei tre versanti a diversa utilizzazione considerati sono state dislocate tre aree di misura, nella parte superiore, intermedia ed inferiore del versante, a costituire una catena. In ciascuna area di misura sono state delimitate, con fascioni di lamiera zincata, 2 parcelle sperimentali, larghe 2 metri e lunghe 10 m. Per ogni area di misura sono stati registrati i seguenti dati: precipitazioni (con tempo di risoluzione di 5 minuti), deflusso superficiale e trasporto solido. Altezza e densità della copertura vegetale sono state rilevate stagionalmente. La descrizione dei suoli e della pietrosità superficiale (dimensioni, densità, posizione e disposizione) è stata effettuata in un unico rilevamento.

Tutte le misure sono state eseguite in accordo col MEDALUS Field Manual (Cammeraat, 1992). La descrizione dei suoli è stata eseguita secondo i criteri delle Guidelines FAO (FAO, 1977); per la loro classificazione è stata adottata la USDA Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1992). In questo lavoro i dati raccolti sono presentati stagionalmente e per catena. L'indagine ricopre il periodo compreso tra la primavera 1992 e l'inverno 1994/95. Nel proseguo del testo l'area a pascolo cespugliato abbandonato verrà indicata come catena 1, quella a macchia incendiata come catena 2 e quella con l'impianto di eucalipto come catena 3.

## 3. Area di indagine

Lo studio è stato effettuato nel bacino del Rio Santa Lucia (Sardegna sud-occidentale), in località Is Olias (39° 11' N, 8° 57' E), nel territorio comunale di Assemini (fig. 1), nell'area di raccordo tra il settore montano e quello di pianura, in una fascia altimetrica compresa tra 253 m e 60 m sul livello del mare.

Il clima è di tipo Mediterraneo, con una media annuale delle precipitazioni di 540 mm. La variabilità annuale e mensile delle precipitazioni è estremamente elevata. Nella serie storica i valori annuali sono compresi tra 266 mm, registrati nel 1945, e 952 mm, registrati nel 1936 (Sezione Autonoma per il Servizio Idrografico della Sardegna). Significativa nei confronti dell'erosione del suolo è la frequenza relativamente elevata di eventi temporaleschi autunno-invernali con alta intensità. La temperatura media annuale è di 17° C, quella media invernale è di 10° C, e quella media estiva è di 23,7° C (Sez. Aut. per il Servizio Idrografico della Sardegna).

Le principali litologie affioranti sono costituite da metamorfiti cambro-ordoviciane e graniti tardo-ercinici, alle quote più elevate, e da depositi sedimentari continentali del Quaternario antico e recente alle quote inferiori.

La morfologia riflette i lineamenti strutturali dominanti: forme aspre e tortuose nella parte montana, dove le masse metamor-

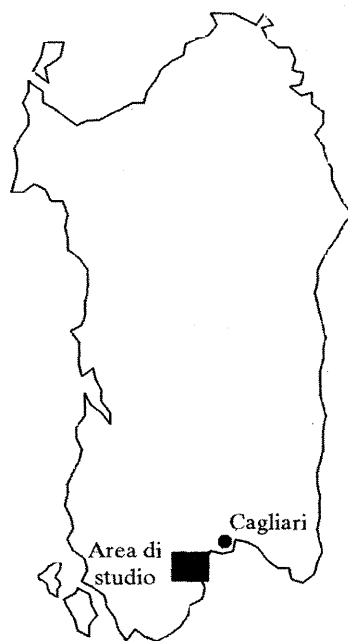


Fig. 1. Area di studio

fiche e cristalline del Paleozoico sono state interessate da una tettonica a fratture ad orientamento prevalente E-W, forme più arrotondate e degradanti in superfici debolmente ondulate in corrispondenza dei substrati granitici disgregati e dei depositi clastici quaternari posti alla base dei versanti.

La figura 2 illustra sinteticamente la localizzazione delle parcelle sperimentali lungo i tre versanti considerati ed i profili pedologici rappresentativi.

La catena 1 è situata su depositi di versante olocenici, con suoli appartenenti alla famiglia loamy-skeletal, mixed, thermic dei Typic Xerochrepts. La catena 2 è posta su metamorfiti paleozoiche, con suoli appartenenti alla famiglia fine-loamy, mixed, thermic degli Ultic Haploxerolls e dei Typic Xerochrepts. Il substrato della catena 3 è costituito da depositi di versante pleistocenici caratterizzati nella parte alta da suoli della famiglia fine, mixed, thermic dei Typic Fragiochrepts, nella parte intermedia da suoli della famiglia fine, mixed, thermic dei Typic Fragixeralfs e nella parte bassa da suoli della famiglia coarse-loamy over sandy-skeletal, mixed, thermic dei Typic Haploxerults.

Le principali variazioni topografiche e superficiali presenti in corrispondenza delle parcelle sperimentali situate nei versanti analizzati sono riportate sinteticamente nella tab.1.

In ciascuna area si sono verificate, negli ultimi 40 anni, delle variazioni sostanziali nell'uso del suolo rilevate, con l'ausilio delle foto aeree, a partire dal 1954 (tab.2).

catena e posizione nel versante	catena 1			catena 2			catena 3		
	a	m	b	a	m	b	a	m	b
pendenza %	17,6	17,6	12,2	36,3	46,6	34,4	31,5	23,0	12,2
pietrosità superfic. %	70	85	72	43	60	72	65	63	37
C org. % (orizz. A)	2,0	n.d.	3,2	4,3	n.d.	7,5	2,2	1,3	0,5
tessitura (orizz. A)									
sabbia %	55	n.d.	56	51	n.d.	53	39	48	73
limo %	29	n.d.	30	33	n.d.	34	39	34	5
argilla %	16	n.d.	14	16	n.d.	13	22	18	22

a = parte alta del versante; m = parte intermedia del versante; b = parte bassa del versante.

Tab. 1. Principali variazioni topografiche e superficiali nelle tre catene

	catena 1	catena 2	catena 3
1954	seminativo	macchia degradata	macchia degradata (alto e medio versante) seminativo (basso versante)
1968	pascolo	macchia	macchia degradata (alto e medio versante) seminativo (basso versante)
1977	pascolo	macchia	impianto di eucalipto sp. (alto e medio versante) pascolo (basso versante)
1987	ricreativo	macchia	impianto di eucalipto sp.
1991/94	ricreativo	macchia incendiata a fine giugno 1991	impianto di eucalipto sp.

Tab. 2. Variazioni nell'uso del suolo

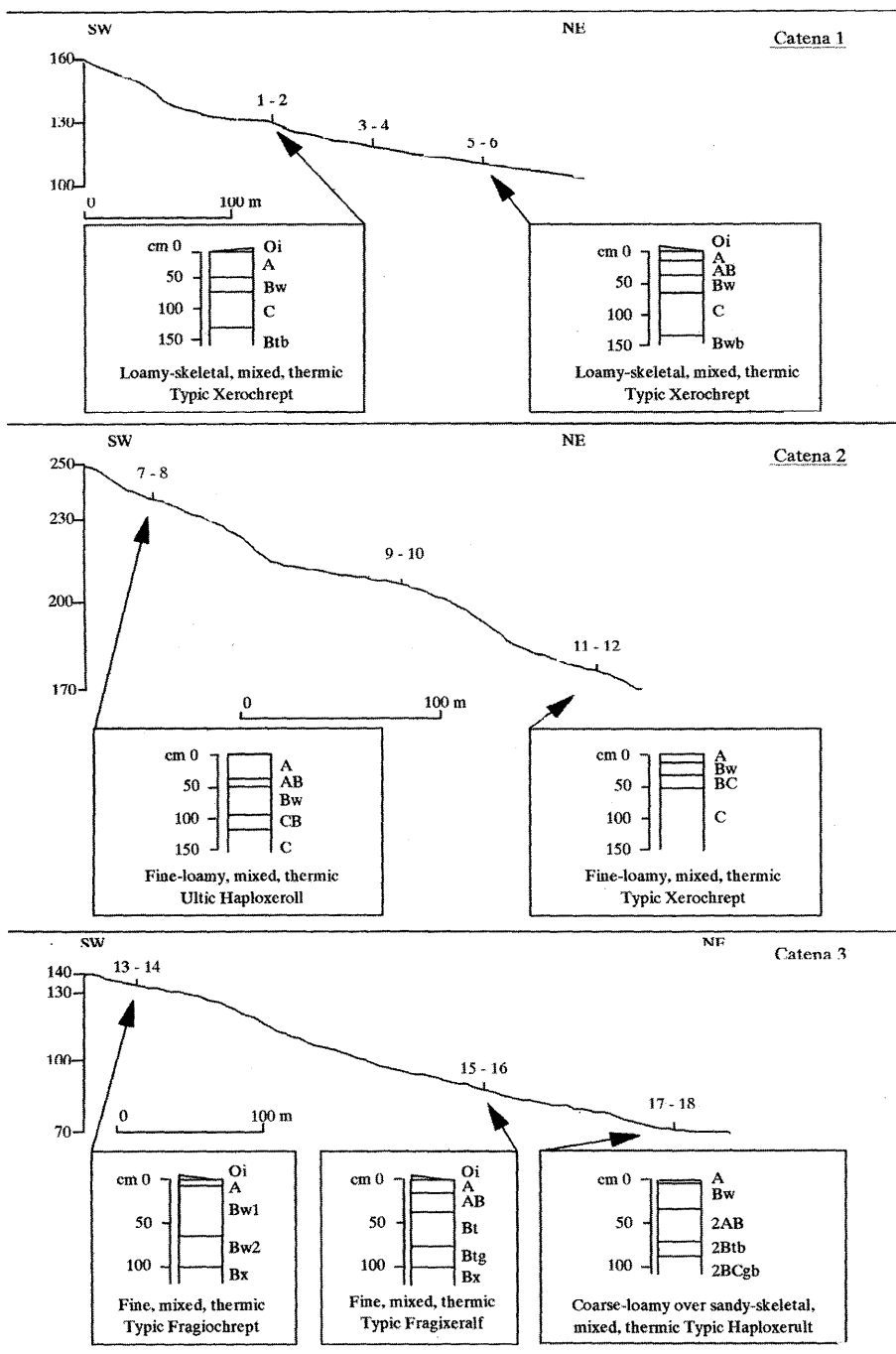


Fig. 2. Posizione delle parcelle sperimentali lungo i versanti delle catene 1, 2 e 3, e profili pedologici rappresentativi semplificati

#### 4. Risultati

Le precipitazioni registrate durante il periodo di osservazione (primavera 1992 - inverno 1994/95) mostrano un andamento in parte difforme da quello delle medie storiche (fig.3). Il confronto delle precipitazioni totali degli anni 1992, 1993 e 1994 mostra un aumento dell'entità di pioggia dal primo al secondo anno (da 456 mm a 564 mm), seguito da una riduzione nel terzo anno (454 mm), che registra i valori inferiori del triennio. I dati mostrano inoltre una riduzione delle precipitazioni nel confronto tra la media annua del periodo 1922/75 e quella del periodo 1976-90, per un valore pari a 78,9 mm.

Gli eventi piovosi verificatisi nelle stagioni del periodo di osservazione sono stati in totale 137, di cui 67 hanno generato ruscellamento superficiale e trasporto solido nella catena 1, 70 nella catena 2, 72 nella catena 3 (tab. 3).

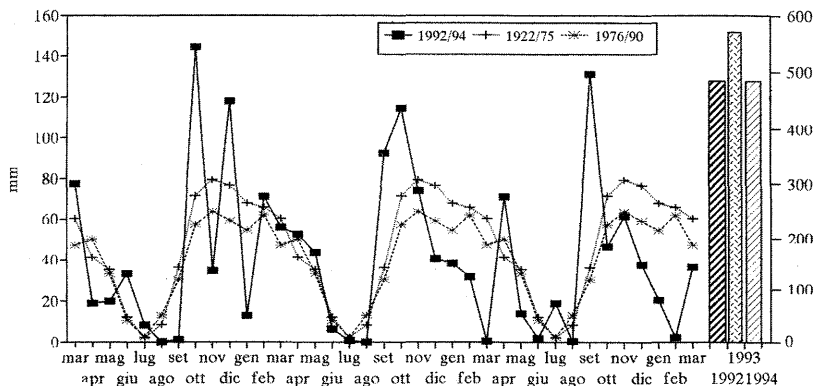


Fig. 3. Precipitazioni nel periodo di indagine e medie storiche

stagione	precipitazioni (mm)	numero eventi piovosi	numero eventi piovosi con ruscellamento e trasporto solido		
			catena 1	catena 2	catena 3
primavera 92	131.4	17	9	9	9
estate 92	11.4	5	2	2	2
autunno 92	214.8	16	9	9	10
inverno 92/93	217.2	16	10	10	11
primavera 93	99.1	13	7	9	9
estate 93	30.5	4	1	2	2
autunno 93	271.3	15	8	8	8
inverno 93/94	98.4	13	7	8	8
primavera 94	99	9	4	4	4
estate 94	18.6	3	1	1	1
autunno 94	218.6	14	4	3	3
inverno 94/95	87.9	13	5	5	5
totale	1498.2	137	67	70	72

Tab. 3. Andamento pluviometrico stagionale

Il ruscellamento superficiale ha un andamento che segue quello delle precipitazioni (fig. 4). I valori più elevati sono stati registrati nella catena 3, tranne che durante la primavera 1992 (catena 2), e durante l'estate 1992 e l'estate 1994 (catena 1). I valori più bassi vengono registrati alternativamente nelle catene 1 e 2.

I coefficienti stagionali di deflusso (fig. 5) presentano valori non elevati, generalmente inferiori al 5%, tranne che nella catena 3 nell'inverno 1992/93, quando il valore è di poco superiore al 10%. L'andamento nelle singole catene è simile a quello del ruscellamento superficiale, con i valori maggiori nella catena 3. Ciò è in parte giustificato dalla presenza di suoli che, essendo più poveri di sostanza organica e più ricchi in argilla, sono meno permeabili rispetto a quelli delle catene 1 e 2.

I valori più elevati di trasporto solido sono stati registrati nella catena 3, con eccezione della primavera 1992 (fig. 6). Durante questa stagione e nell'autunno 1992, in tutte e tre le catene sono stati registrati i valori maggiori di tutto il periodo d'indagine, in concomitanza con gli eventi piovosi di maggiore intensità. In generale la stagione autunnale è il periodo dell'anno durante il quale si verificano le maggiori entità di erosione. Oltretutto è da rimarcare che i valori dell'autunno 1993 sono parziali, poiché a causa del furto di materiale dalle parcelle sono andati perduti i sedimenti dei due eventi piovosi di maggiore entità ed intensità dell'anno. L'andamento stagionale segue quello dei deflussi ma si osserva chiaramente una tendenza alla riduzione dei valori. Ciò è probabilmente conseguenza del metodo di studio utilizzato; infatti le parcelle sperimentali funzionano, nel lungo periodo, come un sistema chiuso in cui non esistono apporti nuovi a causa della delimitazione a monte, il che diminuisce la quantità di materiale asportabile. Tale tendenza alla riduzione si riflette sulla torbidità (fig. 7) che, successivamente agli elevati valori registrati nella primavera e nell'autunno 1992, si è mantenuta, nelle stagioni degli anni seguenti, su valori più limitati.

I valori totali di trasporto solido registrati nell'intero periodo d'indagine sono stati di 454.8 kg ha<sup>-1</sup> per la catena 1, di 387.0 kg ha<sup>-1</sup> per la catena 2 e di 935.5 kg ha<sup>-1</sup> per la catena 3 (fig. 8).

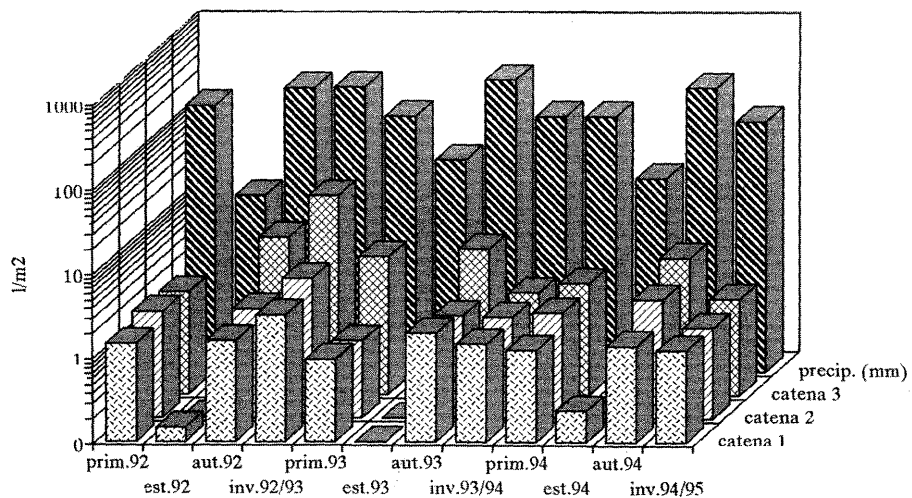


Fig. 4. Precipitazioni ad Is Olias e ruscellamento superficiale nelle tre catene.

i (fig.  
 a vera  
 i ven-

te in-  
 poco  
 mento  
 senza  
 meno

zione  
 tre le  
 comi-  
 e il  
 tutto è  
 i ma-  
 giore  
 si os-  
 onse-  
 lun-  
 deli-  
 lenza  
 valori  
 anni

ati di  
 per la

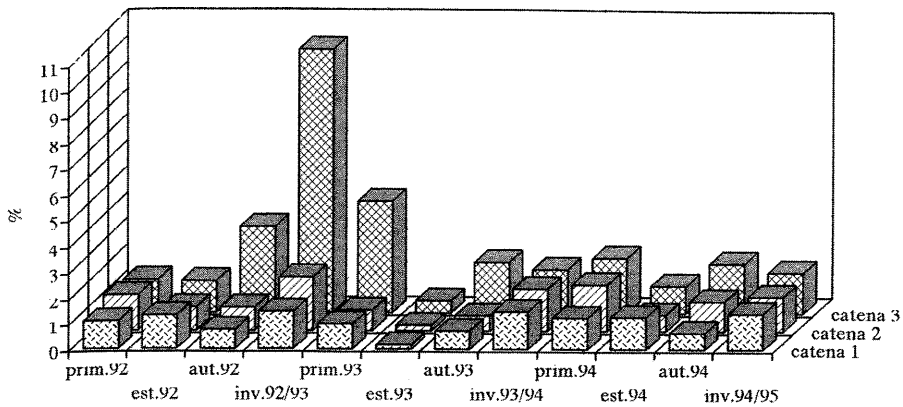


Fig. 5. Coefficiente di deflusso nelle tre catene.

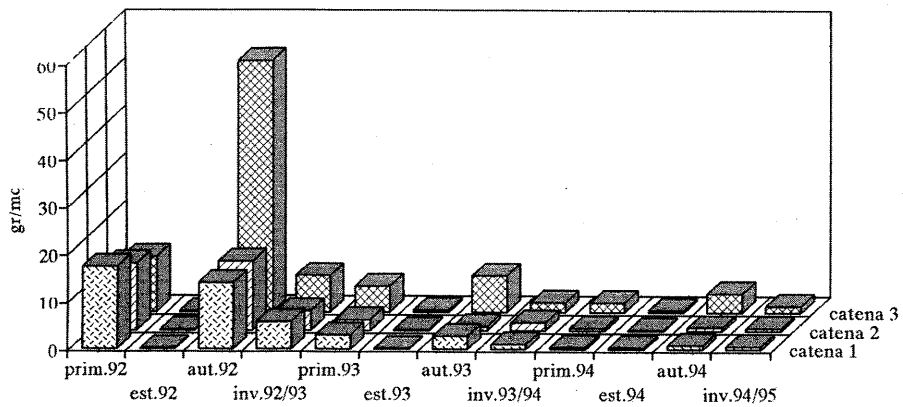


Fig. 6. Trasporto solido nelle tre catene.

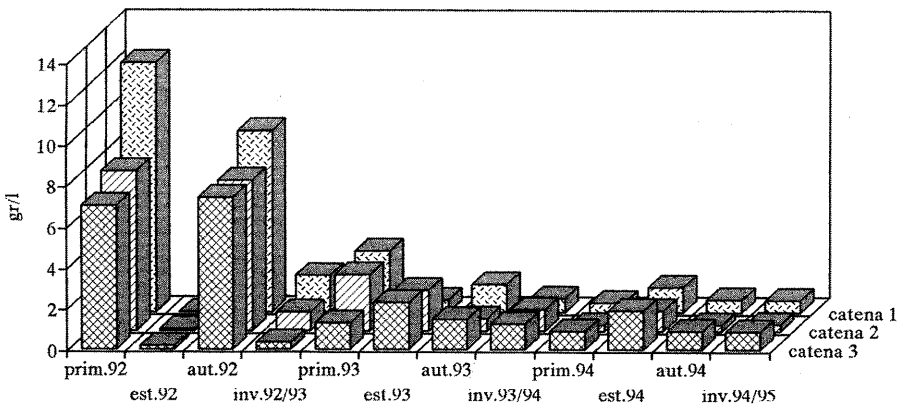


Fig. 7. Torbidità nelle tre catene.



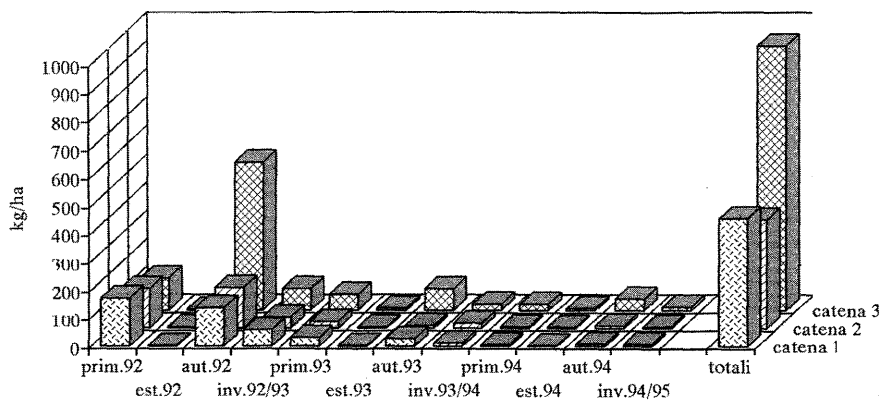


Fig. 8. Trasporto solido nelle tre catene e perdite totali nel periodo di indagine.

## 5. Discussione

Le tre catene considerate differiscono, oltre che nell'uso del suolo, in alcuni caratteri morfologici, litologici e pedologici. La disomogeneità di tali caratteri, per quanto concerne la loro influenza sul processo erosivo, non è comunque tanto marcata da poter da sola giustificare sufficientemente i valori registrati. La catena 2, ad esempio, pur avendo caratteristiche pedologiche confrontabili con quelle della catena 1, registra rispetto a questa valori inferiori di trasporto solido, nonostante sia posizionata su un versante con pendenze notevolmente superiori. La catena 3, situata su un versante con pendenze inferiori rispetto a quelle della catena 2, presenta invece rispetto a quest'ultima valori di trasporto solido più che doppi, difficilmente giustificabili con le sole differenze pedologiche, anche in considerazione del maggiore effetto protettivo dovuto alla pietrosità superficiale, generalmente superiore nella catena 3. L'uso del suolo pare quindi assumere un ruolo estremamente importante come fattore influenzante il processo erosivo.

I risultati ottenuti dimostrano la maggiore efficacia della copertura arbustiva ed erbacea (catene 1 e 2) nel contenere i fenomeni erosivi. Lo stesso uso del fuoco (catena 2) non ha determinato fenomeni erosivi particolarmente significativi. Questo a causa dell'importante ruolo protettivo avuto dalla densa copertura erbacea sviluppatasi già nell'autunno successivo all'incendio, in concomitanza con i primi eventi piovosi. Tali risultati confermano quanto ottenuto, in condizioni sperimentali differenti, in altre aree del Mediterraneo (Walsh et al., 1992; Porqueddu e Roggero, 1993). Rimane comunque sconosciuto nell'area il fattore "intensità dell'incendio" che contribuisce, con gli altri, a determinare quelle variazioni nella idrofobia e nella struttura del suolo che ne influenzano l'erodibilità (Giovannini, 1987; Giovannini et al., 1988).

L'area con l'impianto di eucalipto (catena 3) ha registrato i valori più elevati di trasporto solido, circa doppi rispetto alle altre due catene. Inoltre un'indagine areale effettuata lungo il versante ha evidenziato la presenza di intensi fenomeni erosivi diffusi ed incanalati, in atto da lungo tempo, da ricondurre probabilmente ai primi anni successivi all'impianto (effettuato nel 1977 nella parte superiore ed intermedia del versante e nel 1980 nella parte inferiore), quando il suolo si presentava pressoché nudo a causa della modesta copertura fornita dalle piante ancora giovani. A distanza di oltre 15 anni dalla data di impianto, i valori di trasporto solido sono comunque ancora elevati in confronto alle aree limitrofe con copertura vegetale naturale arbustiva ed erbacea. Nelle porzioni superiore ed intermedia del versante, che prima dell'impianto erano ricoperte da macchia, si è inoltre osservata

una drastica diminuzione delle specie vegetali, con conseguente riduzione della diversità biologica e del contenuto in sostanza organica degli orizzonti superficiali del suolo (in media 4% assoluto di riduzione), influenzandone negativamente anche la struttura. A quanto detto finora va aggiunto che stime di massima sulla produzione legnosa indicano una crescita lenta, ben lontana da quella necessaria a raggiungere la produzione minima atta a garantire la validità economica dell'impianto, valutabile in almeno 20-25 kg ha<sup>-1</sup>. I valori di erosione misurati durante la ricerca sono notevolmente inferiori ai limiti ammissibili individuati in letteratura, oscillanti tra 2 e 12 t ha<sup>-1</sup> anno in funzione del tipo di suolo (Zanchi, 1993). Sebbene non esistano studi specifici in Sardegna, tali limiti appaiono comunque eccessivamente elevati in rapporto alle condizioni dell'area in esame e, più in generale, alle situazioni simili diffuse nell'isola, dove la velocità di alterazione dei substrati e di formazione del suolo è generalmente lenta o molto lenta (Aru et al., 1991).

## 6. Conclusioni

I risultati ottenuti indicano come nell'area impiantata ad eucalipto i valori di erosione siano stati circa doppi rispetto a quelli registrati nelle aree contermini ricoperte da vegetazione naturale arbustiva ed erbacea. Ad una maggiore erosione, lineare e diffusa, si accompagnano inoltre in quest'area una diminuzione della diversità biologica ed una riduzione nel contenuto in sostanza organica degli orizzonti superficiali del suolo. Tali risultati, anche in considerazione degli accrescimenti non rapidi, pongono questi rimboschimenti al disotto della marginalità economica. Questa situazione è stata determinata dall'assenza di un quadro conoscitivo di riferimento sulle caratteristiche dell'area di intervento. Lo studio realizzato dimostra l'importanza della conoscenza, attraverso i dati sperimentali, degli effetti di degrado che alcune scelte d'uso possono provocare. L'applicazione di tali conoscenze può contribuire ad indirizzare la politica gestionale del territorio verso scelte compatibili con la salvaguardia e la valorizzazione della risorsa suolo.

## Ringraziamenti

Questa ricerca è stata effettuata come parte dei progetti di ricerca collaborativa MEDALUS I e II (Mediterranean Desertification and Land Use). MEDALUS I è stato finanziato dalla Unione Europea con il Programma EPOCH, Contratto n. EPOC-CT90-0014 (SMA), MEDALUS II con il Programma di Ricerca Ambientale - Climatologia e Rischi naturali, Contratto n. EV5V-CT92-0165. Si ringrazia vivamente l'Unione Europea per il supporto fornito.

## Bibliografia

- Aru, A., P. Baldaccini, A. Vacca. 1991. Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna. Dip. Scienze della Terra, Univ. Cagliari, Centro Reg. Program., Ass. Program. Bil. Ass. Territorio, Regione Autonoma Sardegna, 83 p.
- Cammeraat, L.H. (compiler). 1992. MEDALUS Field Manual. Version 3..1. With contributions from Clark S.C., Imeson A.C., Cammeraat L.H., Melia J. and Collin J.J. Printed at University of Bristol, 115 p.
- FAO. 1977. Guidelines for soil profile description. FAO, Rome, 66 p.
- Giovannini, G. 1987. Effect of fire and associated heating wave on the physiochemical parameters related to the soil potential erodibility. In: *Ecologia Mediterranea*, Tome XIII.
- Giovannini, G., S. Lucchesi, M. Giachetti. 1988. Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Science*, 146: 255-261.

- Lucci, S., S. Della Lena. 1993. Studi parcellari per la misura dell'erosione causata da diversi metodi di preparazione del terreno al rimboschimento con fini produttivi: primi risultati. Atti del Convegno "La difesa del suolo in ambiente mediterraneo", Cala Gonone 12-14 giugno 1991, ERSAT, Cagliari: 222-231.
- Porqueddu, C., P.P. Roggero. 1993. Tecniche di miglioramento dei pascoli e fenomeni erosivi. Atti del Convegno "La difesa del suolo in ambiente mediterraneo", Cala Gonone 12-14 giugno 1991, ERSAT, Cagliari: 141-158.
- Sezione Autonoma per il Servizio Idrografico della Sardegna, Ass. LL. PP. della R.A.S. Annali Idrologici. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- Soil Survey Staff. 1992. Keys to Soil Taxonomy, 5th edition. SMSS technical monograph No. 19. Blacksburg, Virginia: Pocahontas Press, Inc., 556 p.
- Vacca, A., A. Aru, R. Puddu, D. Tomasi, D. Usai, G. Pinna. 1993. Experimental plots at Is Olias (Rio Santa Lucia catchment area). Some data and results of MEDALUS I and MEDALUS II (first year). Working Paper No. 6, Medalus Project.
- Vacca, A., R. Puddu, D. Tomasi, D. Usai. 1994. Erosion measurements in three areas of the Santa Lucia catchment with different land uses. Proceedings of the MEDALUS - MEditerranean Desertification And Land USE Conference held in Sassari, Italy, on May 1994 (in stampa).
- Walsh, R.P.D., C.O.A. Coelho, R.A. Shakesby, J.P. Terry. 1992. Effects of land use management practices and fire on soil erosion and water quality in the Aguenda river basin, Portugal. *Geokoplos*, III: 15-36.
- Zachar, D. 1982. Soil erosion. *Developments in Soil science*, 10. Elsevier, Amsterdam.
- Zanchi, C. 1993. Aspetti dell'erosione dei suoli nei diversi ambienti del bacino del Mediterraneo, in montagna ed in collina. Atti del Convegno "La difesa del suolo in ambiente mediterraneo", Cala Gonone 12-14 giugno 1991, ERSAT, Cagliari: 57-69.

# **PRIME OSSERVAZIONI SUI SUOLI DI UN SETTORE DELLA VALLE DEL CIXERRI (SARDEGNA MERIDIONALE) CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AI SUOLI SULLE ANDESITI CENOZOICHE E SUI PRODOTTI PIROCLASTICI**

**A. Assorgia, Dipartim. di Scienze della Terra - Università di  
Cagliari**

**D. Usai, ERSAT - San Sperate**

**S. Trastu, Geologo libero professionista - Iglesias**

**G. Pinna, Dipartimento di Scienze della Terra - Università di  
Cagliari**

**con la collaborazione di L. Ottelli**

## **Introduzione**

La Valle del Cixerri, di chiara origine tettonica, si estende da Siliqua ad Iglesias, in senso E-O per circa 26 km, con una larghezza media di circa 8 Km; è bordata a N e a S da rilievi montuosi costituiti da rocce del Paleozoico aventi età comprese fra il Cambriano inferiore ed il Siluriano (Cocozza & Leone, 1977; Carmignani et al., 1989; Pillola, 1993).

In questa depressione tettonica si ritrovano i sedimenti terrigeni arenaceo argillosi appartenenti alla Formazione del Cixerri, le vulcaniti andesitiche e i depositi alluvionali quaternari.

Una fase erosiva recente, probabilmente legata all'abbassamento del livello del mare in una delle ultime "glaciazioni", ha in parte eroso il manto alluvionale plio-quaternario configurando l'attuale situazione geologica della Valle del Cixerri.

Il presente lavoro si è basato sul rilevamento cartografico pedologico del settore in esame allo scopo di fornire una prima indicazione sui suoli sviluppatisi sulle vulcaniti. Pertanto sono stati descritti i suoli sulle andesiti cenozoiche, sui prodotti piroclastici, sui depositi alluvionali quaternari con prevalente componente piroclastica e sui depositi alluvionali quaternari con prevalente componente paleozoica.

## **Metodologia di lavoro**

Il lavoro è stato suddiviso in diverse fasi:

- rilevamento geologico in scala 1:10.000
- rilevamento pedologico, tendente ad evidenziare i limiti degli affioramenti andesitici e dei depositi piroclastici in scala 1:10.000
- analisi di laboratorio dei campioni dei suoli
- elaborazione dei dati e classificazione dei suoli

Durante la campagna di rilevamento pedologico, sono stati realizzati 9 profili sulle unità di paesaggio più rappresentative del settore in esame e diverse osservazioni lungo scarpate, alvei e tagli stradali.

## Clima

Per l'individuazione delle principali caratteristiche climatiche dell'area, sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione di Iglesias, pur non essendo ubicata all'interno dell'area indagata, può essere considerata rappresentativa della pianura del Rio Cixerri.

Si riporta di seguito i bilanci idrici (Thornthwaite) di un suolo con riserva utile ST = 100 mm., e uno con riserva utile di ST. = 150 mm. calcolata in base ai dati delle medie mensili di 50 anni (1924 - 1975).

	ST = 100	ST = 150
IA (Indice di aridità) =	49	44
IH (Indice di umidità) =	38	38
IUG (Indice di umidità globale)=	-11	-6
Caratteri climatici	C <sub>1</sub> B'₂S₂	C <sub>1</sub> B'₂S₂

Secondo la classificazione climatica di Thornthwaite la stazione è inquadrabile nella seguente tipologia climatica:

Mesotermico da subumido a subarido, forte eccedenza idrica invernale (C1B'2S2)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	TOT
<b>T</b>	9,5	9,8	11,8	14,3	17,8	22,4	25,8	26,1	23,2	18,5	14,2	10,8	17,1
<b>P</b>	112	95	79	58	40	13	4	7	38	85	110	133	774
<b>PE</b>	18	19	33	50	82	125	63	155	110	68	37	22	881
<b>P-PE</b>	93	76	46	8	-42	-112	-159	-148	-73	17	73	111	-108
<b>A.WL</b>	0	0	0	0	-42	-154	-313	-461	-534	0	0	0	
<b>ST</b>	100	100	100	100	74,7	21,7	3,5	0,3	0	17	90	100	
<b>C.ST</b>	0	0	0	0	-25,3	-53	-18,2	-3,2	-0,3	17	73	10	
<b>AE</b>	18	19	33	50	65,3	66	22,2	10,2	38,3	85	110	133	650
<b>D</b>	0	0	0	0	16,7	59	40,8	144,8	71,7	0	0	0	333
<b>S</b>	94	76	46	8	0	0	0	0	0	0	0	111	335

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	TOT
<b>T</b>	9,5	9,8	11,8	14,3	17,8	22,4	25,8	26,1	23,2	18,5	14,2	10,8	17,1
<b>P</b>	112	95	79	58	40	13	4	7	38	85	110	133	774
<b>PE</b>	18	19	33	50	82	125	163	155	110	68	37	22	881
<b>P-PE</b>	93	76	46	8	-42	-112	-159	-148	-73	17	73	111	-108
<b>A.WL</b>	0	0	0	0	-42	-154	-313	-461	-534	0	0	0	
<b>ST</b>	150	150	150	150	114,75	52,5	17,1	5,55	2,85	17	90	150	
<b>C.ST</b>	0	0	0	0	-35,25	-62,25	-35,4	-11,55	-2,7	17	73	60	
<b>AE</b>	18	19	33	50	75,25	75,25	39,4	18,55	40,7	85	110	133	697,15
<b>D</b>	0	0	0	0	6,75	49,75	123,6	136,4	69,3	0	0	0	385,85
<b>S</b>	94	76	46	8	0	0	0	0	0	0	0	111	335

## Uso del suolo

Attualmente l'attività più diffusa nel settore pianeggiante è l'allevamento di ovini da latte con la produzione di foraggiere ed erbai per l'alimentazione del bestiame.

Le aree più marginali, nelle quali la morfologia o lo spessore dei suoli non consentono le normali lavorazioni, sono invece utilizzate a pascoli e prati pascolo talvolta arborati (olivo, mandorlo, ecc.). Nel settore oggetto di indagine, a differenza di gran parte delle aree limitrofe, mancano i vigneti.

Diverse aree della valle del Cixerri, soprattutto sui suoli sviluppati sulle alluvioni plio-quadernarie, sono state "rimboschite" con *Eucalyptus*. In tutta la Sardegna questa essenza arborea è servita per rimboschire aree come quelle acquitrinose, non adatte ad altre colture agricole, o occupate precedentemente dalla macchia mediterranea.

Negli anni 50, con la costituzione del Consorzio di Bonifica del Cixerri, vennero bonificate gran parte delle zone acquitrinose presenti nella valle.

## Caratteri geologici generali dell'area in esame

### a) La Formazione del Cixerri

In discordanza sul basamento paleozoico nella Valle del Cixerri poggia la Formazione del Cixerri (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) costituita da conglomerati, arenarie ed argille fra i quali si intercalano rari banchi carbonatici (Oligocene inferiore-medio). Nell'area rilevata gli unici affioramenti attribuibili alla Formazione del Cixerri si rinvennero in località Tanca Aru.

### b) Vulcaniti Oligo-Mioceniche

Nella valle del Cixerri, nell'ambito del ciclo vulcanico oligo-miocenico, si è avuta la messa in posto di efflussi lavici, più o meno viscosi, a chimismo variabile da basico ad intermedio, con prevalenza di termini andesitici. I prodotti piroclastici "andesitici" si differenziano notevolmente da quelli "ignimbritici", sia per i caratteri petrografici e la modalità di messa in posto, sia per le caratteristiche tessiturali e strutturali.

### c) I depositi alluvionali plio-quadernari

Al di sopra delle vulcaniti oligo-mioceniche i rinvennero i depositi alluvionali, in parte terrazzati, convogliati nella depressione dagli impluvi impostati nella Valle del Cixerri. Molti Autori hanno riconosciuto entro questi depositi alluvionali la presenza di più ordini di terrazzi (Minucci, 1935; Maxia, 1937; Seuffert, 1970) legati alla differente evoluzione tettonica determinatasi nella zona durante il Plio-Quaternario.

## 6. Geomorfologia

### a) Vulcaniti Laviche

Morfologicamente i prodotti lavici costituiscono strutture coniche o cupoliformi con diametro di base variabile da qualche centinaio di m al km. Generalmente la roccia si presenta fessurata con piani ad andamento variabile dal verticale all'inclinato a basso angolo. La presenza di questa fessurazione talora intensa, determina una accelerata erosione della struttura lavica.

### b) Vulcaniti Piroclastiche

Diversamente dalle strutture laviche quelle piroclastiche presentano morfologie piatte, tabulari, poco accentuate. Carattere comune a tutte le piroclastiti risulta la suddivisione in bancate con spessori variabili dal cm alla decina di m.

c) I depositi alluvionali Plio-quadernari

I depositi Plio-quadernari, comprendenti tre ordini di glacis, le alluvioni antiche, recenti ed attuali, presentano una morfologia prevalentemente sub-pianeggiante o debolmente ondulata. Tali forme sono da mettere in relazione con le variazioni del livello di base del Rio Cixerri, il corso d'acqua più importante della valle, e ai suoi ipotetici cambiamenti di direzione (Seuffert, 1970). I glacis si presentano generalmente incisi da corsi d'acqua attuali ed altamente ferretizzati.

Nel settore in esame i glacis sono caratterizzati da materiale paleozoico ben arrotondati, mentre i terrazzi alluvionali contengono materiale sia paleozoico che vulcanico spigoloso.

### Geopedologia

Importante per la formazione dei suoli risulta la struttura, la mineralogia e la tessitura delle rocce, che può essere avvenuta o sotto forma di efflussi lavici, oppure per eventi esplosivi.

I dati minero-petrografico-geochimici sulle vulcaniti oligo-mioceniche, affioranti nella Valle del Cixerri, non sono molti e si riferiscono fondamentalmente a due tipi di studi condotti dal Minucci (1935), sotto l'aspetto petrografico, e da Marchi et al. (1992), sotto quello geochimico.

Dal punto di vista petrografico tutte le rocce affioranti nella Valle del Cixerri appartengono al gruppo delle andesiti; il loro contenuto in silice varia dal 67% al 56%, mentre la paragenesi intratellurica risulta varia.

Sotto l'aspetto strutturale le lave presentano struttura porfirica per la presenza di abbondanti e grossi individui cristallini di anfibolo e di plagioclasio, immersi in una pasta di fondo costituita da un aggregato microcristallino di quarzo-feldspato.

L'alterabilità di queste lave dipende dalla fessurazione presente e dalla superficie di esposizione della roccia, quindi dalla morfologia assunta dalla struttura lavica.

Nelle cupole laviche l'alterazione è maggiormente attiva nella parte basale delle strutture in considerazione di questi fattori:

- maggiore superficie esposta agli agenti atmosferici;
- presenza di strutture assimilabili geometricamente ad un cono;
- minore coesione nelle parti periferiche delle strutture domeiche a causa della maggiore dispersione di calore intervenuta durante la sua messa in posto.

Sulle cupole laviche a pendenza molto accentuata e a morfologia aspra, prevalgono gli affioramenti rocciosi. Il tipo pedologico riscontrato è caratterizzato da un'evoluzione molto limitata, a profilo A-C, spesso troncato dall'erosione. Solo in particolari condizioni morfologiche e generalmente nella parte più bassa del versante, si può sviluppare l'orizzonte cambico e conseguentemente suoli a profilo A-Bw-C.

L'alterazione delle piroclastiti, costituite da frammenti di rocce e da cristalli liberati durante l'esplosione, è condizionata da questi fattori:

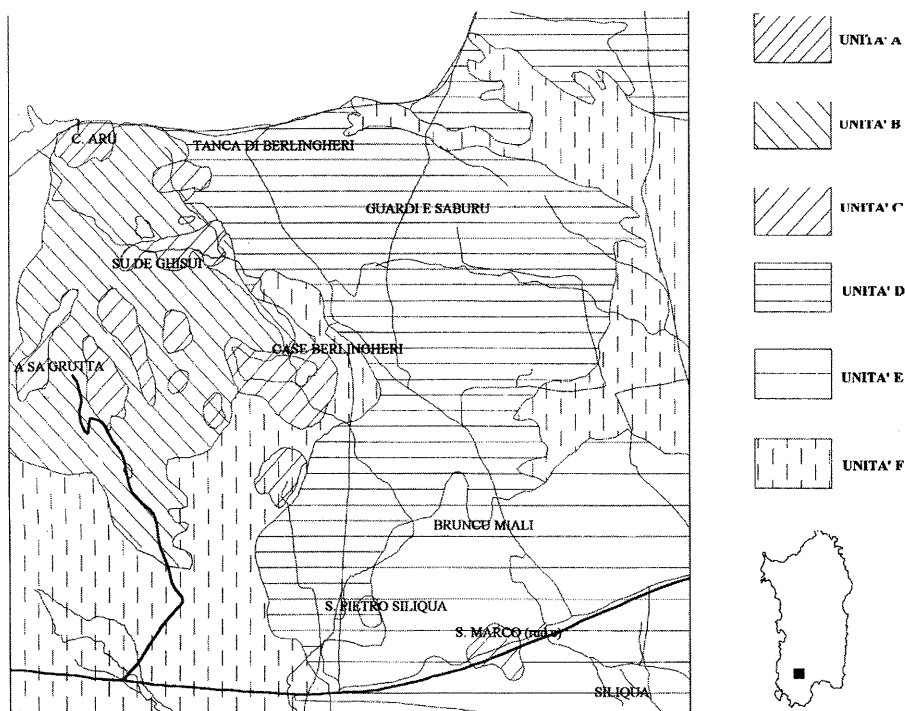
- Grado di frammentazione della piroclastite
- Grado di cementazione dei frammenti
- Assetto stratigrafico

Tutti questi caratteri delle rocce piroclastiche, molto diversi da quelli presenti nelle strutture laviche, determinano in questo contesto roccioso una maggiore erodibilità ed alterabilità che si traduce in un modellamento più dolce ed in un processo pedogenetico più accelerato. In queste condizioni si sviluppano suoli a profilo A-Bw-C, spesso con caratteri verticali, e talvolta suoli a profilo A-Bk-C con orizzonti di accumuli di carbonati. Anche in queste aree dove l'eccessivo pascolamento e l'erosione determinano un assottigliamento del suolo, si assiste alla scomparsa dell'orizzonte cambico, il quale viene inglobato

nell'orizzonte superficiale Ap con le arature.

Sui depositi alluvionali antichi terrazzati sono stati riscontrati suoli più evoluti che presentano orizzonti con arricchimento di argilla a profilo A-Bt-C. Nelle aree più depresse caratterizzate prevalentemente da apporti piroclastici e solo secondariamente paleozoici, sono stati individuati suoli a profilo A-Bw-C con discontinuità litologica negli orizzonti profondi. Presentano caratteri vertici e fenomeni di accumulo di carbonati in profondità. Sulle alluvioni recenti ed attuali, in prossimità dei corsi d'acqua e lungo gli alvei, sono stati evidenziati suoli poco evoluti a profilo A-C.

## CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO



### Note illustrative alla carta delle Unità di Paesaggio

Il rilevamento cartografico pedologico, in appoggio al rilevamento geologico, ha permesso di avere un maggiore dettaglio sulle unità litostratigrafiche presenti nella valle del Cixerri e di stabilire l'estensione delle piroclastiti finora non ben evidenziata. Nello studio in esame si è data maggior importanza alla individuazione e alla descrizione dei suoli formati sui materiali vulcanici terziari.



Sono stati individuati le seguenti 6 unità cartografiche.

#### **Unità A**

Suoli su argille, arenarie e conglomerati dell'Eocene medio-Oligocene medio (Formazione del Cixerri). Le forme tipiche sono successioni di colline più o meno arrotondate separate da incisioni mediamente profonde talvolta ricoperte da materiale colluviale.

I suoli appartenenti a questa unità (Typic e Lithic Xerorthents, subordinatamente Typic e Lithic Xerochrepts), a profilo A-C e subordinatamente A-Bw-C, sono poco rappresentati nel nostro settore, pertanto verranno descritti sommariamente: si presentano da poco profondi a profondi da permeabili a mediamente permeabili, drenaggio lento.

Le limitazioni d'uso sono legate principalmente alla profondità, all'eccesso di scheletro, al drenaggio e all'erodibilità.

#### **Unità B**

Suoli su andesiti quarzoso-feldspatiche oligo-mioceniche. Si sviluppano generalmente in corrispondenza di antichi centri di emissione a morfologia sia cupoliforme che stratoide da debolmente aspre a ondulate con vegetazione arborea ed arbustiva. Questa unità è rappresentata da associazioni di rocce affioranti e suoli (Rock outcrop e Lithic Xerorthents) a profilo A-C; poco profondi, a causa della continua erosione del materiale vulcanico altamente fessurato. Sono molto porosi, permeabili e ben drenati.

Nelle zone di accumulo possono svilupparsi i Typic Xerochrepts a profilo A-Bw-C, poco profondi e ben drenati.

Le principali limitazioni sono legate alla scarsa profondità ed al forte pericolo di erosione.

#### **Unità C**

Paesaggi su prodotti piroclastici a morfologia da ondulate a subpianeggiante, talvolta tabulari, utilizzati prevalentemente a pascolo arborato, foraggiere ed erbai.

I suoli (Typic Xerochrepts) sono formati su materiali fortemente alterabili; a profilo A-Bw-C; moderatamente profondi, franco-sabbioso-argillosi; pietrosità frequente; neutri; poco permeabili; drenaggio lento. Nella parte più alta dei versanti e nelle zone a più forte pendenza, a causa di una continua erosione si assiste alla scomparsa dell'orizzonte superficiale. In queste condizioni si formano i Lithic Xerorthents a profilo A-C; poco profondi; pietrosità frequente, ben drenati.

Le principali limitazioni sono legate al drenaggio ed alla scarsa profondità.

#### **Unità D**

Paesaggi su prodotti piroclastici con apporti fluviali di origine paleozoica, costituiti prevalentemente da metariale piroclastico e andesitico; a matrice argilloso-sabbiosa su morfologie pianeggianti o leggermente ondulate, utilizzati prevalentemente ad erbai e cereali.

Suoli (Typic e Vertic Xerochrepts) a profilo A-Bw-C; da poco profondi a profondi, da debolmente a moderatamente alcalini; franco-sabbioso-argillosi; pietrosità frequente; da normalmente a moderatamente drenati.

Non presentano particolari limitazioni d'uso anche se spesso risultano necessarie particolari tecniche di drenaggio.

#### **Unità E**

Paesaggi su depositi alluvionali antichi terrazati e glacis plio-pleistocenici(?), costituiti prevalentemente da metariale paleozoico (arenarie, calcari) a clasti arrotondati e spigolosi molto alterati, a matrice argilloso-sabbiosa su morfologie subpianeggianti.

Suoli (Typic Haploxeralfs) a profilo A-Bt-C; moderatamente profondi; franco-sabbioso

argillosi in superficie, franco argillosi in profondità; pietrosità abbondante; neutri; poco permeabili, drenaggio lento.  
 Limitazioni d'uso legate al drenaggio ed all'elevata pietrosità superficiale.

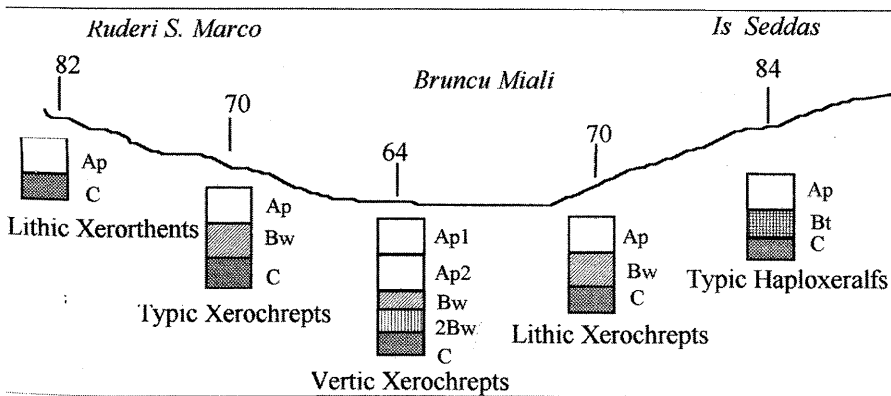
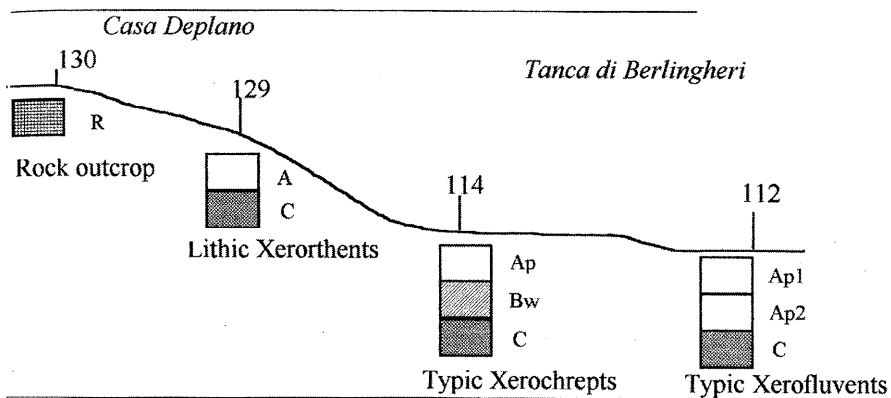
### Unità F

Suoli su depositi alluvionali olocenici ed attuali costituiti da ciottoli paleozoici e subordinatamente piroclastici, eterometrici arrotondati e piatti. Si ritrovano nel settore compreso tra Serra Crastus e l'abitato di Siliqua e lungo gli alvei dei corsi d'acqua.

Appartengono a questa unità i Typic Xerofluvents a profilo A-C e subordinatamente i Typic Xerochrepts a profilo A-Bw-C; moderatamente profondi; franco-sabbiosi in superficie e franco-sabbioso-argillosi in profondità; pietrosità superficiale abbondante; neutri; permeabili e ben drenati.

Limitazioni legate alla profondità scarsa ed alla elevata pietrosità superficiale

### Toposequenza n° 1



### Toposequenza n° 2

## Conclusioni

Il presente lavoro vuole costituire un primo approccio alla conoscenza dei suoli sviluppati sulle vulcaniti e sulle piroclastiti cenozoiche.

Obiettivo principale è quello di poter fornire una cartografia dettagliata della reale estensione delle piroclastiti e dei prodotti vulcanici e poter dare maggiori indicazioni sulle caratteristiche dei suoli e la loro idoneità a differenti utilizzazioni possibili.

Poichè parte di questi suoli verranno sottoposti ad irrigazione gli interventi dovranno tener conto delle differenti caratteristiche nei vari paesaggi morfologici e pedologici.

## Bibliografia

- Aru A., Baldaccini P. & Coccozza T. (1970) - Prime osservazioni sui rapporti tra geomorfologia e geopedologia nella Valle del Cixerri (Sardegna sud-occidentale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 89:513-519.
- Assorgia A., Fadda A., Gimeno Torrente D., Morra V., Ottelli L. & Secchi, F.A. (1992) - Le successioni ignimbriche terziarie del Sulcis (Sardegna sud-occidentale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 45:951-963.
- Assorgia A., Brotzu P., Callegari E., Fadda A., Lonis R., Ottelli L., Ruffini D. & Abrate T. (1992) - Carta Geologica del distretto vulcanico cenozoico del Sulcis (Sardegna sud-occidentale). Scala 1:50.000. Selca Firenze.
- Assorgia A., Barca S., Coccozza T., Decandia F.A., Fadda A., Gandin A. & Ottelli L. (1992) - Characters of the caenozoic sedimentary and volcanic succession of western Sulcis (SW Sardinia). *Contrib. to the Geology of Italy with special regard to the Paleozoic basements. A volume dedicated to Tommaso Coccozza: L. Carmignani & F.P. Sassi Editors, IGCP N.276, Newsletter*, 5:17-20.
- Coccozza T. & Massoli-Novelli R. (1967) - Due nuovi affioramenti di lave andesitiche nel complesso terziario della Valle del Cixerri (Sardegna sud-occidentale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 86:623-643.
- Maxia C. (1935) - Contributo alla morfologia della Valle del Cixerri (Iglesiente). *Atti XII Congr Geogr. Ital.*, pp.16.

ppa-  
sten-  
sulle  
anno  
orfo-  
Soc.  
992)-  
ale).  
brate  
egna  
li L.  
n of  
gard  
a: L.  
e nel  
Soc.  
i XII

# L'UTILIZZAZIONE DELLE PROCEDURE DI LAND EVALUATION NELLA DEFINIZIONE DI UNO "ZONING AMBIENTALE" IN AREE SENSIBILI: IL CASO DELL'AGROECOSISTEMA DELLA BASSA PIANURA FRIULANA E DELLA ZONA DI TRANSIZIONE DELLA LAGUNA DI MARANO E GRADO (FRIULI VENEZIA-GIULIA).

L. Ravanello, Architetto libero professionista, Latisana (UD)  
S. Vacca, Università di Venezia, Dip. Scienze Ambientali, Cattedra di Geopedologia

## Riassunto

Nell'ambito di uno studio che affronta le tematiche della pianificazione ambientale in una zona umida ad alta sensibilità ambientale e nel retrostante territorio agricolo, si è sperimentata l'applicazione di metodologie di *Land Evaluation*.

L'utilizzazione della *Land Capability Classification*, della *Land Classification for Irrigation* e della *Land Suitability Evaluation*, quali strumenti metodologici per la caratterizzazione del territorio in base ai principali rischi e fattori limitanti, alla fragilità e alla suscettività d'uso delle risorse, ha portato alla definizione di uno *zoning ambientale*.

L'implementazione di questo strumento all'interno dei diversi processi di pianificazione si rende necessaria al fine di introdurre criteri capaci di guidare le scelte di utilizzazione delle risorse, di valutare preventivamente la compatibilità ambientale delle trasformazioni d'uso del territorio e per la verifica *ex post* della sostenibilità degli usi attuali delle risorse dell'ambiente.

## 1. Premessa

L'obiettivo principale di questo studio è rappresentato dalla ricerca di un percorso metodologico e dei relativi strumenti utili alla definizione di uno *zoning ambientale*.

Per *zoning ambientale* si intende il risultato dell'inventario, elaborazione ed interpretazione dei dati ambientali al fine di valutare lo stato di qualità delle risorse dell'ambiente, i limiti e le potenzialità in termini produttivi, la sensibilità/vulnerabilità in rapporto alle pressioni esercitate dall'uomo e quindi ai fenomeni di degrado connessi al loro sfruttamento o alla mancata gestione delle risorse stesse.

Lo *zoning ambientale* è perciò uno strumento della pianificazione dell'ambiente, e costituisce un valido supporto informativo per la preliminare valutazione delle scelte di piani e progetti d'uso o di trasformazione del territorio (siano essi d'area o di settore) in una prospettiva di sostenibilità di lungo periodo. Ma va anche considerato come momento di verifica della compatibilità ambientale tra gli usi attuali (e la loro intensità) e la conservazione delle risorse.

La pianificazione deve scaturire dal confronto tra il grado di pressione antropica che viene o che sarà esercitata dalle diverse attività umane insistenti in un dato territorio e la *carrying capacity* del sistema ambientale destinato a supportare tali attività. Questo impli-

ca un ribaltamento delle modalità di pianificazione del territorio fin qui tradizionalmente usate. In quest'ottica si pone in prima istanza l'accento sulla preliminare conoscenza delle funzioni naturali delle risorse, della loro vulnerabilità e dei rischi connessi alla loro utilizzazione o alle modalità del loro sfruttamento; secondariamente sulla loro capacità e suscettività d'uso intrinseche e, da ultimo, sulla verifica di compatibilità tra la domanda d'uso e l'offerta ambientale. Deve essere la verifica delle condizioni ambientali di partenza e delle attitudini ad orientare il land use, e non viceversa. Il che significa rimette in discussione e modificare radicalmente il processo stesso di pianificazione, ma al tempo stesso anche l'approccio, meramente vincolistico, della cultura urbanistica tradizionale alle problematiche ambientali. Come sostiene F. Indovina<sup>1</sup>, "La conoscenza dell'ambiente deve essere *permanente, completa, integrata e a priori*. (...) il processo di trasformazione del territorio (ambiente) deve avere a monte una conoscenza che prescindano da processi di trasformazione ma sia in grado di guidarli. Senza un adeguato sistema informativo appare difficile un'integrazione delle problematiche ambientali ai processi di piano".

A questo fine è necessario che la pianificazione ambientale assolva ad un compito fondamentale: la ricerca di un linguaggio comune interdisciplinare che traduca i diversi dati ambientali (scientifici) in termini semplici e di immediata utilizzabilità da parte dei pianificatori. In questo senso gli autori auspicano che l'approccio metodologico del presente lavoro, basato sulle procedure di *Land Evaluation*, che presentano un approccio marcatamente ecologico e l'indiscutibile vantaggio della standardizzazione a livello internazionale, costituisca un contributo.

## 2. Peculiarità dell'area di studio

Il territorio oggetto del presente studio interessa la superficie amministrativa di dodici comuni (41.000 ettari circa di terre emerse più 16.000 di specchio lagunare) e si colloca nella zona inferiore della Bassa Pianura Friulana comprendendo la sottostante area lagunare. Si tratta di un'area che costituisce per buona parte della sua estensione, un bacino lagunare delimitato da due principali fiumi di origine montana (il Tagliamento e l'Isonzo) e solcato da tutta una serie di corsi d'acqua di risorgiva che si originano nella soprastante zona di transizione tra l'alta e la bassa pianura.

Questo territorio ha subito nel tempo un forte processo di trasformazione antropica, particolarmente intenso a partire dalle attività di bonifica di inizio secolo. Le bonifiche hanno sottratto ampie superfici all'ecosistema lagunare, modificando ed irrigidendo il reticolo idrografico complessivo del bacino, ed hanno costituito il presupposto per il successivo sviluppo turistico della fascia costiera, per gli insediamenti industriali e portuali ecc. Tuttavia, esso conserva ancora una serie di emergenze sia all'interno dell'agroecosistema (boschi planiziali e boschetti ripariali lungo i fiumi di risorgiva, ecc.) che nelle residue zone umide (le superfici deltizie, perilagunari, il sistema dunale del cordone insulare lagunare, ecc.), ma necessita di un approccio integrato nella gestione delle risorse e di nuovi strumenti di pianificazione capaci di recepire le tematiche ambientali.

Si tratta di un'area strategica per quanto riguarda i conflitti ambientali e territoriali caratterizzata da una difficile coesistenza e, molto spesso, da una forte incompatibilità tra le attività insediate (industria, residenza, turismo, ecc.) ed un forte impatto sull'ambiente in termini di consumo e deterioramento delle risorse naturali, che nelle zone sensibili presentano un'alta fragilità.

<sup>1</sup> Francesco Indovina, "Ambiente e pianificazione del territorio", prefazione a V. Bettini, E. Falqui, M. Alberti (1984), Il bilancio di impatto ambientale, CLUP, Milano.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Le Land Unit come unità geografiche di analisi, valutazione e gestione: approccio olistico alla loro definizione

Un aspetto di fondamentale importanza, sotto il profilo della pratica applicazione delle indicazioni provenienti dalle metodologie utilizzate nel presente lavoro, è quello relativo all'unità geografica di riferimento per la gestione del territorio.

Nella definizione delle risorse impegnate nel processo di pianificazione, l'approccio può essere di tipo *analitico*, in cui ciascuna di esse viene esaminata separatamente dalle altre e non si tiene conto, se non in misura minima, delle loro interazioni; oppure di tipo *olistico*<sup>2</sup>, nel qual caso ogni risorsa, pur essendo esaminata con i metodi propri delle discipline di studio, viene valutata nelle interazioni con le altre risorse, all'interno di un'entità concettuale che, tuttavia, ha una sua precisa delimitazione geografica, che è indicata col termine *Land* (in italiano: il *territorio* o *le terre*). Questo è l'approccio seguito nel nostro lavoro.

All'unità geografica delineata considerando (e cartografando) contemporaneamente, anche con l'ausilio del *remote sensing*, in una visione olistica, tutti i fattori dell'ambiente fisico viene dato il nome di *Land Unit*. Questo termine, nella sua accezione più ampia, non presenta una definizione standard; indica bensì una generica porzione della superficie terrestre, delimitata in base all'omogeneità dei caratteri che sono stati presi in considerazione per la sua individuazione (Dent e Young, 1981). Il criterio che definisce le *L.U.* non è dimensionale, in quanto possiamo considerare sia una dimensione regionale, come superfici territorialmente più ristrette; le *L.U.* vanno invece definite attraverso il concetto di *sintesi integrata e dinamica delle forze naturali* ( *clima, processi geomorfologici, evoluzione della vegetazione e dei suoli, ecc.*) e *delle forze antropiche* ( *uso delle terre per scopi agricoli, forestali, urbani, ecc.*) che *agiscono nell'area considerata* (Giordano, 1989). Quanto più si opera un approccio integrato alla loro definizione, tanto più le unità di terre si configurano come sinonimo di "ambiente/ecosistema". Le *L.U.* sono di per sé espressioni pratiche, in quanto possono essere considerate unità di gestione. Definite in base ai criteri precedentemente descritti, le *land unit* costituiscono di conseguenza anche la base geografica di riferimento per la sistematizzazione degli indirizzi di gestione per l'intero territorio indagato.

In una prima fase, quella della fotointerpretazione preliminare, si è operata una ripartizione di aree sulla base di "unità di paesaggio" (aspetto visivo dell'ambiente) che, nella successiva fase di campagna, che ha consentito la sintesi degli aspetti fisici e biologici dell'ambiente, sono divenute "unità di terre".

#### 3.2 L'inventario delle risorse

Il primo *step* era rappresentato dall'*inventario delle risorse* (suoli, morfologia, litologia, clima, idrologia, vegetazione, fauna, paesaggio, usi del territorio) di ciascuna delle quali sono individuate e descritte in modo integrato le caratteristiche, con particolare riferimento alle peculiarità ed ai caratteri aberranti.

L'uso di tecniche di fotointerpretazione ha consentito di cartografare simultaneamente i

<sup>2</sup> Olistico (dal geoco Olos = tutto intero) è sinonimo di sintetico o di sinottico; l'uso scientifico del termine necessita della seguente precisazione: un oggetto nella sua identità strutturale e funzionale è sempre qualcosa di più della somma delle sue singole parti o delle sue singole componenti (Giordano, 1989).

fattori più importanti dell'ambiente fisico (secondo Dent e Young, 1981), potendo così definire le interrelazioni tra morfologia-clima-suolo-vegetazione-utilizzazione. La fotointerpretazione si è rivelata uno strumento fondamentale di indagine e di "sintesi" ambientale. Essa è stata preceduta da una raccolta sistematica di informazioni derivanti da strumenti conoscitivi di varia natura ed origine (bibliografia storica ed attuale, analisi dei documenti cartografici storici e cartografia tematica, dati climatici, ecc.) utili ad illustrare i diversi aspetti del territorio oggetto di indagine. Questo ha permesso innanzitutto di individuare alcune fondamentali chiavi di lettura per meglio comprendere gli aspetti legati all'evoluzione dell'ambiente sotto i diversi profili ed in riferimento sia alle dinamiche naturali, che a quelle antropiche, e al contempo una lettura interdisciplinare degli stessi. Gli aspetti salienti delle risorse sono stati descritti (e valutati) in una serie di carte tematiche che vanno dagli usi storici delle terre (situazione al 1833, 1891-1915, 1938, 1974 e situazione attuale), agli aspetti idrografico-idrologici (rischio idraulico) e di qualità dei corsi d'acqua, ai caratteri geologici e geomorfologici, agli aspetti vegetazionali e faunistici, e infine a quelli culturali (archeologia, paesaggio).

### 3.2.1 L'importanza della risorsa suolo

Lo studio dei suoli è troppo spesso trascurato nei processi di *assessment* ambientale e di pianificazione d'uso del territorio. Raramente è dato di trovare rilevamenti pedologici realizzati secondo metodologie standardizzate e funzionali alla loro successiva classificazione e valutazione all'interno di procedure multidisciplinari.

Il V programma d'azione della Commissione Europea "Verso uno sviluppo sostenibile", nel suo III volume "Lo stato dell'ambiente nella Comunità Europea", al capitolo 3 (I parte) titola: "*Le sol: un milieu fragile trop longtemps négligé*"<sup>3</sup>, ed apre il capitolo sulla risorsa suolo nel seguente modo: "*La dégradation physique des sols de la Communauté est générale. Longtemps considérés comme ayant une capacité d'absorption illimitée, les sols ont de plus en plus de difficultés à répondre aux fonctions multiples et vitales qui sont leurs: production de biomasse agricole et forestière, milieu de vie, régulateur de l'écosystème*".

In effetti il suolo è stato a lungo considerato come una risorsa illimitata, o come un supporto inerte per molteplici attività umane e non si è tenuto conto che esso svolge fondamentali funzioni ecologiche: produzione di biomassa, trasformazione della materia organica, funzione di filtro per le acque, ecc.. Dovrebbe invece essere considerato come luogo di interazione critica dei diversi fattori ambientali ed antropici e come tale assumere un ruolo quantomeno paritario rispetto alle altre componenti dell'ambiente.

I suoli costituiscono una risorsa limitata, difficilmente riproducibile e strategica, in quanto è sui suoli e attraverso il consumo dei suoli che si espletano le principali attività umane.

I suoli più produttivi costituiscono un patrimonio sempre più raro e da conservare per le generazioni future ed il loro consumo è da intendersi non solo come sottrazione di superficie agricola ma anche come deterioramento della risorsa suolo e/o sottoutilizzo della stessa. Il consumo di suoli e le modalità di sfruttamento degli stessi, che si pongano in contrasto con la loro capacità d'uso, non solo ne comportano un deterioramento in termini di perdita di fertilità o di erosione, ma provocano conseguenze negative in termini di perdita di qualità delle acque di superficie, delle falde acquifere ed in generale della ricchezza-diversità biologica degli ecosistemi. Non va trascurato, da ultimo, anche il ruolo di presidio ambientale che l'attività agricola potrebbe svolgere, qualora si sapesse orientarla verso modalità di gestione delle risorse che siano compatibili con la loro conservazione.

<sup>3</sup> Commissions des Communautés Européennes (1992), "L'Etat de l'Environnement dans la Communauté Européenne, COM (92) 23 final - Vol. III; Bruxelles, 30 mars 1992.

### 3.2.2 Il rilevamento pedologico

Il rilevamento pedologico si inquadra all'interno "dell' inventario delle risorse delle terre", costituendone il suolo (unitamente al clima, alla geomorfologia, alla vegetazione ed alle trasformazioni operate dall'uomo) parte integrante ed essenziale.

L' obiettivo del rilevamento è quello di riconoscere e classificare i suoli di una data area attraverso lo studio delle caratteristiche, e di rappresentarne la distribuzione spaziale su apposite cartografie dette, appunto, carte dei suoli o pedologiche.

Nel corso del presente lavoro è stata realizzata una parte cospicua del rilevamento pedologico senza, tuttavia, produrre una specifica carta dei suoli, limitandoci, con le informazioni acquisite, a caratterizzare in senso pedologico le "unità di terre". Le motivazioni che stanno alla base di questa scelta risiedono, in primo luogo, nel fatto che per gli obiettivi che ci eravamo prefissi potevano considerarsi sufficienti le informazioni prodotte e quindi introdotte nella carta delle "unità di terre"; in secondo luogo, di ordine pratico, per il notevole impegno nella realizzazione del rilevamento e per il suo alto costo. Il rilevamento in campagna (giugno del 1992) è stato eseguito alla scala di riconoscimento. Esso ha comportato tutta una serie di trivellate speditive e l'apertura di 21 profili di suolo (descritti e campionati e analizzati), sulla base di punti di osservazione scelti attraverso la fotointerpretazione preliminare. Per la successiva classificazione è stato adottato il sistema messo a punto dal U.S. *Department of Agriculture: Soil Survey Staff, Soil Taxonomy* del 1975 ed aggiornamento del 1990: *Keys to Soil Taxonomy*. Nella Tab. 1 sono schematizzate le unità tassonomiche riscontrate nell'area studiata.

### 3.3 Fase valutativa: la Land Evaluation

#### 3.3.1 Criteri e strumenti di valutazione delle risorse sulla base di obiettivi di sviluppo sostenibile: il ruolo della Land Evaluation

Nel 1987, il Rapporto della Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo (conosciuto come Rapporto Brundtland) così definiva il concetto di sviluppo sostenibile: "*a development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*". Si potrebbe dire che questo concetto, oggi così in voga e spesso usato a sproposito, era già stato chiaramente enucleato nel 1976 dalla F.A.O. all'interno dei principi fondamentali richiamati da quel testo a cui si deve la definitiva divulgazione delle metodologie di valutazione del territorio: "*A Framework for Land Evaluation*". La necessità di utilizzare correttamente le risorse per conservarne il potenziale anche per le generazioni future ed evitarne la degradazione è infatti uno degli obiettivi fondamentali delle procedure di *Land Evaluation*. Il suo raggiungimento implica, da un lato la necessità di conoscere, mediante un attendibile inventario, le risorse naturali e la loro potenzialità, dall'altro, la determinazione delle condizioni di migliore utilizzazione, attraverso la pianificazione d'uso.

#### 3.3.2 La valutazione delle unità di terre della Bassa Pianura Friulana

La valutazione del territorio è quel processo interpretativo degli inventari di base, che consente di rendere disponibili, in forma immediatamente accessibile agli utilizzatori, tutte le informazioni sulle risorse, necessarie per la pianificazione. Si tratta perciò una metodologia *per prendere decisioni di pianificazione territoriale che si basa sul confronto fra i caratteri del territorio e le forme di utilizzazione e seleziona quelle ottimali per ciascuna area* (E. Favi, 1991). Attraverso il processo di valutazione le potenzialità delle risorse



ORDINE	SOTTORDINE	GRANDE GRUPPO	SOTTOGRUPPO	FAMIGLIA	Profilo di riferimento	Unità di Terre			
ALFISOLS	UDALFS	HAPLUDALFS	TYPIC	Franco-fini, misti (calcarei), mesici	n° 3	B1			
				Franco-grossolani, misti, mesici	n° 4	A2			
				Scheletrico-sabbiosi su franchi, misti, mesici	n° 11	C2			
INCEPTISOLS	AQUEPTS	HAPLAQUEPTS	TYPIC	Franco-grossolani, misti, mesici	n° 2	D1			
				Franco-grossolani, misti (calcarei), mesici	n° 13	B2			
			AERIC	Franco-grossolani, misti (calcarei), mesici	n° 9-10	C3-C1			
				Fini, misti (calcarei), mesici	n° 17	A3			
				MOLLIC	Franco-grossolani, misti (calcarei), mesici	n° 14	E1		
			OCHREPTS	EUTROCHREPTS	TYPIC	VERTIC	Fini, misti (calcarei), mesici	n° 5	A5
						Franco-fini, misti, mesici	n° 19	C4	
						Sabbiosi, misti (calcarei), mesici	n° 21	D2	
						ENTISOLS	AQUENTS	FLUVAQUENTS	TYPIC
			ENTISOLS	AQUENTS	FLUVAQUENTS	VERTIC	Fini, misti (calcarei), mesici	n° 18	C4
HAPLAQUENTS	TYPIC	Franco-fini, misti, mesici				n° 20	E3		
SULFIC	Franco-grossolani su argillosi, misti (calcarei), mesici	n° 8				E2			
PSAMMENTS	UDIPSAMMENTS	TYPIC				Sabbiosi, misti, mesici	n° 15	E6	
FLUVENTS	UDIFLUVENTS	TYPIC				Sabbiosi, misti, mesici	n° 16	B3	
						Sabbiosi, misti (calcarei), mesici	n° 6	A2	
						Franco-fini, misti, mesici	n° 12	A1	
			AQUIC	Franco-grossolani, misti (calcarei), mesici	n° 1	A4			

Tab. 1. Unità tassonomiche riscontrate nell'area di studio (Soil Survey Staff, Keys to Soil Taxonomy, 1990).

vengono stimate in funzione della loro vulnerabilità e dei diversi tipi di usi alternativi possibili e compatibili con gli obiettivi di conservazione o di sostenibilità nel medio/lungo periodo.

Il processo di valutazione, nel caso di specie, è stato preceduto dalla verifica (fotointerpretazione definitiva) dei 5 *Land System* e delle 21 *Land Unit* precedentemente delimitati e dalla costruzione di una legenda che riportasse la descrizione delle unità di terre, realizzata attraverso un processo di lettura *olistico* delle diverse componenti ambientali analizzate. In questo passaggio sono stati implementati anche i dati quantitativi verificati sul terreno ed in laboratorio, che hanno consentito quella "sintesi degli aspetti fisici e biologici dell'ambiente" e la realizzazione di quel "legame tra paesaggio (realtà olistica) e singoli fattori ambientali (realtà analitica)" (A. Giordano 1989).

Le unità di terre, considerate come unità di gestione, sono state successivamente valutate in funzione dei diversi tipi di uso.

#### 4. Metodi utilizzati

La *Land Capability Classification*, attraverso l'individuazione dei principali fattori limitanti e la considerazione dei maggiori rischi connessi all'utilizzazione delle risorse, ha consentito la caratterizzazione del livello di fragilità ambientale delle unità di terre. Per quanto riguarda i parametri ambientali e pedologici considerati nell'area di studio si è prestata particolare attenzione ai seguenti caratteri: (paesaggio) pietrosità, drenaggio, profondità della falda acquifera, pericoli di inondazione; (suolo) profondità, tessitura, scheletro, permeabilità; (proprietà fisico-chimiche) salinità, carbonati, capacità di scambio cationico. La *Land Classification for Irrigation*. Il problema dell'uso irriguo dei suoli in quest'area è piuttosto rilevante. Nell'applicazione delle procedure di valutazione, gli elementi alla base della valutazione che hanno avuto rilevante importanza nel caso specifico sono (nell'ordine): suolo, drenaggio, clima e topografia.

Nell'applicazione delle due metodologie si è potuto far ricorso ad un software che consente l'archiviazione delle schede pedologiche e l'attribuzione automatica delle classi di Land Capability e dell'irrigabilità, attraverso il confronto (via software) tra i valori dei parametri contenuti nella scheda e specifiche tavole di conversione.

La *Land Suitability Classification* per gli usi agricoli. L'inventario delle risorse realizzato sia attraverso l'uso della fotointerpretazione, sia con sopralluoghi diretti, ha evidenziato una utilizzazione delle terre indirizzata verso alcune colture, che, in taluni casi, rappresentano delle vere e proprie monocolture. Tra queste si annoverano sia colture cerealicole come frumento e mais, leguminose, tra le quali la soia, foraggiere (medica), industriali da pieno campo, come la barbabietola da zucchero ed infine le ortive. Tra le arboree, la vite, il melo e il pero ed il pioppo.

Si tratta di coltivazioni in genere di lunga tradizione, la cui ripetizione nel tempo, senza provvedere al ripristino dei caratteri danneggiati, ha portato ad un degrado complessivo soprattutto della risorsa suolo che ha determinato un abbassamento generalizzato della produttività; ovvero il raggiungimento degli standard di produzione avviene con input energetici (ed economici) sempre meno compatibili con l'economicità dell'impresa agricola e con la conservazione delle risorse.

Per ciascuna delle colture elencate in precedenza sono stati presi in considerazione gli specifici requisiti d'uso. Dal confronto fra questi ultimi e le caratteristiche delle terre è scaturita la valutazione di suscettività per ciascun tipo di uso ipotizzato.

La *Land Suitability Classification* per gli usi extra-agricoli: acquacoltura ed edificabilità. L'acquacoltura sta avendo in questi ultimi anni una grande espansione, particolarmente nelle aree costiere e di vecchia bonifica, nei compendi stagnali e lagunari, per la produzione di specie ittiche di pregio. Si tratta di attività economicamente produttive, che pos-

sono essere esercitate in aree marginali per l'agricoltura e caratterizzate da difetti idraulici (permeabilità superficiale, drenaggio interno del suolo bassi o impediti).

Sono, tuttavia, attività che producono impatto ambientale, che va accuratamente valutato e minimizzato.

I requisiti d'uso per la piscicoltura ipotizzata per l'area in studio sono stati individuati rifacendoci ad analoghe esperienze condotte in Toscana <sup>4</sup>.

Per quanto riguarda l'edificabilità, il problema affrontato è quello della valutazione di attività considerate tecnicamente normali, quali la localizzazione di strade, l'espansione di un centro abitato, la localizzazione di servizi commerciali o di aree industriali, attività tutte che interferiscono variamente con le risorse dell'ambiente: suoli, falde acquifere, reticolo idrografico, vegetazione, attività agricole, presenza di beni culturali (archeologia, cultura materiale, ecc.), beni ambientali, ecc. Attività che all'atto della realizzazione possono determinare impatti più o meno gravi sulle risorse citate, ovvero differire nel tempo tali impatti, o ancora subire nel tempo danni più o meno rilevanti (è il caso delle alluvioni, delle mareggiate, delle frane, degli smottamenti, ecc.). Manufatti realizzati su suoli nei quali la frazione fine è rappresentata da argille a reticolo espandibile possono subire danni rilevanti a causa delle tensioni (contrazione/rigonfiamento) dei minerali argillosi; le fondazioni e i fabbricati sotterranei subiscono gli effetti dell'oscillazione delle falde acquifere superficiali. Per altro verso i regimi idrologico superficiale ed idrogeologico sono fortemente sconvolti dalla realizzazione di manufatti su estese dimensioni, determinando l'impermeabilizzazione delle superfici ed ostacoli alla circolazione delle acque superficiali e sotterranee. Attività antropiche di varia natura (industriali, servizi, l'urbanizzazione) determinano con gli scarichi prodotti l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee. Le stesse attività determinano la sottrazione dei suoli alla propria funzione primaria - peraltro evidenziata nella definizione di *suolo* - ossia *la capacità di sostenere la vita delle piante*, distruggendo così preziose risorse dell'ambiente.

In questo lavoro, per determinare l'attitudine delle diverse unità all'edificazione, sono stati presi in considerazione i parametri: *profondità della falda acquifera, la stabilità dei suoli ed il drenaggio*.

## 5. Presentazione dei risultati

I risultati delle valutazioni per quanto riguarda la Land Capability Classification, la Land Classification for Irrigation e le valutazioni di suscettività d'uso (Land Suitability per gli usi agricoli ed extra-agricoli), che solitamente vengono espressi in forma di cartografia e di tabelle, una per ciascun tipo di valutazione effettuata, sono riportati, nel nostro caso, unità per unità, nella legenda allegata alla carta delle unità di terre, considerate come entità geografiche di riferimento per la gestione.

La Tab. 2 riporta il quadro riassuntivo dei risultati delle valutazioni per ciascuna delle unità di terre definite e cartografate. Questo quadro contiene, nelle sue diverse sezioni, il riferimento al profilo rappresentativo di ciascuna unità di terre, i risultati delle valutazioni sulla capacità d'uso, sull'irrigabilità e sulle attitudini per specifiche utilizzazioni.

Nella sezione interpretativa quindi, le unità di terre vengono descritte in tutti i loro aspetti, attraverso l'integrazione delle varie discipline ambientali (vegetazione, geomorfologia, pedologia, land use, ecc.) e valutate (applicazione delle procedure di *Land Evaluation*) in base ad una ampia gamma di caratteristiche ambientali rispetto ai

<sup>4</sup> Favi e Costantini, Pedologia applicata alla valutazione del territorio ; in Cremaschi & Rodolfi (1991), Il Suolo, NIS, Roma.

loro principali fattori limitanti (capacità d'uso) e al confronto tra le loro caratteristiche ed i requisiti d'uso per quanto attiene alla suscettività per usi specifici.

La descrizione delle unità di terre e la loro restituzione cartografica, in scala 1: 50 000, corredata di una legenda che ne illustra sinteticamente gli aspetti geo-morfo-pedologici, *land use*, vegetazione naturale, avifauna, valori biotopici, valori culturali, capacità e suscettività d'uso, principali rischi e limitazioni, costituisce la sintesi finale del presente lavoro. Le unità di terre divengono così delle *unità di gestione*, ovvero zone omogenee sotto il profilo ambientale con problemi di gestione comparabili, rispetto ai quali sono stati delineati degli indirizzi generali di gestione.

## 6. Conclusioni

Le procedure di Land Evaluation, applicate all'interno di un approccio olistico alla lettura delle componenti naturali ed antropiche del territorio, si sono rivelate di estrema utilità ed efficacia nella definizione di uno *zoning ambientale*. Tali procedure, lungi dal voler stabilire in maniera univoca e definitiva la destinazione d'uso del territorio (naturale ed antropizzato), possono tuttavia consentire di predisporre quadri di riferimento capaci di guidare le scelte di pianificazione, ponendole in armonia con le finalità di conservazione delle risorse, individuando il livello di sensibilità alle trasformazioni d'uso, ma indicando anche le suscettività d'uso più pertinenti ed i rapporti di reciproca compatibilità tra gli usi proposti.

La zonizzazione ambientale, che è derivata da questo studio, costituisce un notevole contributo (pur con le limitazioni imposte dalla scala di elaborazione) alla formazione di un sistema informativo ambientale. Crediamo possa essere di estrema utilità in sede di pianificazione, sia d'area che di settore, per una utilizzazione delle risorse compatibile con la conservazione del loro potenziale produttivo, per la migliore localizzazione delle attività, e anche all'interno delle procedure di valutazione di impatto ambientale di piani e progetti alla scala urbanistica e territoriale.

Unità di Terre	Rif. Profilo	L.C.C. classe sottoclassi unità	L.C. classe sottoclassi	LAND SUITABILITY EVALUATION												
				frumento	mais	soia	barba-bietola	erba medica	colture ortive	vite	melo	pero	pioppo	acqua-coltura	edificabilità	
A1	12	II swc 0-1b	2 sd	S1	S2	S2	S1	S2	S2	S3	S2	S2	S1	N	S3-N1	
A2	6-4	III-IV wsc 0	2-3 sd	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S1	N	S3	
A3	17	III wc 0	3 d	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2-S3	S3	S3	S2	S2-S3	S3-N1	
A4	1	II wc 0	2 d	S2	S2	S2	S2	S2-S3	S2	S2	S2	S3	S1	N	S3-N1	
A5	5	II-III wc 0-8a	2-3 d	S2	S2-S3	S2	S2	S2	S2	S2-S3	S2	S3	S2	S3-N1	S3-N1	
B1	3	II-III swc 0-8a	3 d	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2-S3	S2-S3	S2	S3-N1	S3	
B2	13	III wc 0-8a	2 s	S2	S1	S2	S2	S2	S2	S2-S3	S2-S3	S2-S3	S1-S2	N1	S3	
B3	16	II-III wsc 0-8a	2 s	S3	S3	S2	S3	S3	S2	S2	S2-S3	S2-S3	S2-S3	N2	S3-N1	
C1	10	I	1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	N1	S1-S2	
C2	11	I-II sc 0	1-2 s	S2	S1	S1	S2	S2	S2	S1	S2	S2	S1	N1	S1-S2	
C3	9	II wc 0	2 d	S2	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S2	S3	S3-N1	
C4	18-19	III wc 0	3 d	S2	S2	S2	S2	S2	S1	S2	S3	S3	S2	S3	S3-N1	
D1	2	IV wc 0-8a	3 d	S2	S3	S2	S3	S3	S2	S3	S3	S3	S3	N1	N1	
D2	21	III sc 0	3 s	S3	S3	S3	S3	S3	S3	S2	S3	S3-N1	S2	S1	S1-S2	
E1	14	III swzc 0-2b-8b	3 sd	S2	S3	S2	S2	S3-N1	S2	S3	S2-S3	S3	S3	S1-S2	N1	
E2	8	VI swzc 0-2b-8b	6 sd	S3-N1	S3-N1	S3-N1	S3-N1	N1	N1	S3-N1	N1	N1	S3-N1	S1	S1	
E3	20	VI swzc 0-2b-8b	6 sd	S3-N1	S3-N1	S3-N1	S3-N1	S3-N1	N1	S3-N1	N1	N1	S3-N1	S1	S1	
E4	7	III wce 0	3 sd	S2	S3	S2	S3	S3	S2-S3	S2	S3	S3	S2	S3-N1	S3-N1	
E5		VIII swzc 0-2b-8b	6 sd	N1	N1	N1	N1	N1	N1	S3-N1	N1	N1	N1	N1	N1	
E6	15	VIII sce 0-2a-ab-7b	6 sd	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	
E7		VIII sc		N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	

Nota - L.C.C.: Land Capability Classification; L.C.: Land Classification for Irrigation

Tab. 2. Quadro riassuntivo delle valutazioni per Unità di Terre.

## Bibliografia

- Alberti M., Bettini V., Bollini G., Falqui E. (1988), Metodologie di valutazione dell'impatto ambientale, CLUP, Milano.
- Amadesi E. (1975), Fotointerpretazione e aerofotogrammetria, Pitagora Editrice, Bologna.
- Aru A. (1983), Importanza dello studio dei suoli sulla pianificazione delle aree suburbane, Atti Convegno Soc. It. Sc. Suolo, Palermo.
- Aru A. (1983), La Land Evaluation per la pianificazione agricola con particolare riferimento a quella irrigua, Atti Convegno Land Evaluation, Firenze.
- Aru A., Baldaccini P., Malquori A., Melis R.T., Vacca S. (1983), Il consumo delle Terre a causa dell'espansione urbana del territorio attorno a Cagliari. Prog. Fin. Conserv. Suolo, U.O. 25, Cagliari.
- Baldaccini P. (1983), Criteri per la valutazione del territorio ai fini irrigui, Atti Conv. Soc. It. Sc. Suolo, Palermo.
- Bartelli L.J., Klingebiel A.A., Medderson M.R. (1966), Soil survey and land Use planning, SSSA e ASA, 67 South Segal Road, Madison.
- Beek K.J. (1978), Land Evaluation for Agricultural Development, ILRI, publ. 23.
- Berrini M. (1990) "Valutazione di Impatto Ambientale: studio pilota sul progetto comprensoriale Sordio-San Zenone al Lambro", in E. Falqui e D. Franchini (a cura di), Verso la pianificazione ambientale, Il Macroscopio, Guerini Studio, Milano.
- Bertrand G. (1970), Ecologie de l'espace géographique. Recherche pour une science du paysage, Bull. Soc. de Biogéographie.
- Bettini V. (1990), L'analisi ambientale, CLUP, Milano.
- Bettini V., Falqui E., Alberti M. (1986), Il bilancio di impatto ambientale, CLUP, Milano (1a edizione 1984).
- Bibby J.S., Mackney D., (1969), Land Use Capability Classification, Soil Survey Techn. Monograph, N. 1, Harpenden Herts.
- Bresso M., Russo R., Zeppetella A. (1988), Analisi dei progetti e valutazione di impatto ambientale. Aspetti economico-territoriali, Studi urbani e regionali, Franco Angeli, Milano.
- Brinkman R., Smyth A. (1973), Land evaluation for rural purposes, ILRI, Wageningen
- Busoni E., Catizzone M., Ferrari G.A., Galligani U. (1982), Il rilevamento dei caratteri del suolo ed il loro trattamento per la gestione territoriale, Atti celebr. E. Santoni, 12,13, Firenze.
- C.N.R. (1977), Guida alla descrizione del suolo, a cura di G. Sanesi, Prog. Fin. Conserv. del Suolo, Pubbl. n. 11.
- Carrol D.M. (1973), Remote Sensing Techniques and their applications in Soil Science, Soil Fertility, 36, 259-66.
- Christian C.S., Stewart G.A. (1968), Methodology of integrated survey, Unesco Nat Resour., 6.
- Consiglio d'Europa (1968), Carta Europea dell'acqua, Strasburgo
- Consiglio d'Europa (1972), Carta Europea del Suolo, Strasburgo.
- Cremaschi M., Rodolfi G. (1991), Il suolo, NIS, Roma.
- Davidson D.A. (1980), Soil and Land Use planning, Longman, London.
- De Angelis Caponegro P. (1988), Geographic Information System and remote sensing for agricultural statistics, Report of 11th Intern. Training Cours in remote sensing, FAO, Rome.
- Dent D., Young A. (1981), Soil Survey and Land Evaluation, Allen e Unwin, London.
- Eagles P. F. J. (1984), The Planning and Management of Environmentally Sensitive Areas, Longman Group Limited, ISBN 0-582-30074-6.
- FAO (1967), Soil survey interpretation and its use, Soil Bull. 8, Roma
- FAO (1973), Soil survey interpretation for engineering purposes, Soil Bull., 19, Roma.

- FAO (1976), A framework for Land Evaluation, Soil Bull, 32, Roma.
- FAO (1983), Guidelines: Land Evaluation for rainfed agriculture, Soil Bull. 52, Roma.
- FAO (1985), Guidelines: Land Evaluation for irrigated agriculture, Soil Bull, 55, Roma.
- FAO-ISRIC (1990), Guidelines for soil description, 3rd Edition rev., Roma.
- Giordano A. (1983), Osservazioni sui termini: Land, Land Evaluation, Terra, Terreno e Territorio, Atti del Convegno Land Evaluation, Firenze.
- Giordano A. (1989), Il telerilevamento nella valutazione delle risorse naturali, Relazioni e monografie agrarie subtropicali e tropicali. Nuova serie. n°106, Istituto Agronomico per l'Oltremare, Firenze.
- Gottman J. (1991), La città' invincibile. Una confutazione dell'urbanistica negativa, Franco Angeli, Milano.
- Haans J.C.F. (1983), Applicazioni operative della Land Evaluation, Atti del Convegno "Land Evaluation", Firenze.
- Hannam I. D., Hicks R. W. (1980), Soil conservation and urban land use planning, Extract from the Journal of the Soil Conservation Service of N.S.W. Vol. 36, n° 3, July.
- Hooke J. M. (1988), Geomorphology in Environmental Planning, John Wiley and Sons, U.S.A..
- Jarvisand M.G., Mackney D. (1979), Soil Survey application, Soil Survey Techn. Monogr., 13, Rothamsted.
- Klingebiel A.A., Montgomery P.H. (1961), Land Capability Classification, Agric. Handbook, 210, Dept. Agr., Washington D.C.
- Leoni G., Lulli L. (1983), La Land Evaluation per la pianificazione territoriale: l'esperienza del comune di Sorbolo, Atti Conv. Land Evaluation, Firenze.
- Mabutt J. A. (1968), "Review of Concepts of Land Classification", in Land Evaluation, Melbourne.
- Magaldi D., Bazzofi P., Bidini D., Frascati F., Gregori E., Lorenzoni P., Miclaus N., Zanchi C. (1981), Studio interdisciplinare sulla classificazione e la valutazione del territorio: un esempio nel Comune di Pescia(Pistoia), Ann.li Ist. sper. studio e difesa suolo, XII, pp.31-114.
- Mc Harg I.L. (1969), Design with Nature, Falcon Press, Philadelphia U.S.A., (trad. francese, "Composer avec la nature", Cahiers de l'Intitut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Region d'Ile-de-France (I.A.U.R.I.F.), vol. 58/59, settembre 1980, pp.194, Paris; trad. italiana, Progettare con la natura, Franco Muzzio editore, Padova, 1989, pp. 250).
- Mc Rae S.G. (1991), Pedologia pratica, Zanichelli, Bologna.
- Munsell (1975), Munsell Soil Color Charts, Baltimora.
- Odum E. P. (1973), Principi di ecologia, Piccin editore, Padova.
- Purnell M.F., Piccolo A. (1983), La metodologia FAO di classificazione del territorio, Atti Conv. Land Evaluation, Firenze.
- Rasio R. Vianello G. (1990), Cartografia pedologica nella pianificazione e gestione del territorio, Franco Angeli, Milano
- Reho M., Santacroce P. (1990), I consumi di suolo, Franco Angeli, Milano.
- S.I.T.E - Soc. It. per il Telerilevamento - (1982) Atti del Quarto Congresso Nazionale sul Telerilevamento delle risorse terrestri, Gargnano del Garda ottobre,
- Sereni E. (1987), Storia del paesaggio agrario italiano, BUL Laterza, Roma-Bari (1a edizione nella "Collezione Storica", 1961).
- SISS (1982), "Metodologie di rilevamento e rappresentazione cartografica per la valutazione del territorio", Atti del Convegno SISS, Palermo, 12-15 ottobre 1982.
- SISS (1985), Metodi normalizzati di analisi del suolo, Edagricole, Bologna.
- Soil Conservation Service of N.S.W. (1977), Urban Capability Study: Banora Point - Tweed Heads.

- Soil Survey of England and Wales (1975), Soil Survey Field Handbook. Describing and sampling soil profiles, Techn. Monograph n° 5.
- Soil Survey Staff (1966), Aerial photointerpretation in classifying and mapping soils, Agr. HB n° 249, Dept. of Agriculture, Washington D.C.
- Soil Survey Staff (1975), Soil Taxonomy, Agr. HB n° 436, Dept. of Agriculture, Washington D.C.
- Soil Survey Staff (1985), Soil Survey manual, U.S.D.A. Soil Conserv. Service, Washington D.C.
- Soil Survey Staff (1990), Keys to Soil Taxonomy, Fourth ed., SMSS Techn. monograph, 6, Blacksburg, Virginia.
- Sys C. (1985), Land Evaluation, ITC, Gent.
- Thomas D. (1973), Urban Land Evaluation, in: Evaluating the urban environment, Arnold, London, 88-108.
- Tricart J., Kilian J. (1989), L'eco-geografia e la pianificazione dell'ambiente naturale, Franco Angeli, Milano.
- U.S. Bureau of Reclamation (USbr) (1953), Bureau of reclamation manual, vol V: Irrigated Land-Use, part 2, Land Classification, Denver, Colorado.
- Vacca S. (1984), "Gli aspetti pedologici, geologici e idrogeologici nella valutazione del territorio ai fini della redazione di un piano comprensoriale. Il caso del Coprensorio di 16 Oristano", La Programmazione in Sardegna, nn. 103-104, Cagliari.
- Vacca S. (1992), La valutazione dei caratteri del territorio nella pianificazione. Metodi e applicazioni. F. Angeli, Milano.
- Van Zuidam R.A., Van Zuidam-Cancellado F.I. (1979), Terrain analysis and classification using aerial photographs (a geomorphological approach), ITC Textbook of Photointer. Vol 7, Enschede.
- Villa F. (1989), Elementi di geologia ambientale, Clup, Milano.
- Vink A. P.A. (1981), L'evolution des terres par les differentes utilisations, Ist. Geol. Univ. Cagliari, P.F. Conserv. Suolo, CNR-U. O. n° 27, Cagliari.
- White L.P. (1978), Aerial photography and Remote sensing for soil survey, Oxford.
- Wink A.P.A. (1975), Land Use in Advancing Agriculture, Springer.
- Zonneveld L.S. (1979), Land Evaluation and Land(scape) science, Textbook of Photointerp., ITC, vol VII, Enschede.



*Sessione 2*

---

*Problemi agricoli e forestali*

# CARATTERI PEDOLOGICI, ATTITUDINE E PRODUTTIVITA' DEI SUOLI RECUPERATI DALLA BONIFICA NEL "BASSO PIAVE" (SAN DONÀ, VE)

**C. Bini, M. Franzoi, L. Gaion, Dipartimento di Produzione Vegetale e Tecnologie Agrarie, Università degli Studi di Udine.**

## **Riassunto**

Si riferisce di uno studio pedo-agronomico finalizzato alla migliore utilizzazione del territorio agricolo nel Comprensorio di Bonifica "Basso Piave" (San Donà, VE). In particolare si sono rilevati i suoli di un'azienda agraria rappresentativa di un'area del territorio di preminente interesse agricolo, evidenziandone la grande variabilità pedologica.

Lo studio di gran dettaglio dei suoli è stato integrato da conoscenze sulle produzioni medie aziendali, sì da ottenere una carta pedologica dell'azienda e le relative valutazioni dell'attitudine alla coltivazione delle principali colture erbacee da pieno campo del Comprensorio (mais, soia, bietola, frumento e girasole). Lo studio dettagliato delle caratteristiche pedologiche ha permesso di verificare che la limitazione più significativa circa l'utilizzazione agricola dei suoli è la loro difficoltà di drenaggio.

## **Introduzione**

Il Comprensorio del Basso Piave è un territorio pianeggiante facente parte quasi totalmente della Provincia di Venezia, mentre solo circa un 2 % della superficie ricade nella Provincia di Treviso.

Con riferimento all'analisi territoriale effettuata dal Consorzio di Bonifica Basso Piave, relativa al Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio Rurale, si è eseguito uno studio pedo-agronomico della azienda agraria Ca' Feconda, ricadente nella frazione di Palazzetto di San Donà (VE), facente parte appunto del Comprensorio Basso Piave.

Il fondo rustico ha una superficie di circa 55 ha ed è composto da tre appezzamenti divisi da fossi; è compreso negli elementi in scala 1:5000 n. 128041 (Tombolino) e n. 106162 (Ca' Turcata) della Carta Tecnica Regionale del Veneto. L'azienda fa parte di un'area di preminente interesse agricolo.

Il rilevamento, eseguito secondo la metodologia della *Soil Taxonomy* (U.S.D.A. 1975), è stato integrato da indagini sulle produzioni medie aziendali, ottenendo così:

- la localizzazione e la distribuzione dei diversi tipi di suolo, con redazione di una carta pedologica della superficie aziendale in scala 1:2000, base per la cartografia derivata;
- la valutazione dell'attitudine di questi suoli alla coltivazione delle principali colture erbacee da pieno campo praticate nel Comprensorio (mais, soia, bietola, frumento e girasole);
- la valutazione del rischio di sommersione legato alle difficoltà di drenaggio e allo scarso franco.

Quest'ultimo aspetto è risultato il più significativo circa le limitazioni all'utilizzazione agricola, poiché il 46 % della superficie aziendale presenta problemi di drenaggio.

## Geomorfologia

Il Comprensorio Basso Piave occupa una superficie di circa 56.000 ha; i suoli derivano principalmente dai depositi alluvionali del fiume Piave e, in minor misura, del Livenza. La natura litologica dei materiali depositati è quella del bacino imbrifero del Piave, cioè calcareo-dolomitica (Comel 1983).

La distribuzione dei suoli nel territorio è eterogenea, essendovi zone di alluvione recente, dove è notevole la presenza di sabbia e/o limo (circa 20000 e 22000 ha, rispettivamente), ed altre in cui la pedogenesi è più antica e, quindi, la tessitura più fine (circa 8000 ha).

Alcune trivellazioni per la ricerca di falde, effettuate nel Comprensorio nel periodo post-bonifica, hanno permesso di individuare strati profondi di sabbia e argilla, altri sottili di ghiaino e qualche formazione organica. In particolare nell'area studiata si sono rilevati orizzonti organici profondi di antica origine palustre.

Fino al primo millennio, tra il Piave ed il Livenza si estendeva la laguna di Cittanova (già *Heraclia*) che fu pian piano imbonita con le alluvioni sabbiose e sabbioso-limose dei due fiumi.

La rilevante presenza di sabbia nei suoli di Palazzetto è dovuta allo sbocco che qui aveva il Piave in seguito alla deviazione del suo alveo operata nel XVII secolo, con lo scopo di allontanare la sua foce il più possibile dalla Laguna di Venezia. Si formò allora il "Lago del Piave", ovvero una vasta zona paludosa circondata da arginelli.

Col passare degli anni le zone più basse del territorio divennero paludi ed acquitrini, finchè, a partire dalla seconda metà del XIX secolo, iniziò l'opera di bonifica; il prosciugamento dell'intero territorio fu completata nei primi anni del '900.

Il Comprensorio è attualmente caratterizzato da una bassa altimetria dei terreni e da limitate pendenze, che rendono lento il deflusso dell'acqua. L'80 % della superficie totale è a scolo meccanico.

## Paesaggio ed agricoltura

In uno studio della Provincia di Venezia (1990) si definisce il Basso Piave come territorio dove prevale il paesaggio agrario dei "campi estesi ed aperti", per la presenza di appezzamenti di accentuata estensione. Sotto il profilo agronomico si tratta di suoli di buona produttività, particolarmente utilizzati per colture da pieno campo (circa 80% della superficie), con sistemazioni idraulico-agrarie in piano alla ferrarese o, più di recente, a drenaggio tubolare sotterraneo. Non mancano aree a vigneto (8 %) e a frutteto (2 %), che forniscono una qualche varietà al paesaggio.

La presenza di siepi nella zona meridionale del Comprensorio è molto limitata; lungo il litorale invece vi sono aree a pineta anche con funzione di frangivento.

## Clima

Dal punto di vista termico il clima del Comprensorio è "temperato sub-continentale" (tipo climatico "C" della classificazione di Koppen).

Si ha infatti una temperatura media annua di 13 °C, una temperatura media del mese più freddo di 3 °C, 3 mesi con temperatura media > 20 °C ed una escursione termica annua di 21.2 °C.

I venti prevalenti sono la Bora ed il Levante nel semestre da novembre ad aprile, mentre da maggio ad ottobre prevale lo Scirocco (quasi quotidiano nel trimestre caldo).

La piovosità media annua nel territorio oscilla fra gli 800 ed i 1000 mm, con gradiente crescente da sud a nord.

Per la stima del pedoclima si è seguito il metodo del bilancio idrico di Thornthwaite-Mather (1955), elaborando i dati di pioggia (precipitazioni medie mensili del periodo 1960-1990) del pluviometro di Ponte Crepaldo del Consorzio di Bonifica, localizzato a circa 1 Km di distanza dall' area studiata.

Prescindendo dagli apporti irrigui, si è eseguita l'elaborazione dei dati con il programma *Newhall Simulation Method* (1986).

Considerando un' A.W.C. di 100 mm, si è ottenuta la seguente formula climatica:

$B1 r B' 2 b' 3$

che evidenzia un clima umido con lieve deficienza idrica estiva; la varietà climatica è del secondo mesotermico e la concentrazione estiva dell'efficienza termica è compresa tra il 51.9 e il 56.3 %. Il regime di umidità dei suoli è udico, mentre il regime termico mesico.

### **Pianificazione e pedologia**

Tra gli strumenti di pianificazione territoriale, una particolare importanza riveste il Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio Rurale (PGBTTR) la cui redazione, ad opera del Consorzio di Bonifica Basso Piave, ha richiesto uno studio analitico della situazione socio-economica e pedo-agronomica, idraulica ed ambientale del Comprensorio di competenza.

Questo Piano è infatti finalizzato alla sicurezza idraulica, alla tutela delle risorse suolo ed acqua, alla tutela della destinazione agricola del territorio rurale ed alla valorizzazione della sua potenzialità produttiva.

Il presente studio si inserisce nel quadro di approfondimento delle indagini previsto dal citato piano.

In base a parametri fisici, socio-economici ed agronomici, tutta l'area è stata classificata nel PGBTTR come "soggetta ad elevata tutela" dall'uso extra-agricolo dei suoli, ovvero non dovrà essere interessata da sottrazioni di suolo per usi extra-agricoli, ma dovrà essere salvaguardata per il suo ruolo fondamentale sul piano produttivo e, in prospettiva, sulla tenuta dell'assetto territoriale.

Ancora, nella cartografia 1:50.000 allegata al PGBTTR della tutela degli ambiti territoriali agricoli l'azienda ricade in un'area definita di "preminente interesse agricolo".

Infine, secondo la classificazione agronomica del territorio (basata sulla "Land Capability Classification") il fondo appartiene alla "prima classe, con terreni sabbioso-limosi e limosi"; parte di questi (area aziendale a minor quota) ricade poi nella sottoclasse "a temporanea difficoltà idraulica".

Col presente lavoro di rilevamento, quindi, si approfondiscono le conoscenze pedo-agronomiche di questa azienda rappresentativa della zona, ponendo attenzione alla caratterizzazione dei suoli, alla loro produttività ed alle loro limitazioni, in particolare di drenaggio.

### **I suoli**

La densità di osservazione di 6.25 trivellate ad ettaro ha permesso di evidenziare delle unità pedologiche distinte tra loro anche per singoli caratteri (in particolare la tessitura).

Le osservazioni con trivella manuale tipo "Olandese" di 120 cm sono state supportate dallo studio e campionamento dei profili di 20 trincee scavate meccanicamente.

Sulla base delle informazioni raccolte, si sono definite (secondo la *Soil Taxonomy*) 2 unità tassonomiche a livello categorico di ordine, 9 a livello di sottogruppo, 35 a livello di famiglia e 45 a livello di serie (proposte).

Trattasi, come già scritto, di suoli alluvionali, per lo più molto profondi, privi di scheletro, alcalini ed eccessivamente dotati di calcare (calcare totale > 50 %).

Entrando nel dettaglio della tassonomia, si è innanzitutto individuato l'ordine degli Entisuoli, con profilo Ap AC C o Ap C.

L'orizzonte minerale superficiale (Ap) ha subito la perturbazione dovuta alle normali lavorazioni agrarie e ha un contenuto di sostanza organica dello 0.5-1.6 %.

Gli orizzonti C sono incoerenti, spesso massivi, con qualche carattere della struttura della roccia madre e, spesso, hanno carattere di pseudogley (Cg) o gley, aventi cioè condizioni di drenaggio difficoltoso.

Ci può anche essere la presenza di un orizzonte di transizione tra i due precedenti (AC).

Nell'ambito di questo ordine si sono rilevati i seguenti sottogruppi:

*Typic* ed *Aquic Udifluvents*, *Thapto-Histic Udifluvents* (no *Soil Taxonomy*), *Typic Udipsammments*, *Typic Fluvaquents*.

I *Typic Udifluvents* rappresentano la maggior parte dell' area studiata (24.69%) ed hanno una buona capacità di drenaggio.

I tipi "Aquici" degli *Udifluvents* (22.97%) e i *Typic Fluvaquents* (4.21%) presentano difficoltà di smaltimento dell'acqua in eccesso, come testimoniato dalla presenza di abbondanti screziature grigie e rossastre entro l'epipedon.

I *Typic Udipsammments* (3.83%) hanno uno strato sabbioso o sabbioso-franco almeno al di sotto dei primi 40 cm, fino a circa un metro, e presentano perciò un buon (se non eccessivo) drenaggio.

Il sottogruppo dei *Thapto-Histic Udifluvents* (1.91%) non è previsto dalla *Soil Taxonomy*.

Si è adottato *ad hoc* per identificare degli *Udifluvents* sovrastanti Histosuoli sepolti, aventi il limite superiore entro 1 m (e ad almeno 70 cm) di profondità, la cui genesi è avvenuta grazie al regime palustre di questa zona nei secoli scorsi.

Con minor frequenza si è poi rilevato l'ordine più evoluto degli Inceptisuoli, con profilo di tipo Ap Bw C.

L'orizzonte diagnostico di profondità è di tipo cambico (Bw), avente una struttura per lo più poliedrica subangolare; in alcune zone si è evidenziato un orizzonte Bg, con caratteri di pseudogley, cioè caratterizzato dalla presenza di abbondanti screziature a basso *chroma*, che testimoniano la difficoltà di drenaggio di questi suoli.

Tra questi si sono individuati i sottogruppi dei *Typic*, *Aquic*, *Fluentic* e *Fluvaquentic Entrochrepts*.

Gli ortotipi *Aquici* (14.64%) si differenziano dai Tipici (22.58%) per il fatto di possedere un orizzonte Bg con limite superiore entro i primi 60 cm; in entrambi il contenuto di sostanza organica diminuisce con la profondità.

Nei *Fluentic* (0.96%) e *Fluvaquentic Entrochrepts* (4.21%) il contenuto di sostanza organica è relativamente alto in profondità; i secondi si differenziano per l'aver screziature a basso *chroma* entro 60 cm dalla superficie.

Dato che l'origine litologica e il regime termico sono gli stessi per tutti i suoli, le famiglie si differenziano solo per la tessitura dell' epipedon Ap.

Le famiglie tessiturali rilevate sono: argilloso fine (A = 35-60 %; S < 65 %), franco fine (A = 18-35 %; S = 15-82 %), sabbiosa (A < 15 %; S > 70 %), franco grossolana (A < 18 %; S > 15 %) e limoso fine (A = 18-35 %; S < 15 %).

Infine, in base alla diversa tessitura dell'orizzonte sottostante all'Ap, si sono definite le serie, attribuendo arbitrariamente dei nomi derivanti dalla toponomastica locale.

### **Attitudine alle principali colture erbacee**

Le carte di attitudine alla coltivazione delle colture sono un esempio concreto di utilizzazione della cartografia pedologica. Col presente studio, visto il dettaglio adottato nel ril-

Enti-

ali la-

a della  
lizzazioni

C).

Udip-

hanno

o diffi-  
di ab-

o al di  
on ec-

omy.

aventi

venuta

profilo

per lo  
ratteri  
basso

uentic

sedere  
di so-

za or-  
ziature

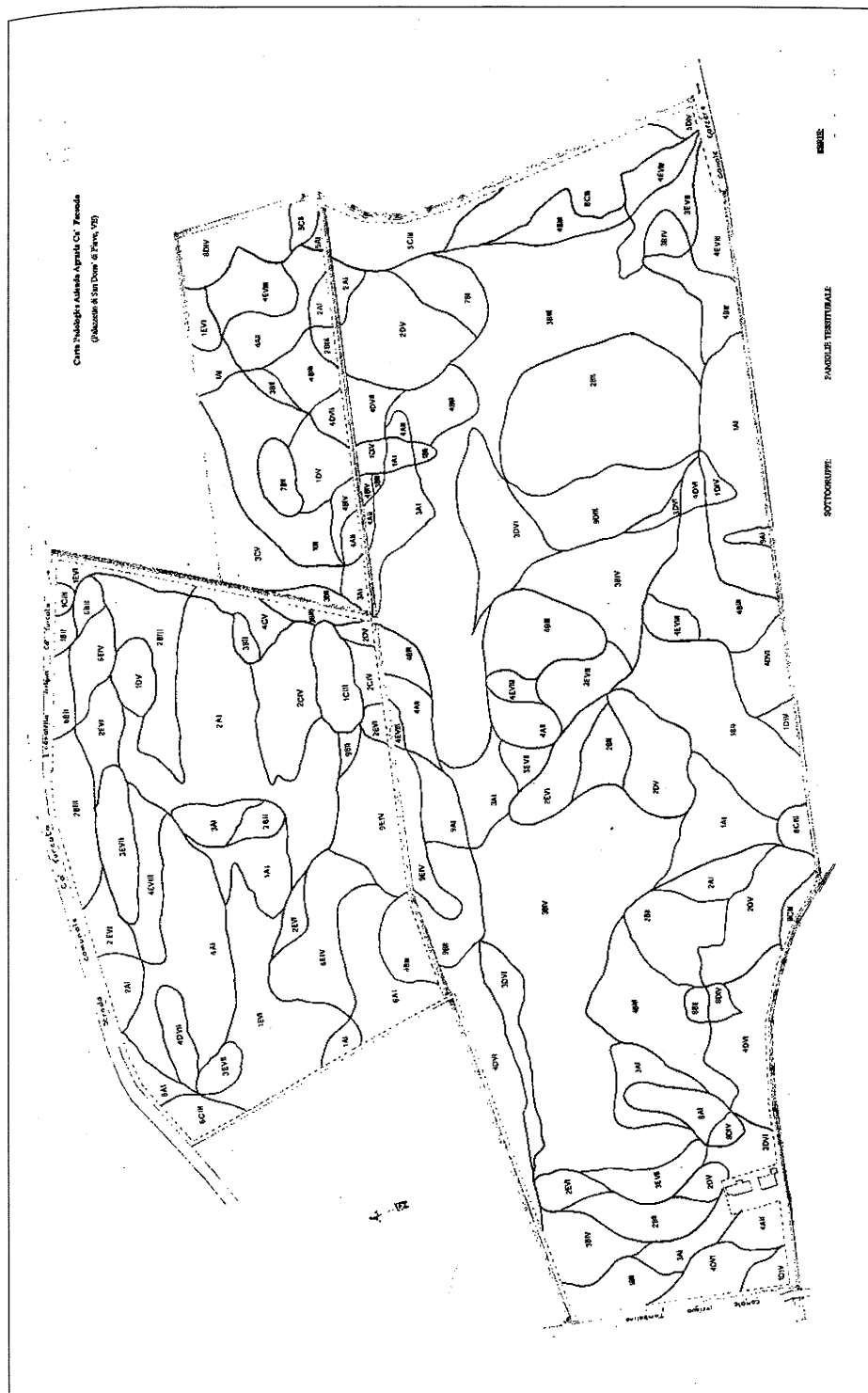
miglie

o fine  
A < 18

ite le

utiliz-

nel ril-



vamento, forniscono suggerimenti per scelte a livello aziendale.

Il principio informatore della cartografia di attitudine è di attribuire ad ogni unità pedologica un giudizio di idoneità ad un determinato tipo di uso.

Le classi di attitudine non esprimono necessariamente dati quantitativi di produzione, bensì diversi livelli di rendimento energetico ed economico.

Così, la classe dei suoli "molto adatti" a certe colture esprime una situazione per cui è massimo il rendimento potenziale medio ottenibile; mentre la classe dei suoli "poco adatti" indica una situazione in cui la coltura è di difficile realizzazione o, comunque, fornisce rese basse od incostanti.

Sul fondo aziendale si alternano nei tre appezzamenti il mais, il frumento, la soia, la barbabietola e, dal 1994, il girasole "no food" (su superficie a SET-ASIDE).

Le rese medie aziendali (t/ha) riscontrate negli ultimi anni sono le seguenti:

-mais (granella)	10.6
-frumento	6.5
-soia	4.2
-bietola (fittoni)	60.0
-girasole	3.0

In base al rilevamento pedologico, si è stimata la capacità d'uso di questi suoli nei confronti di queste colture, come riassunto nella tabella 1.

I *Typic Udifluvents* (i più diffusi in azienda) sono molto adatti alla coltivazione di mais, frumento, soia e girasole. Essi ricadono in classe S1, non presentando limitazioni di rilievo ed essendo quindi capaci di assicurare più dell'80 % della produzione massima.

Gli stessi risultano invece moderatamente adatti alla bietola per problemi di tessitura (S2,t).

Gli *Aquic Eutrochrepts* presentano un'attitudine moderata per tutte e cinque le colture (S2), avendo come fattore limitante il drenaggio (w) e, solo per mais e girasole, anche la tessitura (t).

Ottimi per soia e bietola sono i *Typic Eutrochrepts* (S1), mentre presentano dei problemi legati alla tessitura per le altre colture.

I *Fluventic Eutrochrepts* ricadono nella classe S2 per tutte le colture, avendo problemi di drenaggio e/o tessitura.

Sono marginalmente adatti (S3) gli *Aquic* e *Thapto-Histic Udifluvents*, i *Typic Udipsamments* e i *Fluvaquentic Eutrochrepts*. Il loro declassamento è dovuto al drenaggio

Unità pedologiche	mais	frumento	soia	bietola	girasole
<i>Aquic Eutrochrepts</i>	S2,t,w	S2,w	S2,w	S2,w	S2, t, w
<i>Typic Eutrochrepts</i>	S2,t	S2,t	S1	S1	S2, t
<i>Aquic Udifluvents</i>	S3,w	S3,w	S3,w	S3,w	S3, w
<i>Typic Udifluvents</i>	S1	S1	S1	S2,t	S1
<i>Thapto-Histic Udifluvents</i>	S3,t	S3,t	S3,t	S3,t	S3, t
<i>Typic Fluvaquents</i>	N,w	N,w	N,w	N,w	N, w
<i>Fluventic Eutrochrepts</i>	S2,t,w	S2,t,w	S2,w	S2,w	S2, w
<i>Typic Udipsamments</i>	S3,t	S3,t	S3,p,t	S3,p,t	S3, p, t
<i>Fluvaquentic Eutrochrepts</i>	S3,w	S3,w	S3,w	S3,w	S3, w

Tab.1. Capacità d'uso dei suoli rilevati nei confronti delle colture erbacee

imperfetto e/o alla tessitura grossolana o alla scarsa profondità (p), sicchè si hanno in essi produzioni pari al 40-60 % della massima.

I *Typic Fluvaquents*, di limitata estensione, non sono adatti alla pratica di tutte e cinque le colture (N), dato il loro lento drenaggio. La produzione è allora ridotta a meno del 40 % della massima.

### Condizioni idrauliche ed agronomiche aziendali

Si è evidenziato come tra le principali limitazioni agronomiche di alcuni dei suoli rilevati vi sia la loro difficoltà di drenaggio.

La sistemazione idraulica del fondo è a drenaggio tubolare sotterraneo (impianto eseguito nei primi anni '80).

I tubi drenanti in PVC sono rivestiti con fibra di cocco, hanno un diametro di 65 mm e possiedono una pendenza verso i capofossi del 2<sup>a</sup>. La loro profondità minima è di 0.95 m e la massima (di sbocco) di 1.1 m.

Se la situazione idraulica ed agronomica è migliorata rispetto alla precedente sistemazione in piano alla ferrarese (con scoline e capofossi), tuttavia il rilevamento pedologico ha confermato che in alcune aree il drenaggio non è ancora ottimale.

Nello studio del Consorzio si evidenzia inoltre che una parte della superficie aziendale (a minor quota, e quindi a minor franco di bonifica), può presentare una temporanea difficoltà idraulica ed essere soggetta ad allagamento con piogge di una certa consistenza.

I sottogruppi *Aquic Udifluvents*, *Aquic e Fluvaquentic Eutrochrepts* e i *Typic Fluvaquents* (rappresentanti nel complesso il 46 % della superficie) sono quelli che possiedono la maggior lentezza nell'allontanamento dell'acqua in eccesso, come è testimoniato anche dalla notevole presenza di screziature grigie e rossastre (legate ai fenomeni di ossido-riduzione del Fe e Mn) entro i primi 40 cm di suolo (epipedon Ap) e come si può verificare dopo un evento piovoso.

Leggermente migliore è il drenaggio dei *Thapto-Histic Udifluvents* e dei *Fluentic Eutrochrepts* (nel complesso il 3% della superficie), che presentano figure di idromorfia più in profondità (tra i 40 e gli 80 cm).

Ottimale è invece la capacità di drenaggio dei rimanenti sottogruppi dei *Typic Eutrochrepts*, *Typic Udifluvents* e *Typic Udipsamments* (nel totale il 51% della superficie).

Il problema del drenaggio è dovuto, prima di tutto, alla presenza in alcune aree di orizzonti poco permeabili, massivi e a tessitura fine al livello o al di sopra del piano dei dreni. Del resto, nella posa dei tubi si è dovuto tenere conto della situazione pedologica "media", per cui si è fatto un compromesso tra interdistanza dei dreni (minore per situazioni tessiturali più fini) e costo dell'impianto.

Sembra insufficiente, poi, la pendenza del 2<sup>a</sup> verso i capofossi conferita alla superficie, vista anche la lunghezza dei campi.

C'è inoltre da rilevare che, dopo il naturale assestamento del terreno dopo la posa dei tubi, non si è effettuato un intervento di ripristino delle pendenze della superficie, in cui si notano appunto degli avvallamenti.

Vista anche la presenza piuttosto superficiale in alcune aree (vedonsi i *Thapto-Histic Udifluvents*) di strati organici (poco permeabili e soggetti a mineralizzazione) e la subsidenza del terreno in corrispondenza dei fossi riempiti, può esserci stata una deformazione del profilo delle tubature, con conseguente loro peggior funzionamento.

Dato che quasi la metà della superficie in questione ha difficoltà di drenaggio, è opportuno - da un punto di vista agronomico - un intervento migliorativo.

Le analisi chimiche dei primi 40 cm di suolo hanno poi evidenziato uno scarso contenuto di sostanza organica (< 2 %) legato anche all'alto contenuto in calcare.

Un apporto organico avrebbe certamente anche un benefico effetto sulla struttura e quindi



sulla prevenzione della formazione di crosta superficiale, riscontrata soprattutto per la famiglia tessiturale limoso fine.

La più approfondita conoscenza di questi suoli, ottenuta col presente rilevamento, è certamente la base di partenza per studiare tecniche di coltivazione innovative, ovvero sistemi di lavorazione conservativi (minima o non lavorazione), che permettano un miglior sfruttamento di questa risorsa.

### **Conclusioni**

Il rilevamento pedologico di grande dettaglio dell'Azienda Ca' Feconda ha permesso di effettuare un'analisi "puntuale" in un'area di preminente interesse agricolo del Comprensorio Basso Piave.

Si è riscontrata una certa eterogeneità pedologica, essendovi individuate 45 unità di suoli, secondo la *Soil Taxonomy*.

La conoscenza dei suoli ha permesso di evidenziarne anche le limitazioni (in particolare il 46% della superficie presenta un drenaggio difficoltoso), così da poter proporre possibili miglioramenti ai fini della pratica agricola.

Per inciso - prescindendo dalle caratteristiche socio-economiche che hanno già permesso di classificare il fondo aziendale come soggetto ad elevata tutela dall'uso extra-agricolo - con lo studio di dettaglio si sono rilevate delle caratteristiche dei suoli (tessitura sabbiosa, orizzonti organici relativamente superficiali, condizioni di saturazione prolungata) che, effettivamente, sconsigliano (o per lo meno rendono non immediata) un'eventuale loro destinazione che non sia la pratica agricola. A tal proposito si considerino i *Typic Udipsamments* sabbiosi, i *Thapto-Histic Udifluvents* e i tipi a peggior drenaggio.

Non c'è da dimenticare, comunque, che una parte rilevante della superficie aziendale è costituita da suoli ad elevata attitudine alle normali colture e quindi di indubbia vocazione agricola, la cui più dettagliata conoscenza permette di programmare tecniche di lavorazione rispondenti alle esigenze di risparmio dei costi e di conservazione della fertilità.

Il presente lavoro offre allora un esempio che conferma l'importanza del rilevamento pedologico al fine di acquisire le conoscenze di base per la pianificazione e, quindi, per il corretto uso e destinazione dei suoli, tanto in un'ottica aziendale che territoriale.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il Consorzio di Bonifica Basso Piave per le preziose notizie sul territorio e per la possibilità offerta di consultazione del materiale relativo al Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio Rurale.

### **Bibliografia consultata**

- AAVV, 1984. Cartografia tematica per la valutazione del territorio del Comprensorio della Bassa Pianura Modenese. Servizio informativo e statistico. Regione Emilia Romagna.
- AAVV, 1983. Studio geopedologico ed agronomico del territorio provinciale di Venezia (parte nord orientale). A cura della Provincia di Venezia. Grafiche G. C. Tonolo, Mirano (VE).
- AAVV, 1989. Drenaggio Tubolare. Gli Speciali di Terra e Vita. Edagricole. Bologna.
- AAVV, 1990. Indagine sulla fertilità chimica e biologica di alcuni terreni del Basso Piave. Provincia di Venezia. Franco Angeli Libri s.r.l., Milano.

- AAVV, 1990. Provincia di Venezia, Speciale paesaggio agrario. n.4/6. Grafiche G. C. Tonolo, Mirano (VE).
- AAVV, 1990. Il drenaggio tubolare sotterraneo: condizioni ed ambiti applicativi nelle terre del Basso Piave. Indagine del Consorzio di Bonifica Basso Piave. San Dona` (VE).
- AAVV, 1993. Assetto idrogeologico ed agronomico del territorio provinciale. Supp. al n. 4/92 de Provincia di Venezia. Tipografia Commerciale, Venezia.
- Bigi L., Rustici L., 1984. Regime idrico dei suoli e tipi climatici in Toscana. Centro Stampa della Giunta Regionale Toscana.
- Bini C., Del Sette M., Mercati F., Micillo G., 1991. I suoli del bacino alto Torrente Virginio (Val di Pesa, Firenze). E.T.S.A.F.; CNR; Centro Studio Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo, pubbl. n. 119. Eurostampa, Firenze.
- Bini C., Bulfoni D., Giovanardi R., Menegon S., Michelutti G., Nassimbeni P., 1993. Studio pedo-agronomico dell'Alta Pianura Friulana. Riv. di Agronomia n. 2. Edagricole, Bologna.
- Fassetta L., 1977. La Bonifica nel Basso Piave. Unione Provinciale degli Agricoltori di Venezia. Tipoffset Gasparoni, Venezia.
- Guidoboni G., Mannini P., 1993. Drenaggio e subirrigazione. Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo. Edagricole, Bologna.
- Montgomery P. H., Klingelbiel A. A., 1961. *Land Capability Classification* USDA. Soil Conservation Service USDA, Handbook 210. Washington.
- Pinna M., 1977. Climatologia. UTET, Torino.
- Sanesi G., 1977. Guida alla descrizione del suolo. CNR, Progetto finalizzato alla conservazione del suolo, Firenze.
- Thornthwaite W., Mather J. R., 1957. *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance*. Centerton.

# **APPLICAZIONE DEL SISTEMA ESPERTO "FOCOSU" PER LA PIANIFICAZIONE E GESTIONE DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI DI POGGIO DEL COMUNE (SIENA).**

**E. Gregori, E.A.C. Costantini, Istituto Sperimentale Studio e Difesa del Suolo - Firenze.**

## **Riassunto**

Un'area collinare della Toscana Centrale a destinazione prevalentemente forestale è stata oggetto di un'analisi territoriale multidisciplinare. Tutte le informazioni raccolte (geologia, geomorfologia, fisiografia, pedologia, uso del suolo, copertura forestale ed opere antropiche) sono state archiviate e gestite tramite G.I.S. Le unità di paesaggio utilizzate come base cartografica per le successive valutazioni di tipo pianificatorio sono derivate dall'applicazione dei metodi dell'Ecologia del Paesaggio (Landscape Ecology), attraverso la definizione di livelli diversi di classificazione del territorio (unità di terre, ecotopi, fasi). Il sistema esperto FOCOSU (FOresta e COnservazione del SUolo) è stato applicato all'insieme dei dati che caratterizza la situazione attuale, evidenziando livelli generalmente contenuti di erosione idrica ma anche la presenza di un numero non trascurabile di ecotopi a rischio, nei quali la gestione della copertura forestale può assumere un ruolo determinante ai fini della conservazione del suolo. L'analisi dell'informazione ottenuta ha messo in luce la scarsa incidenza di alcuni fattori (clima, morfologia e copertura) sui processi erosivi, che appaiono controllati invece dalle caratteristiche del suolo e, soprattutto, dall'interazione fra dissesti in atto e modificazioni di origine antropica. A partire dalla quantificazione del valore di protezione della copertura vegetale e della tollerabilità dei livelli erosivi stimati, le 334 delineazioni territoriali individuate sono state classificate sulla base delle conseguenze attese in risposta alla modificazione della copertura vegetale, a cui corrispondono ipotesi alternative di pianificazione e di gestione delle risorse forestali (bosco di protezione, selvicoltura di tipo conservativo, intensivo, etc.). Per le situazioni a maggior rischio sono state infine individuate le strategie di intervento più efficaci ai fini del controllo dei processi erosivi.

## **1. Introduzione**

La pianificazione multiobiettivo delle risorse forestali presuppone il riconoscimento e la "quantificazione" delle diverse funzioni ad esse associate (BIANCHI, 1991), come pure delle conseguenze afferibili a ipotesi programmatiche di tipo alternativo (per esempio: forma di governo e di trattamento) o a scelte di tipo gestionale (epoca e modalità degli interventi).

E' generalmente condiviso che la copertura forestale eserciti un'efficace azione di protezione nei confronti dell'erosione del suolo, dei deflussi delle acque superficiali e dei fenomeni di instabilità dei versanti. Questa generica affermazione, confortata peraltro da varie esperienze ed evidenze, ha trovato e trova sempre più applicazione in disposizioni legislative e normative che mirano alla tutela ambientale ed alla prevenzione dei dissesti. Interventi di varia natura (rimboschimento, allungamento del turno, conversione all'altofusto, aumento della matricinatura, etc.) vengono pertanto proposti o imposti, anche in

assenza di criteri oggettivi per la definizione dell'efficacia protettiva del bosco in relazione alle modificazioni indotte dagli stessi interventi e quindi nell'impossibilità pratica di quantificarne i "benefici" attesi.

FOCOSU rappresenta un tentativo di formalizzare una procedura affidabile e riproducibile per la valutazione del valore di protezione della copertura forestale nei confronti dell'erosione idrica del suolo. Esso utilizza alcune procedure della versione forestale della Universal Soil Loss Equation (USLE, DISSMEYER e FOSTER, 1984) per stimare il tasso annuo di erosione, ma anche tecniche proprie dei Sistemi Esperti (fuzzy logic o logica sfocata) per definire il valore di protezione del bosco. Il prototipo in questione - concepito nell'ambito del Progetto "Il Bosco e i suoi valori", finanziato dalla Direzione Risorse Forestali, Montane e Idriche del MIRAAF e coordinato da M. Bianchi dell'Istituto Sperimentale Assesamento Forestale ed Alpicoltura di Trento - è in grado di fornire, per unità di territorio relativamente omogenee, le seguenti valutazioni:

- *grado di suscettibilità potenziale* ai processi erosivi, dipendente dalla combinazione di fattori naturali (clima, suolo, morfologia) che caratterizza ogni delimitazione territoriale;
- *grado di suscettibilità reale*, ovvero il livello a cui si esprime la potenzialità precedentemente definita, associabile all'uso storico ed attuale delle risorse e/o ad eventi contingenti;
- *stima del tasso medio di erosione idrica*;
- *livello di tollerabilità* delle stime suddette, in relazione ai fattori della pedogenesi e alla possibilità di trasmissione dei fenomeni di dissesto alla situazione circostante;
- *valore di protezione* della copertura vegetale;
- *criteri guida* per la gestione dei soprassuoli, sotto forma di limitazione alle modificazioni della copertura forestale, ai fini del mantenimento di livelli accettabili di erosione del suolo.

## 2. Metodologie adottate

La ricerca ha utilizzato alcuni principi e metodi propri dell'Ecologia del Paesaggio, definibile secondo VOS e STORTELDER (1992) come la "disciplina che studia le proprietà funzionali, strutturali e temporali che rendono un paesaggio un'organizzazione caratteristica di ecosistemi". Il paesaggio viene allora inteso come una unità ambientale costituita da un *sistema di ecosistemi*, da cui i termini di "*ecomosaico*" o "*ecotessuto*" (FARINA, 1991, INGEGNOLI, 1991). Altro aspetto importante di questa metodologia di analisi del territorio è il fatto che l'azione dell'uomo non viene considerata come un fattore esterno di disturbo, bensì come una componente primaria, interagente con gli ecosistemi che si sono evoluti insieme e attraverso l'intervento antropico (NAVEH, 1992).

Lo studio delle componenti del paesaggio di Poggio del Comune è iniziato con il rilevamento geomorfologico della zona, in base al quale sono state identificate le aree contraddistinte da processi geomorfologici analoghi per tipo ed intensità: le *unità fisiografiche*, o "*fisiotopi*". Contemporaneamente sono stati realizzati l'indagine pedologica di dettaglio, il rilevamento della vegetazione e delle opere antropiche. Per tutti questi aspetti è stata allestita una cartografia tematica in scala 1:25000 (COSTANTINI et al. 1993).

Le informazioni provenienti dai diversi settori disciplinari sono state integrate in modo da individuare delle aree omogenee per caratteri e processi evolutivi a carico delle forme, dei suoli, della vegetazione e dell'attività antropica: gli *ecotopi*.

Le informazioni provenienti da ogni tematismo sono state raccolte ed elaborate su supporto magnetico tramite i software PARADOX® e AUTOCAD®, a cui ha accesso il Sistema Geografico Informativo (GIS) da noi utilizzato (CARTHA.WIN®).

Il processo valutativo di FOCOSU, implementato in una "cartella di lavoro" di EXCEL®, è articolato in sette settori, corrispondenti ai principali gruppi di fattori analizzati (riquadri

chiari di Fig. 1) e alla valutazione dell' "ammissibilità", la cui combinazione progressiva individua dei valori di suscettibilità all'erosione, espressi da indici compresi fra 1 (assenza di rischio) e 0 (massima suscettibilità). Il modello realizzato richiede la definizione, per ciascuna unità di analisi del territorio o per gruppi di esse, di un set di una sessantina di variabili descrittive, di cui 28 di tipo quantitativo. Rinviano ad una nota già pubblicata (GREGORI et al., 1993) per i dettagli sulla logica e sulla strutturazione della procedura, si ricorderà che le variabili esplicative sono state combinate ricorrendo a tecniche della teoria degli insiemi sfocati (ZIMMERMANN, 1987), che consente di trasformare il linguaggio associato ad un dato processo decisionale in un corrispondente modello logico-matematico.

Il risultato della procedura valutativa è rappresentato da un indice assoluto e uno relativo del valore di protezione della copertura vegetale nei confronti dell'erosione idrica del suolo; queste risposte sono rispettivamente VALASSOPROTEZ, ovvero la differenza fra gli indici di suscettibilità reale e potenziale (con e senza la copertura) e quindi il miglioramento della situazione associabile alla presenza della vegetazione e della copertura morta al suolo, e VALRELPROTEZ, pari al rapporto del valore assoluto con la suscettibilità reale, che sta ad indicare il contributo relativo della copertura nella formazione dell'indice di suscettibilità.

Confrontando il valore di protezione con la suscettibilità reale FOCOSU fornisce infine una risposta finale, definita SUGGERIMENTI, che valuta le possibili conseguenze dell'alterazione della copertura vegetale sui processi di erosione del suolo. Le espressioni utilizzate per formulare questo giudizio ("vai tranquillo", "vai con prudenza", "non interferire" e "incrementa"), sebbene poco formali, risultano piuttosto efficaci ed immediate, mentre la loro traduzione in termini di gestione dei soprassuoli deve essere commisurata alle diverse realtà ambientali. Le opzioni di carattere sia pianificatorio (per esempio tra forme di governo e di trattamento diverse), che di tipo operativo (per esempio intensità di matricinatura, estensione massima delle tagliate, etc.) possono essere comunque simulate e confrontate tramite FOCOSU.

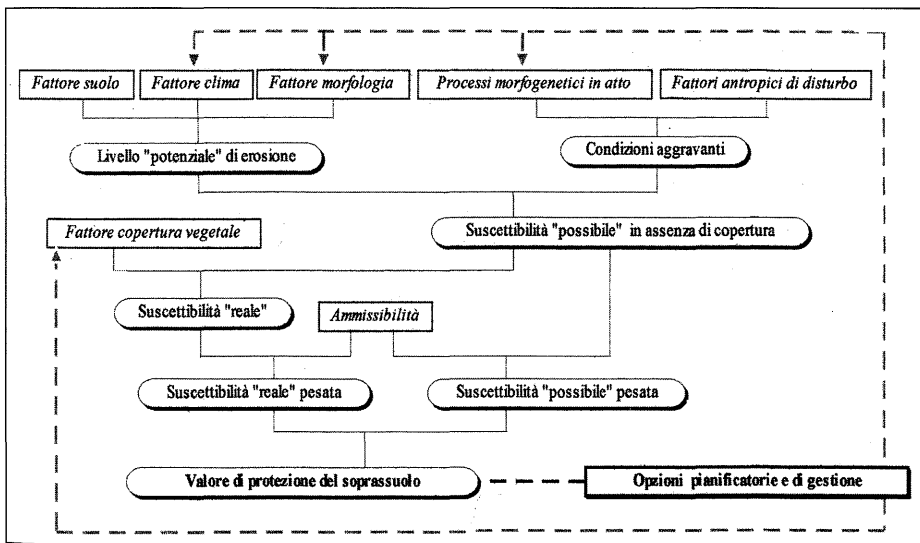


Fig. 1. Rappresentazione schematica del processo valutativo adottato in FOCOSU; le frecce indicano le possibili azioni di ritorno.

### 3. Lineamenti ambientali dell'area di studio

Il rilievo di Poggio del Comune, situato nei pressi dell'abitato di S.Gimignano (Siena), è costituito da una modesta altura (624 m s.l.m.) facente parte della "dorsale medio-toscana" che si sviluppa lungo tutta la Toscana centro meridionale, dalle Alpi Apuane fino alle Colline Metallifere. I substrati che compongono la dorsale sono in prevalenza di origine molto antica (Permiano, Triassico) e di aspetto litoide (calcari, marmi, quarziti); i suoli che ne derivano soffrono in genere di gravi limitazioni di fertilità dovute all'eccessiva pietrosità e rocciosità e al ridotto spessore. Da qui la destinazione prevalentemente forestale che da sempre li contraddistingue.

Il clima dell'area è stato definito in base ai dati pluviometrici della stazione di San Gimignano (Lat.N. 43°28'; quota 332 m). La piovosità media annua è di 836 mm, con valori massimi in ottobre (103.0 mm) e novembre (108.5 mm) e minimi in luglio (28.2 mm) e agosto (38.1 mm). La temperatura media annua è di 14.7 °C; i mesi più caldi sono luglio (25.0 °C) e agosto (23.3 °C), quelli più freddi gennaio (4.7 °C) e febbraio (6.9 °C). Il clima di San Gimignano, secondo Köppen, è mesotermico umido a carattere mediterraneo (Csa). Per quanto riguarda il pedoclima, dall'elaborazione del bilancio idrico secondo NEWHALL (1972) si è potuto constatare che per i suoli con una acqua disponibile (AWC) pari a 200 mm il regime idrico è Ustico. Tenuto conto degli effetti della morfologia sulla quantità di pioggia utile, come suggerito dalla FAO (1990), si ha tuttavia un pedoclima Xerico per i suoli posti su pendici più acclivi del 30%, mentre per alcune posizioni particolarmente aduggiate e di impluvio il tipo più probabile è quello Udico. Analogamente, il regime termico dei suoli è prevalentemente Termico, salvo alcune posizioni morfologiche particolari, in cui è probabilmente Mesico.

#### 3.1 Le forme

La morfologia dell'area è condizionata principalmente da due fattori: la natura calcarea del substrato, con il conseguente processo di carsificazione, e la dinamica tettonica.

L'inizio del carsismo è da riferirsi al momento dell'emersione del rilievo, avvenuta nel Miocene, come testimoniato dal fatto che le principali forme carsiche sono state parzialmente smantellate e riempite dalla trasgressione marina pliocenica. L'azione di rimodellamento operata dal mare e, soprattutto, dal sollevamento causato dai movimenti tettonici (particolarmente attivi durante il Pliocene inferiore e medio) sono stati causa della parziale distruzione di molte delle doline più grandi e della formazione di scarpate e ripiani. Durante il Pleistocene, il rilievo è stato interessato da intensi fenomeni di colluvionamento, con la formazione di spessi depositi su tutte le superfici stabili; attualmente, oltre al carsismo, sempre molto attivo, il perdurare del sollevamento induce ad una naturale erosione dei depositi colluviali e residuali, con prevalenza di fenomeni lineari (incisioni di tipo gully, arretramento della testata dei corsi d'acqua effimeri ed erosione di sponda).

Il rilevamento geomorfologico ha consentito di individuare in questo ambiente quattordici unità fisiografiche principali: fondovalle piano (unità cartografica Fp), superficie sommitale e crinale (So), versante (V), versanti con vallecole a V (Vv), versante con incisioni (Vi), parte bassa di versante (Vb), scarpata strutturale (Sc), scarpata fluviale (Sf), versante intensamente carsificato (Vk), versante di dolina (Db), fondo di dolina (Df), dolina (D), ripiano (R) e ripiano intensamente carsificato (Rk).

#### 3.2 I suoli

L'attuale linea evolutiva dei suoli di Poggio del Comune è quella tipica degli ambienti a clima mediterraneo e su roccia carbonatica: i suoli tendono a divenire rossastri non appe-

na si forma un orizzonte cambico e ad accumulare argilla di illuviazione non appena i carbonati vengono lisciviati. Anche il fattore morfologia svolge tuttavia un'importanza determinante sulla pedogenesi: su tutte le superfici stabili, o che tali sono state nel passato, sono presenti infatti suoli molto profondi ed antichi, evoluti sia "in situ" (suoli residuali) che su depositi colluviali (COSTANTINI et al. 1992).

Il rilevamento pedologico ha consentito di identificare una ventina di suoli diversi, nonostante che i pedoambienti fondamentali di Poggio del Comune siano riconducibili essenzialmente a quattro, cui corrispondono altrettante serie di suoli, denominate Castelvecchio, Sferracavalli, Caggio e Poggio Ucello. La serie Castelvecchio individua gli ambienti con suoli molto sottili e ai primi stadi di evoluzione, dove predomina la macchia mediterranea, classificabili secondo la Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1992) come Xerorthent litici, scheletrico franchi, misti (calcarei), termici; essa è stata suddivisa nella fase delle scarpate (unità cartografica C1), nella fase delle sommità e versanti (C2) e nella variante frammentale (C3: Xerorthent litici, frammentali, misti non acidi, termici). Dal punto di vista della sensibilità all'erosione, questi suoli sono tra quelli meno soggetti, con un valore del fattore K della USLE (WISCHMEIER e SMITH, 1978) relativamente basso, pari in media a 0.14 (unità pfs).

I suoli della Sferracavalli (Xerochrept litici, fini, misti, termici) sono anch'essi soggetti ai processi di erosione idrica e di corrosione carsica, ma in misura minore dei precedenti, tant'è che sono significativamente più profondi e sviluppati e sopportano associazioni vegetali più vicine al climax, costituite in prevalenza da latifoglie decidue xerofile. Sono state distinte la fase dei ripiani e delle sommità (S1) e quella dei versanti e delle scarpate (S2), a cui corrispondono suoli con diverso grado di pietrosità e coperture forestali diverse per tipologia, altezza o densità. L'erodibilità di questi suoli è sempre piuttosto modesta, ma con un valore di K medio più elevato dei precedenti (0.19).

Le coperture forestali a maggiore vocazione produttiva (in particolare le cerrete, attualmente utilizzate con sistematicità) contraddistinguono gli ambienti della serie Caggio (Ustochrept udici, fini, misti, termici). La serie si compone della fase franco limoso argillosa (G1) e della variante dei microclimi udici (G2: Eutrochrept districi, fini misti, mesici), dove sono più diffuse le specie mesofile, tra cui il carpino bianco e, localmente, il faggio. Il fattore K di questi suoli è significativamente più elevato dei precedenti (in media 0.24).

La serie Poggio Ucello individua gli ambienti a morfologia generalmente pianeggiante, con suoli molto profondi e senza scheletro, che sono suscettibili alla coltivazione agraria (Ustochrept fluentici [thapto paleudalfici], fini, misti, termici). Essendo posti su superfici stabili, questi suoli sono stati oggetto, e lo sono in parte anche oggi, di intenso colvionamento, con sepoltura dei suoli più antichi preesistenti. Tre sono le fasi che compongono questa serie: la fase delle doline (U1), la variante dei microclimi udici (U2: Eutrochrept fluentici [thapto paleudalfici], fini, misti, mesici) e la variante di terrazzo marino (U3: Paleustalf ultici, fini, misti, termici). Anche questi suoli, come i precedenti, presentano mediamente una moderata sensibilità all'erosione, con un K medio di 0.29, che si innalza, in alcuni casi, a valori di 0.38 e 0.41.

Riguardo all'ambiente dei sedimenti pliocenici, inclusi nella parte Nord occidentale dell'area indagata, sono presenti suoli a destinazione per lo più agricola, molto diffusi nel bacino della val d'Elsa e che sono stati oggetto di studi precedenti (COSTANTINI, 1987). Le unità cartografiche individuate sono quella dei fondovalle, con suoli alluvionali e colluviali (P1: Ustochrept fluentici, franco fini, misti, termici) e quella dei versanti e delle sommità (P2: Ustochrept udici, franco fini, misti, mesici, e Ustochrept acquici, limoso fini, misti, termici). La sensibilità all'erosione di questi suoli varia sensibilmente secondo l'uso del suolo: il K medio nelle situazioni forestali risulta infatti molto contenuto, 0.10, mentre per i suoli agrari si ha un valore medio di 0.27.

### 3.3 La copertura forestale

La vegetazione della zona in esame è dominata dalle formazioni arboree di tipo mediterraneo (*Quercion ilicis*) e sub-mediterraneo (*Quercetalia pubescentis*, *Orno-ostryon*), con presenza molto localizzata di tipologie centroeuropee (*Quercetalia robori - petraea* e *Carpinion*). Formazioni arbustive di tipo macchia mediterranea sono presenti su limitate superfici con esposizione intorno a Sud e su suoli molto superficiali, con qualche aspetto di gariga a Cisto ed *Erica multiflora* relegata a stazioni fortemente turbate dall'attività antropica (scarpate di strade, cave di prestito).

Le formazioni sempreverdi sono rappresentate dalla macchia alta a leccio (*Quercus ilex*) e corbezzolo (*Arbutus unedo*) e dalla lecceta; nonostante la sistematica utilizzazione a ceduo con turni molto brevi del passato abbastanza recente, ed in virtù dell'assenza di un fattore di disturbo così rilevante come l'incendio, lo stato di conservazione di questi soprassuoli è eccellente, con densità e copertura colme, modesto sviluppo del sottobosco e assenza, praticamente, della componente erbacea. Il leccio, in proporzioni molto variabili e sicuramente favorito dalla selezione operata dall'uomo, si mescola molto spesso alle decidue, dando origine a formazioni miste che compaiono in una gamma notevole di fisionomie e di situazioni stagionali.

Tra le formazioni di latifoglie decidue sono ben rappresentati i soprassuoli dominati dal carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) associato all'orniello (*Fraxinus ornus*) ed i querceti a cerro (*Quercus cerris*) o roverella (*Q. pubescens*), a seconda delle caratteristiche edafiche della stazione; diffusi sono anche i popolamenti misti, in cui compaiono, oltre alle specie suddette, gli aceri (*A. monspessulanum*, *A. opalus*, *A. campestre*), i sorbi (*S. torminalis*, *S. domestica*), il carpino bianco (*Carpinus betulus*) e, in maniera più o meno sporadica o localizzata, altre specie (castagno, perastro, pioppo tremulo, etc.). Un fenomeno da mettere in risalto è la presenza localizzata del faggio (*Fagus sylvatica*) e di altre specie della faggeta nella parte medio-alta del Botro di Fugnano e di sporadici esemplari di faggio e tasso (*Taxus baccata*) nel Botro di Castelvecchio; tali presenze sono sicuramente legate alla stretta configurazione delle valli suddette (canyon carsici), che impedisce il soleggiamento della parte inferiore dei versanti esposti a Nord e favorisce il ristagno di aria fresca ed umida (inversione climatica). La presenza del faggio a quote di gran lunga inferiori alla normale fascia altimetrica tipica della specie è stata del resto segnalata, in condizioni stagionali analoghe, nel bacino della Merse (VOS e STORTELDER, 1992).

Con riferimento alle sigle delle unità cartografiche più avanti richiamate, sono state individuate le seguenti tipologie di copertura vegetale:

- formazioni a prevalenza di latifoglie sempreverdi: macchia bassa (K), macchia alta a leccio e corbezzolo (KL), macchia alta con leccio, orniello ed acero minore (KLD); lecceta (L), anche mista con le decidue (LD);
- popolamenti a prevalenza di specie decidue xerotolleranti: querceti basofili a roverella (Q), anche con presenza significativa del leccio (QL); formazioni dominate dalla consociazione carpino nero - orniello (O), anche con presenza non sporadica di leccio (OL) o di cerro (O+Ce);
- popolamenti a prevalenza di specie decidue più esigenti: querceti basofili e acidofili quasi puri di cerro (Ce) o in mescolanza con le specie precedenti (Ce+O); formazioni dominate dal carpino bianco (Ca), dalle specie mesofile miste (M) o costituite da un mosaico di quest'ultime (M+Ca);
- coperture di origine antropica, comprendenti i coltivi ed i prati-pascolo (A), i terreni agricoli abbandonati e colonizzati per lo più da formazioni cespugliose (Ex) ed i soprassuoli artificiali di conifere (pino domestico, nero e marittimo) in condizioni molto diversificate (R).



#### 4. L'applicazione di FOCOSU

La Fig. 2 riporta la distribuzione di frequenza nelle classi di ampiezza pari a 0.25 del valore degli indici di risposta forniti da FOCOSU per le 334 delimitazioni territoriali di Poggio del Comune. È opportuno richiamare l'attenzione sul fatto che a tali classi si possono generalmente far corrispondere giudizi del tipo "intollerabile", "scarsamente tollerabile", "moderatamente tollerabile" e "tollerabile", man mano che si passa da 0 a 1; fanno eccezione, come detto al capitolo sulle metodologie adottate, i due valori di protezione.

Per quanto riguarda le risposte che caratterizzano i singoli settori (Fig. 2 A), appare evidente come i fattori CLIMA e COPERTURA, rappresentati unicamente nella classe superiore dell'indice, individuino condizioni sfavorevoli ai processi erosivi. Considerazioni analoghe possono valere per il fattore MORFOLOGIA, per effetto della scarsa energia del rilievo, mentre il settore PROCESSI morfogenetici in atto, ed ancor più per quello relativo ai disturbi di tipo ANTROPICO, hanno riconosciuto un numero limitato di realtà più o meno compromesse. In conformità con quanto affermato nel paragrafo dedicato alla pedologia circa la propensione dei suoli all'erosione, si può notare una concentrazione dei valori della risposta SUOLO nella classe che indica una erodibilità medio-bassa. La scarsa capacità del substrato di rigenerare il suolo e la presenza non certo sporadica di suoli molto evoluti determinano invece una concentrazione della risposta del settore AMMISSIBILITÀ nelle classi corrispondenti a situazioni moderatamente o scarsamente tollerabili.

La combinazione dei fattori "non modificabili" (suolo, clima e morfologia), espressa da EROSPOTENZ (Fig. 2 B), indica ancora il prevalere di condizioni moderatamente tollerabili; l'intersezione di quest'ultima risposta con AGGRAVI, che rappresenta la sintesi di PROCESSI ed ANTROPICO, e con AMMISSIBILITÀ determina per contro lo spostamento della moda verso valori elevati di suscettibilità possibile in assenza di copertura vegetale (SUSCPOSSPES). La copertura vegetale è in grado tuttavia di ridurre in maniera drastica la suscettibilità all'erosione, riportando quasi tutti i valori di SUSCREALPES a condizioni tollerabili o moderatamente tollerabili. Il contributo relativo della copertura alla formazione dell'indice complessivo di suscettibilità è infine rappresentato da VALRELPROTEZ; per quasi il 75 % delle unità la protezione della copertura concorre per più di un quarto all'indice di SUSCREALPES, con un'incidenza superiore alla metà dell'indice stesso nel 13 % dei casi ed un massimo assoluto pari all'80%.

L'applicazione di FOCOSU ha consentito di stimare il tasso medio annuo di erosione nelle 334 delimitazioni territoriali, che sono state quindi classificate anche sotto questo aspetto (Tab. 1). Data la forte preponderanza della destinazione forestale nel territorio in esame e l'abbandono delle attività agricole marginali, i processi erosivi risultano generalmente contenuti (tasso medio pari a 2.1 t/ha/anno), con fenomeni classificabili come severi (fino a 46.4 t/ha/anno) localizzati in alcune aree critiche. Non sono invece rappresentate aree in forte dissesto.

L'esame dei dati di Tab. 1 mette in evidenza come, a parità di condizioni predisponenti di tipo climatico (costante per tutta la zona esaminata) e morfologico (scarsamente efficace e con variabilità poco pronunciata) - che sono state omesse dalla tabella per motivi di semplicità - le unità interessate da processi erosivi classificati come "severi" presentino una maggiore vulnerabilità dei suoli ed un effetto copertura non ottimale, che si esprimono in maniera evidente attraverso processi morfogenetici attivi di una certa entità (gullies, soprattutto), associati per lo più ad un disturbo antropico consistente. Inoltre, dal momento che questi dissesti interessano, almeno in parte, stazioni con profili di suolo molto evoluti e che rischiano di compromettere condizioni di equilibrio presenti nelle unità limitrofe, la loro presenza risulta scarsamente tollerabile.

La Fig. 3 ripartisce le superfici classificate in classi d'erosione nelle diverse tipologie fisiografiche, pedologiche e di copertura identificate per il territorio di Poggio del Comune.

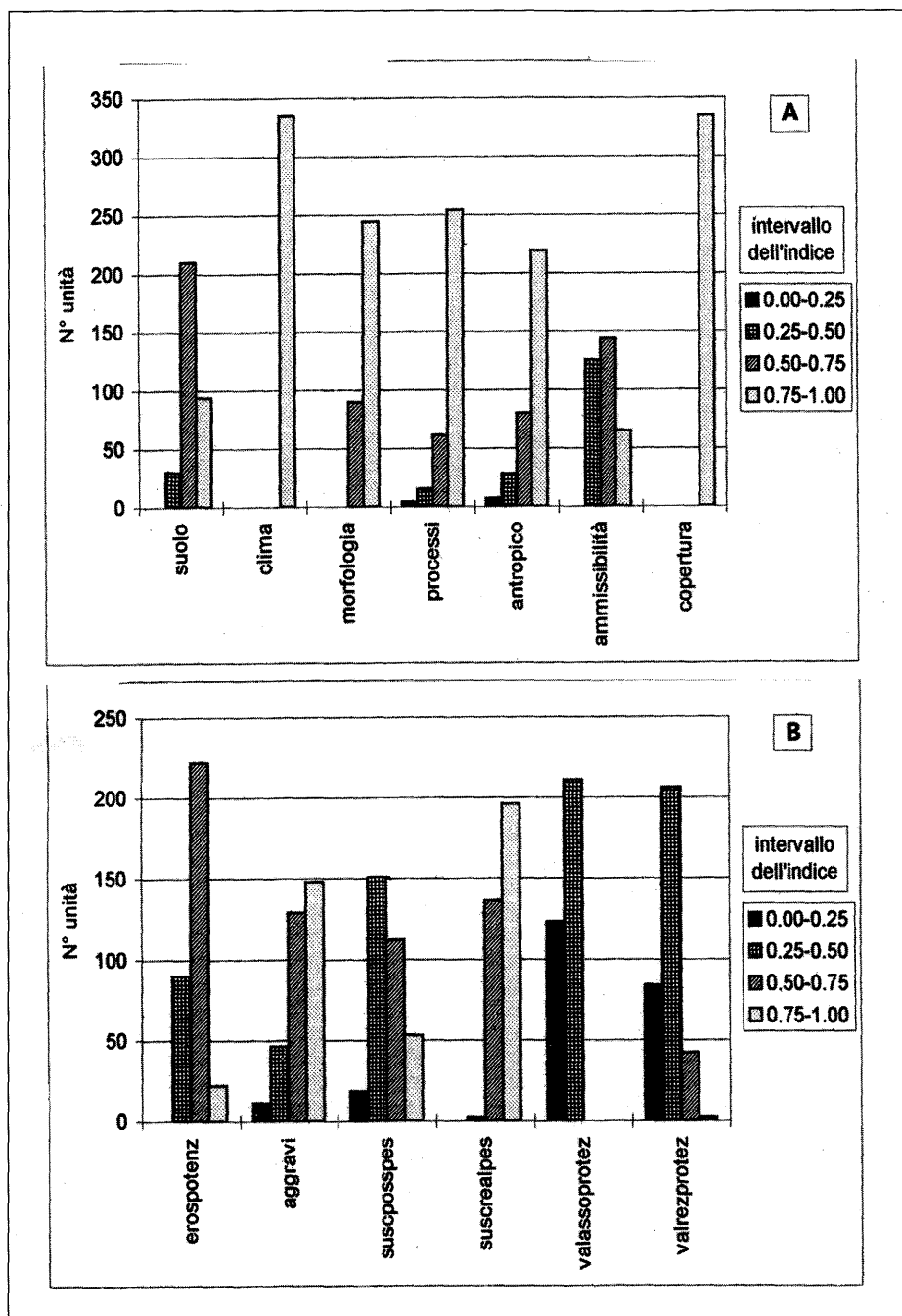


Fig. 2. Ripartizione in 4 classi dei valore degli indici di risposta di FOCOSU per le 334 unità territoriali di Poggio del Comune: A) risposte di settore, B) nodi intermedi e terminali.

Da questi dati appare evidente come le aree in forte erosione siano concentrate per lo più alla base dei versanti (fisiotopo Vb), ai suoli della serie Caggio (G2 e G1) e ai soprassuoli misti costituiti da specie mesofile decidue e da carpino bianco (M+Ca); a questa categoria appartengono inoltre anche alcuni ambienti di dolina a cerro, fortemente perturbati dall'uomo. E' interessante notare ancora come in questa classe ricadano solamente soprassuoli forestali recentemente sottoposti a ceduzione (anche parziale), con riduzione consistente della copertura arborea ed alterazione più o meno spinta di quella morta presente al suolo (lettiera).

Nella classe di erosione "moderata", estesa su poco più dell'8 % dell'area studiata, le tipologie fisiografiche maggiormente rappresentate sono ancora la base dei versanti ed i ripiani carsificati (Rk), con suoli appartenenti soprattutto alla serie Poggio Ucello (U1, U2 e U3) e coperture forestali diverse (in ordine di importanza: cerro (Ce), ornoostrieto (O), roverella (Q), etc.).

Le unità con erosione "leggera" costituiscono la classe più estesa (circa il 46 % della superficie complessiva), ricadono prevalentemente sulle forme di versante, in particolare sui versanti incisi (Vi) ed ospitano soprattutto i suoli della serie Sferracavalli (S2), con tipologie forestali dominate dalle sempreverdi mediterranee e/o dalle decidue xerofile (orno-ostrieti).

La classe "erosione trascurabile", estesa sul 44 % dell'area, comprende infine condizioni fisiografiche molto differenti, che vanno dalle situazioni morfologicamente più stabili dei ripiani (Rk e R) e delle sommità (So) a quelle ipoteticamente più favorevoli ai processi erosivi, come le scarpate (Sc e Sf), passando per tutte le forme di versante. L'inclusione in questa classe delle scarpate e più in generale di morfologie relativamente acclivi, per molti aspetti così sorprendente, trova giustificazione non solo nella presenza di coperture arboree ed arbustive molto compatte ed intricate (da diversi decenni non più soggette all'utilizzazione), ma anche nei modesti valori di erodibilità dei suoli (K della USLE stimato in valori compresi fra 0.12 e 0.21 unità pfs) e soprattutto nella presenza di abbondante scheletro all'interno del profilo ed in superficie, in grado di attenuare l'azione battente delle gocce di pioggia, assicurare un eccellente drenaggio interno ed impedire la formazione del deflusso superficiale.

Le delineazioni territoriali individuate a Poggio del Comune sono state classificate anche sulla base dei SUGGERIMENTI proposti da FOCOSU, di cui risulta assente la categoria peggiore ("incrementa"), che individua situazioni in cui la protezione offerta dalla copertura vegetale esistente non è sufficiente a garantire una efficace conservazione del suolo.

La distribuzione complessiva del territorio ed i valori medi di alcune risposte di FOCOSU

Classe di intensità dell'erosione (*)	N° Unità	Area [ha]	Tasso medio erosione [t/ha/anno]	Risposte medie di FOCOSU (valori indice compresi fra 0.00 e 1.00)						
				Suolo	Processi	Antropico	Copertura	Ammissibilità	Valasso	Valrel
								Protez	Protez	
trascurabile	161	676	0,23	0,67	0,89	0,86	1,00	0,70	0,22	0,27
leggera	137	708	1,59	0,65	0,83	0,73	1,00	0,54	0,29	0,41
moderata	29	130	8,51	0,63	0,90	0,54	0,99	0,40	0,32	0,51
severa	7	24	29,94	0,55	0,66	0,52	0,88	0,37	0,32	0,60
molto severa	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
catastrofica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
generale	334	1538	2,09	0,65	0,87	0,77	1,00	0,60	0,26	0,35

(\*) Classi come in ZACHAR (1982), postulando la densità apparente media pari a 1 g/cm<sup>3</sup>.

Tab. 1. Confronto fra alcune risposte medie di FOCOSU per le delineazioni classificate nelle classi di erosione idrica del suolo.

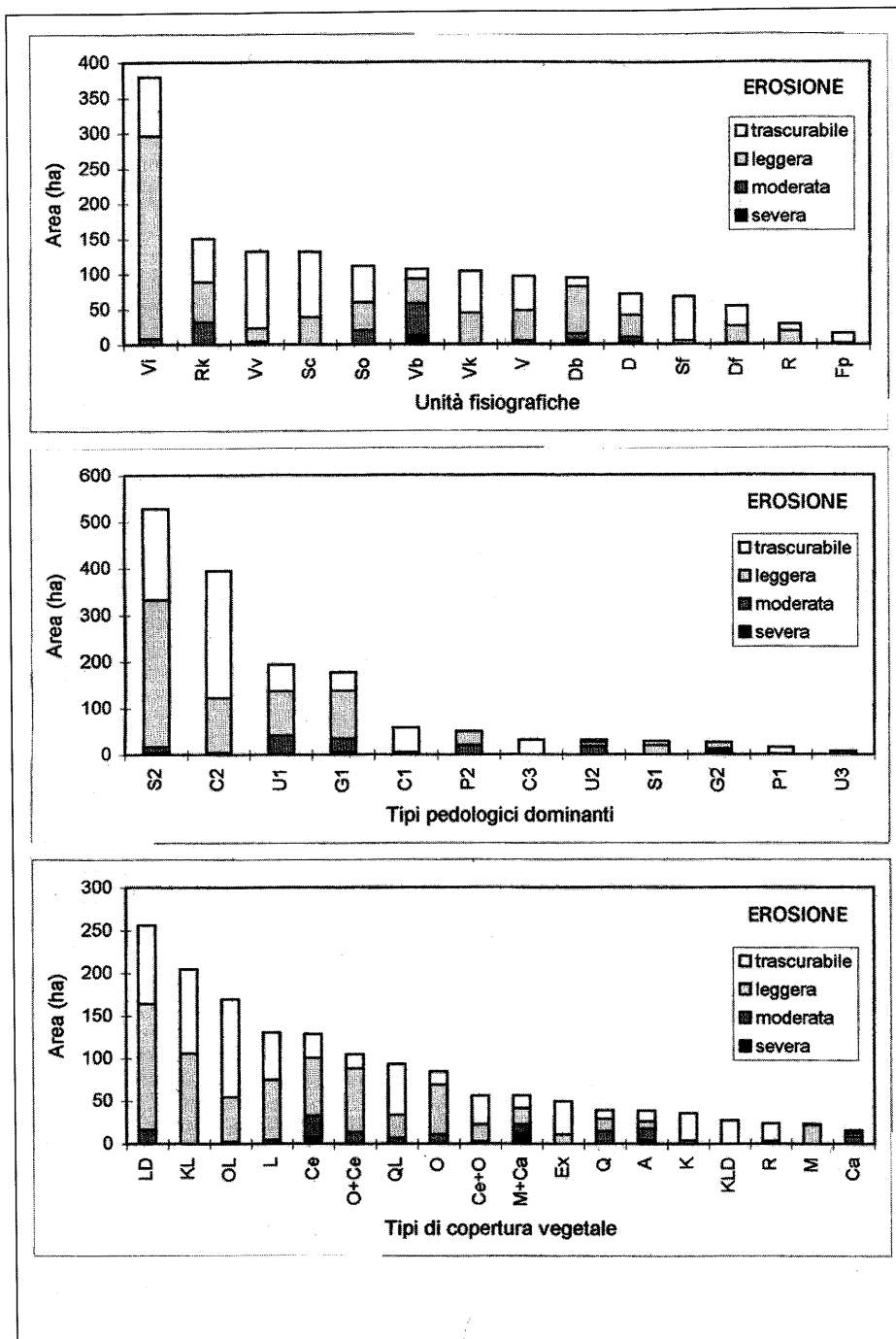


Fig. 3 Diffusione delle diverse classi di intensità dell'erosione all'interno delle tipologie morfologiche, pedologiche e vegetazionali (sigle nel testo).

Suggerimenti	N° Area		Tasso medio erosione [t/ha/anno]	Risposte medie di FOCOSU (valori indice compresi fra 0.00 e 1.00)						
	Unità	[ha]		Suolo	Proces- si	Antro- pico	Coper- tura	Ammis- sibilità	Valasso Protez	Valrel Protez
"vai tranquillo"	97	466	0,44	0,75	0,92	0,86	1,00	0,77	0,16	0,17
"vai con prudenza"	189	873	1,34	0,62	0,86	0,80	1,00	0,57	0,29	0,38
"non interferire"	48	199	8,36	0,58	0,77	0,51	0,98	0,38	0,34	0,57
"incrementa"	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
generale	334	1538	2,09	0,65	0,87	0,77	1,00	0,60	0,26	0,35

Tab. 2. Valori medi di alcune risposte di FOCOSU per le delineazioni classificate secondo i criteri di gestione della copertura forestale.

nelle diverse classi sono riportati in Tab. 2, mentre in Fig. 4 sono indicate le ripartizioni delle superfici così classificate nelle tipologie fisiografiche, pedologiche e di copertura vegetale.

Il confronto fra i valori delle Tab. 1 e 2 evidenzia, oltre ad un certo grado di indipendenza dei SUGGERIMENTI dalla stima del tasso di erosione, l'importanza assunta dai fattori ANTROPICO ed AMMISSIBILITA' nella formulazione del giudizio finale, sul quale invece ha scarso peso il valore attribuito alla COPERTURA vegetale esistente.

Nell'area esaminata compaiono solo 48 unità per 199 ha (pari al 13% della superficie) incluse nella classe "non interferire", per la quale ogni manomissione della copertura esistente potrebbe tradursi in un aumento considerevole dei fenomeni erosivi.

La classe di SUGGERIMENTI più rappresentata (189 unità per 873 ha, pari a circa il 57% della superficie totale) è quella del "vai con prudenza", in cui la copertura forestale svolge ancora un ruolo importante nel contenere i processi di erosione del suolo, in grado di esprimersi comunque a livelli considerati moderatamente tollerabili.

Un 30% infine dell'area investigata ricade nella categoria "vai tranquillo", per la quale è plausibile ritenere che la conservazione del suolo dipenda solo in minima parte dalla protezione della copertura vegetale ed in cui, di conseguenza, sono ammesse modificazioni anche sostanziali dei soprassuoli forestali.

Una volta definito il quadro della situazione generale dell'area ed individuate le unità di territorio con valori "critici" di una o più risposte, si è proceduto ad una seconda consultazione di FOCOSU, allo scopo di verificare la possibilità di miglioramento del giudizio finale attraverso la programmazione di interventi sulla copertura, sui processi in atto o sui disturbi di origine antropica. Questa procedura di feedback, del tipo "cosa succedrebbe se...", è stata ottenuta modificando alcune variabili dei settori interessati, secondo alcune ipotesi di intervento plausibili, e confrontando le risposte del sistema con la situazione originaria.

Per quanto riguarda il settore COPERTURA, per il quale si possono ammettere condizioni affatto tollerabili (Fig. 2), solo 29 unità forestali presentano una risposta inferiore a 0.95 (più che altro per effetto del taglio del soprassuolo, anche parziale, avvenuto in tempi molto recenti), di cui 13 sono state classificate "non interferire". Per queste realtà è stata simulata in FOCOSU la naturale ricostituzione della copertura a partire dai ricacci delle ceppaie, ottenendo in un solo caso il miglioramento del giudizio SUGGERIMENTI.

La sistemazione completa delle aste torrentizie in fase di scavo laterale, ipotizzata per le 4 unità interessate da questo tipo di dissesto che presentano una risposta del settore PROCESSI inferiore a 0.5, non ha prodotto effetti in termini di classificazione. Molto più efficace si è dimostrata invece la sistemazione dei gullies: interventi parziali sulle sole in-

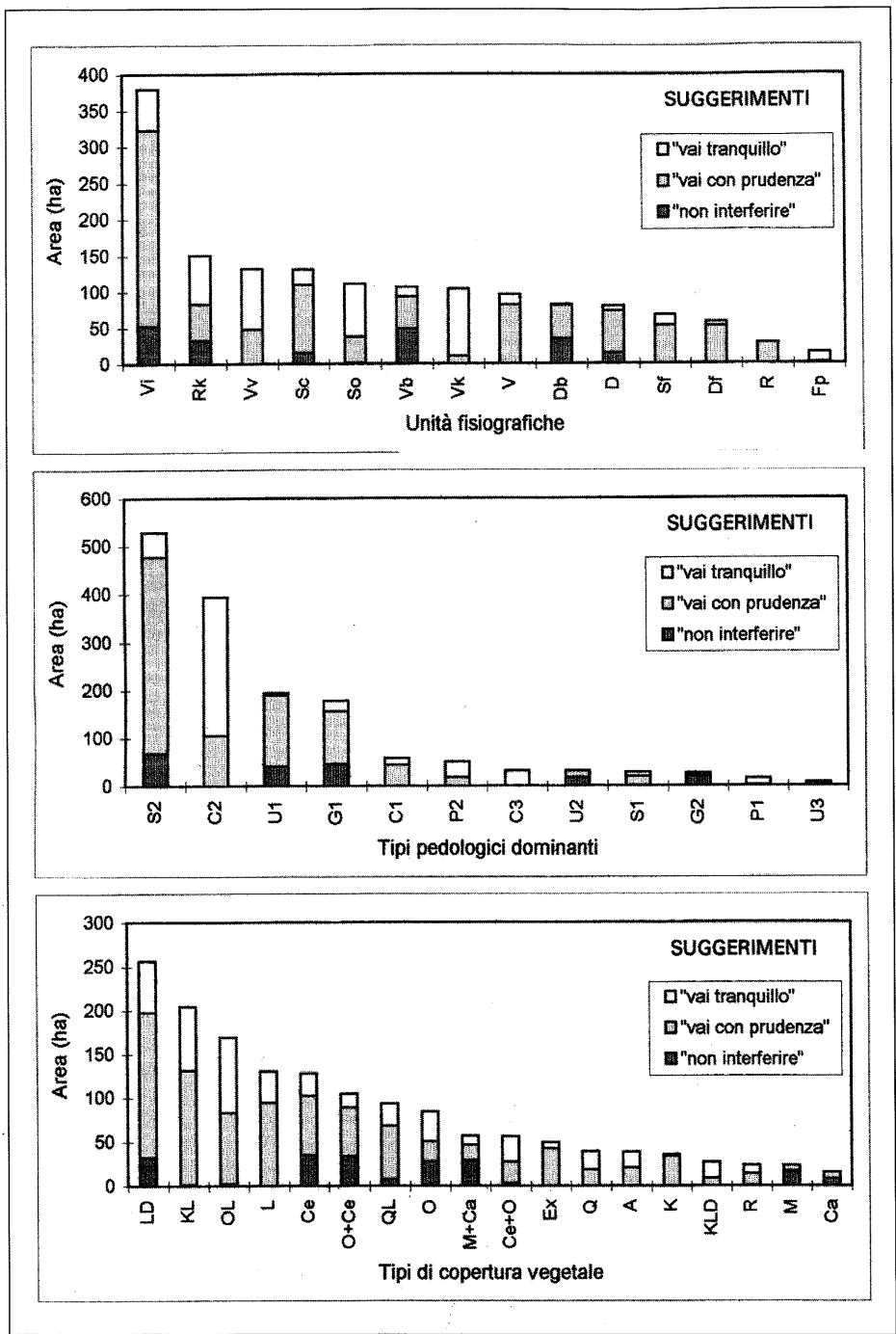


Fig. 4. Ripartizione delle diverse classi di SUGGERIMENTI di FOCOSU nelle tipologie morfologiche, pedologiche e vegetazionali (sigle nel testo).

cisioni sono già in grado di recuperare la condizione di 5 unità, mentre combinando il controllo completo dei gullies e dell'erosione di sponda si ottiene un miglioramento del giudizio finale in 14 delle 19 delineazioni in cui la situazione di partenza risulta scarsamente tollerabile o intollerabile.

Riguardo alle problematiche legate al settore ANTROPICO, collegate in prevalenza alla viabilità con fondo naturale, le ipotesi di intervento prospettate riguardano il consolidamento e la sistemazione andante delle scarpate di strade e piste in 35 unità con risposta di settore inferiore a 0.5; effetti positivi a livello di classificazione si verificano solamente in 3 delineazioni, ma interazioni positive con la sistemazione delle aree in forte erosione avvengono in diverse altre unità.

### Ringraziamenti

Gli Autori sono grati al dr. Rosaria Napoli per la collaborazione prestata nella gestione dell'informazine mediante GIS.

### Bibliografia

- Bianchi M. (1991) - *Riconoscimento dei valori del bosco nella pianificazione forestale aziendale*. Atti seminario UNIF di Brasimone, p. 28-38.
- Costantini E.A.C., Lulli L., Bidini D., Napoli R., Castellani F. (1992) - *Karts landforms and soils of the Poggio del Comune relief (Central Italy)* - In: Proceeding of the Karst-symposium; Blaubeuren. 2nd Inter. Conf. Geomorphology, 1989, Heft 109: 83-130.
- Costantini E.A.C., Gregori E., Montalbano M., Cali A. (1993) - *Ecologia del paesaggio e sistemi esperti nell'analisi del territorio e nella pianificazione delle risorse naturali: Un esempio di applicazione in un ambiente forestale del Senese* - In Atti del Seminario UNIF "Ricerca ed esperienze nella pianificazione multifunzionale del bosco"; Brasimone, 23-24 novembre 1993: 163-178.
- Costantini E.A.C. (1987) - *Cartografia tematica per la valutazione del territorio nell'ambito dei sistemi produttivi. Bacini dei torrenti Vergaia e Borratello: Area rappresentativa dell'ambiente di produzione del vino Vernaccia di San Gimignano (Siena)* - Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, XVIII: 23- 74.
- Dissmeyer G.E., Foster G.R. (1984) - *A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land*. USDA, Tech. Publ. R8-TP 6.
- Fao-Unesco (1990) - *Soil Climate Classification System* - Working Paper 2; Roma.
- Farina A. (1991) - *Aspetti applicativi dell'Ecologia del Paesaggio* - Suppl. al Boll. del Museo di Storia Naturale della Lunigiana, vol. 8-9, num.1.2. Aulla (1988-1989): 63-72.
- Gregori E., Costantini E.A.C., Cali A., Ciolli M., Sani L. (1993) - *Possibilità di definire il valore di protezione della copertura forestale nei confronti dell'erosione idrica del suolo mediante sistema esperto* - In Atti del Seminario UNIF "Ricerca ed esperienze nella pianificazione multifunzionale del bosco"; Brasimone, 23-24 novembre 1993: 179-203.
- Ingegnoli V. (1991) - *Basi teoriche della disciplina di Ecologia del Paesaggio* - Suppl. al Boll. del Museo di Storia Naturale della Lunigiana, vol. 8-9, num.1.2. Aulla (1988-1989): 31-48.
- Naveh Z. (1992) - *Ecologia del Paesaggio: una scienza transdisciplinare verso il futuro* - Genio Rurale, 4: 22 - 28.
- Newhall F. (1972) - *Calculation of Soil Moisture Regimes from Climatic Record* - Rev. 4

- Mimeographed, Soil Conservation Service, USDA, Washington DC.
- Soil Survey Staff (1992) - *Keys to Soil Taxonomy. Fifth Edition* - SMSS Technical Monograph n° 19; Pocahontas Press Inc., Blacksburg, Virginia, USA.
- Vos W., Stortelder A. (1992) - *Vanishing Tuscan Landscapes*. Pudoc Scientific Pub., Wageningen.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978) - *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. USDA, Agriculture Handbook 537.
- Zimmermann H.J. (1987) - *Fuzzy sets, decision making and experts systems*. Kluwer Academic Publishers.



# CARATTERI, TRAFFICABILITA' E IDONEITA' DEI SUOLI AL PASCOLO IN UN'AREA DELLA SARDEGNA NORD-OCCIDENTALE

**G. Dessì, NRD, SASSARI**

**M.A. Pulina, Dipartimento di Ingegneria del territorio, SASSARI**

**M.A. Deroma, Dipartimento di Ingegneria del territorio, SASSARI**

## **Riassunto**

Nell'ambito del Progetto MEDALUS II si sta conducendo uno studio finalizzato ad evidenziare i problemi di degradazione dei suoli causati dagli animali al pascolo, pertanto, al fine di limitare al minimo tali cause di degrado, ci si propone di realizzare un *calendario di pascolamento*. Nel calendario verranno indicati i periodi dell'anno in cui il suolo è particolarmente sensibile alle azioni negative della compattazione superficiale o, al contrario, non corre questi rischi.

A tal fine lo studio strettamente pedologico, di campagna e di laboratorio, è completato da osservazioni climatiche opportunamente elaborate.

Il primo anno della ricerca (giugno 1993 - giugno 1994) è stato dedicato a classificare i suoli dell'area sperimentale ed in particolare a definirne le proprietà dinamiche degli orizzonti superficiali.

Nel corso del secondo anno di attività (luglio 1994 - giugno 1995) si è portato avanti lo studio sul clima, in particolare ci si è occupati della piovosità, del calcolo dell'ETP e della misurazione periodica dell'umidità nei primi centimetri di suolo.

La fase successiva è consistita nell'elaborazione di tutti i dati raccolti e nel loro confronto, da cui è scaturito un primo esempio di calendario di pascolamento.

## **Introduzione**

La Sardegna è una delle regioni italiane in cui l'allevamento del bestiame costituisce un comparto produttivo di primaria importanza, ed inoltre, negli ultimi decenni, il numero di capi allevati per unità di superficie, soprattutto per quanto riguarda gli ovini, ha subito un notevole incremento. Nella maggior parte dei casi l'allevamento viene condotto allo stato brado o semibrado, prevalentemente in aree collinari o montane, ed in situazioni pedomorfologiche più suscettibili di altre al degrado. I problemi ambientali causati da tale uso del territorio diventano pertanto sempre più gravi e difficili da affrontare, ed allo stato attuale, non esiste alcun tipo di pianificazione regionale per la regolamentazione dell'attività agro-pastorale. L'ERSAT (Ente Regionale di Sviluppo e Assistenza Tecnica in Agricoltura) nel 1989 aveva predisposto un progetto di massima, inerente la valutazione di idoneità dei suoli al pascolo, in cui sono state individuate le aree omogenee per attitudine d'uso. Tale progetto doveva essere la base per la pianificazione dell'attività pastorale, ma non è ancora concluso, ed inoltre, il fatto che si basi esclusivamente sulle caratteristiche pedologiche, per definire le classi di attitudine d'uso dei suoli, senza tener conto anche di quelle climatiche (soprattutto piovosità ed ETP) delle diverse aree, in funzione delle quali, come noto, cambiano le proprietà dinamiche del suolo, ne limita la sua stessa validità.

E' auspicabile, pertanto, che al più presto vi sia disponibilità di calendari di pascolamento

per i vari ambiti interessati dall'uso zootecnico. In questo modo si avrebbero indicazioni sulla sensibilità dei suoli al compattamento in funzione del loro stato di umidità nei diversi periodi dell'anno, e si potrebbe ridurre l'innesco di processi erosivi causati dal pascolamento, oltre che favorire una ripresa più rapida della vegetazione.

Il periodo di indagine deve interessare almeno i mesi dell'anno in cui ci sono alte probabilità che si verifichino importanti eventi piovosi, visto che in Sardegna il pascolamento è attuato in tutte le stagioni, infatti nel periodo autunno-vernino si consuma l'erba fresca dei pascoli spontanei, mentre nella tarda primavera e d'estate si pascolano le stoppie.

L'analisi delle problematiche di carattere pedologico, e ambientale in generale, che si sono rilevate si inserisce perfettamente nel contesto del Progetto MEDALUS II che, come sappiamo, si occupa di studiare la desertificazione in ambiente mediterraneo.

### **L'area sperimentale**

L'area oggetto dei nostri studi è inclusa nel bacino del Rio Astimini-Fiume Santo (Sardegna Nord-Occidentale), a sua volta area di indagine del Progetto MEDALUS II (Fig. 1); si tratta di una superficie di circa 20 ettari costituita da due sottobacini di quasi uguali dimensioni. Gli assi longitudinali dei bacinetti sono orientati verso Nord-Ovest per cui l'esposizione dei versanti è rispettivamente SO e NE.

Insiste su un substrato litologico costituito da filladi sericitiche e quarzifere, che hanno dato luogo a forme collinari arrotondate, ma con pendenze medie intorno a 30-40 %. In diverse zone del bacino sperimentale vi sono notevoli affioramenti rocciosi ed aree con pietrosità elevata costituita da grossi blocchi di rocce metamorfiche o filoni di quarzo.

La copertura vegetale è rappresentata da una cotica erbacea costituita per buona parte da carduacee a cui seguono graminacee ed in misura minore leguminose; vi sono anche alcuni cespugli sparsi di rovo e lentischio. Questa zona è molto rappresentativa della nostra regione in quanto possiede caratteri morfo-ambientali tra i più diffusi in Sardegna.

### **I suoli**

In base alle caratteristiche geomorfologiche e litologiche dell'area sperimentale si sono individuate due unità di paesaggio principali: una situata in corrispondenza degli scisti, dove si riscontrano Entisuoli di diversa profondità, in funzione delle variazioni dell'immersione degli strati o del differente grado di alterabilità della roccia; ed un'altra, situata nell'area centrale e basale, in cui vi sono depositi colluviali e alluvionali, ove si trovano Entisuoli di profondità anche superiore al metro (Tab. 1).

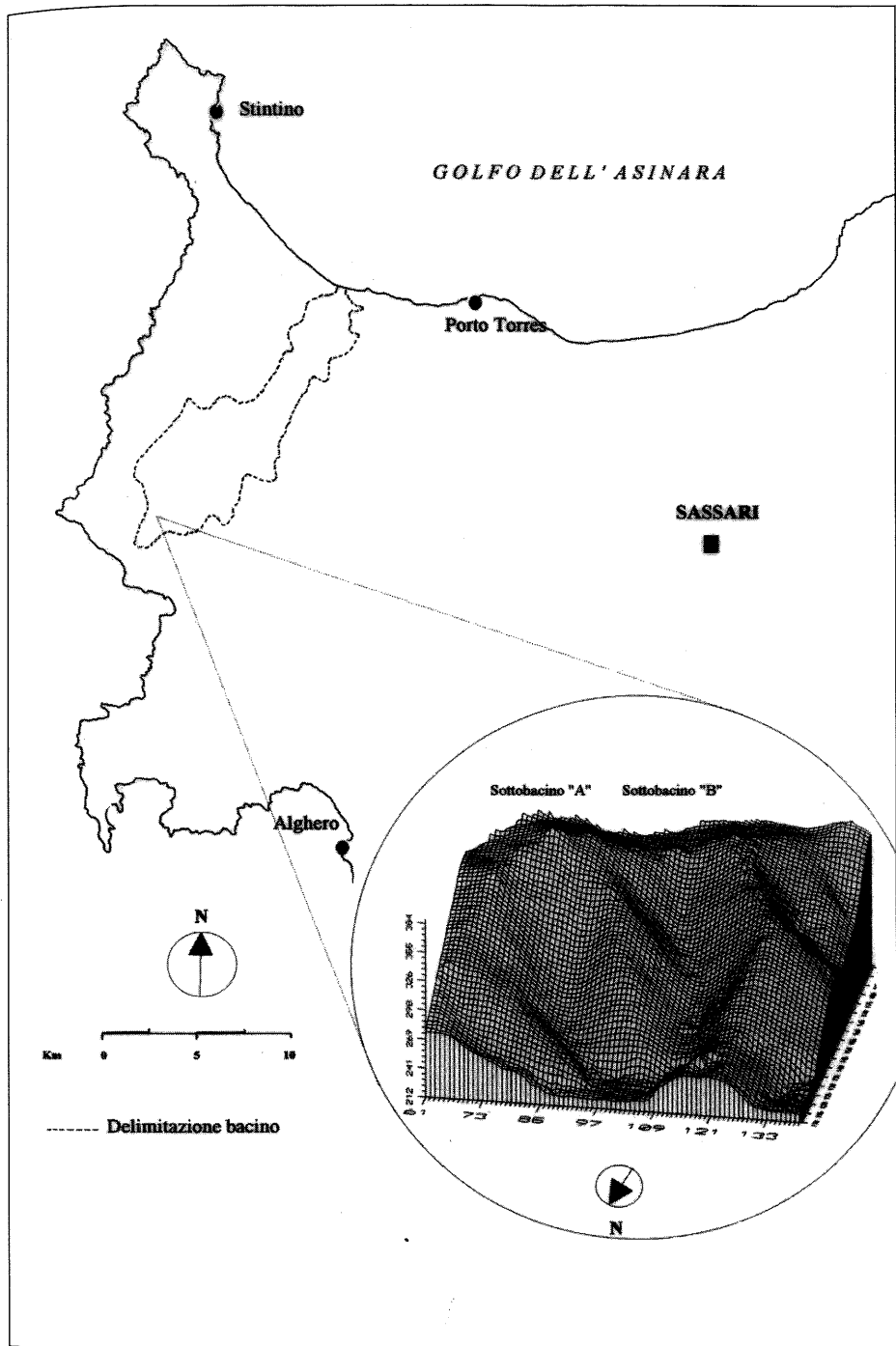


Fig. 1 Ubicazione sottobacini sperimentali -azienda Bassu- (bacino Rio Astimini - Fiume Santo)

Substrato	n° prof.	Quota (mslm)	Esposi- zione	Penden- za%	Pietro- sità%	Roccio- sità%	Oriz.	Profon- dità(cm)	Colore	Tessi- tura *	Struttura**			
											Tipo	Dimen- sioni	Grado	Consistenza umido
Alluvioni recenti e depositi colluviali	24	235	N	10÷12	0,1÷1	assente	A	0÷47	10 YR 2/2	L	SB	FM	ST	FR
								47÷120	10 YR 2/2	LS	SB	FM	ST	FR
Filladi poco alterate	19	275	E (70°N)	25÷30	5÷10	assente	A	0÷20	10 YR 3/3	LS	SB	FI	ST	FR
								20÷40	10 YR 4/4	LS	SB	ME	ST	FR
								40÷43/46	10 YR 4/4,5	LS	SB	FI	MS	FR
						R	43/46 +							
Filladi non alterate	20	285	E (70°N)	30	50÷60	< 2%	A	0÷18	7,5 YR 3/2	L	SB	FM	MS	FR
								18÷30/40	7,5 YR 3/4	L	SB	ME	ST	FR
						R	30/40 +							
Filladi non alterate	21	305	E (70°N)	40÷50	3÷5	20	A	0÷5	7,5 YR 3/2	LS	SB	VF-FI	MO	FR
								5÷20/40	7,5 YR 4/4	LS	SB	ME	ST	FR
						R	20/40 +							
Filladi non alterate	22	320	E (70°N)	30÷40	1÷3	50	A	0÷8	7,5 YR 3/2	L	SB	FI	MS	FR
								8÷20/30	7,5 YR 3/3,5	L	SB	ME	ST	FR
Filladi non alterate	23	325	NE (70°N)	6÷12	1÷2	35÷40	A	0÷5/8	7,5 YR 3/4	L	SB	FM	MS	FR
								5/8 +						

\* L = franco; LS = franco sabbioso

\*\* SB = poliedrica subangolare; FM = fine e media; MC = media e grossalana; FI = fine; VF-FI = molto fine; ST = forte; MS = da moderata a forte; MO 0 moderata; FR = friabile

Tab. 1. I suoli

Dal punto di vista chimico-fisico i suoli appartenenti alle due unità non presentano grandi differenze, è rilevante al contrario il carattere di omogeneità che li distingue. La tessitura è franco-sabbiosa, l'aggregazione è poliedrica subangolare, da fine a media, da moderata a forte. Il pH varia da subacido ad acido, la saturazione in basi oscilla da 50 a 90 %, in funzione soprattutto del contenuto in calcio (Tab. 2).

Per verificare lo stato di alterazione dei suoli si sono effettuate analisi di Feossalato, Feditonito e Fepirofosfato in diversi profili e a varie profondità. I risultati da noi ottenuti (Marian Ajmone F. et al., 1988) presentano valori molto simili (Tab. 3), per cui non possiamo confermare la distinzione in orizzonti A, B e C. Inoltre confrontando i risultati analitici di diversi profili vediamo che non vi sono evidenti differenze, da cui deduciamo che i suoli presenti in questi bacini hanno lo stesso grado di evoluzione.

### **Gli orizzonti superficiali**

In un sottobacino abbiamo eseguito un campionamento degli orizzonti superficiali (fino a 5 cm di profondità) secondo uno schema a maglia rigida rettangolare, prima dell'immissione degli animali al pascolo. Lungo le linee che seguono le curve di livello i punti distano tra loro 50 metri, lungo le linee di massima pendenza distano 30 metri; complessivamente si è campionato in 49 punti. L'altro sottobacino, ove non è stato previsto il pascolamento, è stato tenuto come testimone e per poter eseguire analisi su suolo non pascolato, qualora si fosse verificata la necessità durante la sperimentazione.

Al momento del campionamento si è misurata la penetrabilità che è risultata mediamente pari a 2,5 Kg/cm<sup>2</sup>. In alcuni punti si sono avuti valori molto più elevati 4 Kg/cm<sup>2</sup>, ma in questo caso i siti di campionamento ricadevano in corrispondenza di sentieri percorsi abitualmente dagli animali al pascolo (Tab. 4).

Si sono successivamente avviate diverse analisi di laboratorio, soprattutto fisico-meccaniche (tessitura, densità apparente, capacità di campo, limiti di Atterberg, umidità, ecc...), utili per definire alcune caratteristiche pedologiche e proprietà dinamiche degli orizzonti superficiali, sottoposti direttamente a calpestio.

La tessitura è franca o franco-sabbiosa, il 50 % ed oltre è sabbia molto fine. L'aggregazione è polidrica subangolare fine, da moderata a forte, grazie anche alle grandi quantità di sostanza organica che vi si trovano e all'elevato contenuto in calcio, che favorisce la formazione di aggregati piccoli e resistenti.

La densità apparente prima dell'immissione degli animali al pascolo è risultata essere circa 1.0 g/cm<sup>3</sup>, dopo si è passati a valori più alti, anche 1,6 g/cm<sup>3</sup>.

Si è inoltre ritenuto opportuno verificare su diversi campioni i valori dei limiti di Atterberg e degli indici derivati, perchè danno altre informazioni circa la capacità di un suolo di resistere a sollecitazioni senza subire degradazioni strutturali.

La capacità di campo a 33 kPa è mediamente intorno al 30 %, il limite plastico è in media 37 % e quello liquido 50 %.

N° PROFILO ORIZZONTE		23 A	22 0+8 8+30		21 0+5 5+30		20 0+18 18+40		19 0+20 20+40 40+46			24 0+10 10+20 20+30 30+47			
<i>Analisi fisico-meccaniche</i>															
Scheletro	(g/Kg)	350	366	394	524	783	508	544	433	324	534	554	448	403	509
Sabbia molto grossa	(g/Kg)	43	36	25	38	15	40	35	50	62	42	19	58	31	36
Sabbia grossa	(g/Kg)	46	40	36	32	15	42	42	63	72	48	24	57	34	40
Sabbia media	(g/Kg)	53	34	45	32	17	33	32	50	59	37	17	30	26	24
Sabbia fine	(g/Kg)	367	390	335	439	498	363	397	398	350	414	413	427	352	424
Limo	(g/Kg)	331	351	390	294	282	347	333	285	310	325	307	257	326	286
Argilla	(g/Kg)	160	149	169	165	173	175	161	154	147	134	220	171	231	190
<i>Analisi chimiche</i>															
pH (H2O)		5,6	6,4	5,5	6,3	5,7	6,5	6,1	5,7	5,2	5,8	6,5	6,5	6,4	6,5
pH (KCl)		5,0	6,0	4,5	5,8	5,0	6,1	5,5	5,5	4,8	4,7	6,2	6,5	6,4	6,4
Calcare totale	(g/Kg)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Calcare attivo	(g/Kg)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Carbonio	(g/Kg)	54	84	22	62	34	49	14	35	9	8	80	38	46	34
Sostanza organica	(g/Kg)	93	145	38	107	59	84	24	60	16	14	138	66	79	59
Azoto totale	(g/Kg)	4,4	4,6	2,4	4,3	2,4	3,6	1,5	3,1	1,4	1,5	5,3	3,8	3,4	2,7
C/N		12	18	9	14	14	14	9	11	6	5	15	10	14	13
<i>Complesso di scambio</i>															
Ione Calcio	(meq/100 g)	9,36	15,59	3,43	15,59	7,33	18,24	5,15	7,80	2,18	2,03	20,58	14,22	17,47	13,23
Ione Magnesio	(meq/100 g)	2,06	3,86	1,29	3,34	2,47	3,34	1,54	2,01	0,93	0,93	9,57	7,1	8,74	6,61
Ione Sodio	(meq/100 g)	1,08	1,12	0,83	1,04	1,05	1,09	0,91	1,14	1,02	0,94	0,6	0,35	0,57	0,41
Ione Potassio	(meq/100 g)	0,67	0,9	0,24	0,54	0,32	0,61	0,12	0,25	0,08	0,05	0,85	0,37	0,45	0,31
Somma basi di scambio	(meq/100 g)	13,17	21,47	5,79	20,51	11,17	23,28	7,72	11,20	4,21	3,95	31,60	22,04	27,23	20,56
C.S.C.	(meq/100 g)	20,5	26,8	13,4	22,7	18,0	26,1	11,4	16,1	8,0	7,4	37,1	26,9	33,2	26,8
G.S.B.	(%)	64	80	43	90	62	89	68	70	53	53	85	82	82	77
Acidità di scambio	(meq/100 g)	7,33	5,33	7,61	2,19	6,83	2,82	3,68	4,90	3,79	3,45	5,50	4,86	5,97	6,20
* = assente															

Tab. 2. Analisi fisico-chimiche

Profilo/Profondità (cm)	Fe (p) ° (g/Kg)	Fe (o)π (g/Kg)	Fe (d)≤ (g/Kg)	(Fe (d) - Fe (o) x 100 Fe (t)≥	Fe (o) x 100 Fe (d)
23 A	0,5	1,4	15,6	81,1	9,0
22 A	0,4	1,4	15,4	81,4	9,1
22 Bw	0,9	1,7	18,6	79,7	9,1
21 A	0,3	1,4	17,0	83,4	8,2
21 Bw	0,9	1,9	20,5	79,8	9,3
20 A	0,4	2,0	20,8	81,0	9,6
20 Bw	0,5	2,1	22,1	81,0	9,5
19 A	0,5	1,6	16,6	80,2	9,6
19 Bw	0,7	1,6	17,5	80,3	9,1
19 B/C	0,8	1,3	15,0	80,1	8,7
24 A (0610 cm)	0,4	1,7	20,2	83,0	8,4
24 A (10620 cm)	0,5	1,7	22,5	84,2	7,6
24 A (20630 cm)	0,4	1,8	23,3	84,3	7,7
24 A (30640 cm)	0,3	1,6	22,9	85,9	7,0
24 A (40647 cm)	0,5	1,6	23,1	85,3	6,9

Tab. 3 Il ferro

L'indice di consistenza, misurato secondo il Terzaghi in Kg/cm<sup>2</sup>, è risultato pari a 1,59, questo valore indica sia la compattezza del suolo, che nel nostro caso è risultato compatto (Tab. 4), sia la resistenza del medesimo alle sollecitazioni.

L'indice di attività delle argille è mediamente 0,81, tale valore indica che si tratta di argille a reticolo non fortemente espandibile. Infatti, a conferma di quanto detto, i risultati dell'analisi mineralogica della frazione argillosa, eseguita ai raggi X, hanno indicato come componente più importante l'illite, seguita dalla clorite e dalla caolinite.

E' stata anche avviata un'indagine micromorfologica per evidenziare eventuali cambiamenti fisici del suolo che possono essersi verificati a causa del pascolamento.

### Il calendario di pascolamento

Seguendo le indicazioni di alcuni fisici del suolo risulterebbe che, nel nostro caso, si dovrebbero verificare fenomeni erosivi già quando il suolo ha un contenuto in umidità del 30 % (corrispondente alla capacità di campo), altri sostengono che i problemi maggiori si verifichino quando l'umidità contenuta nel suolo raggiunge il limite plastico, nel caso specifico il 37 %.

Comunque la nostra situazione è anche complicata dal fatto che la pendenza è molto elevata, quindi è ancora da verificare quantitativamente l'effetto della giacitura combinata col calpestio sull'entità dell'erosione<sup>1</sup>. Per il momento abbiamo ritenuto opportuno abbassare il limite di rischio da 37 % (limite plastico) a 31-32 % per tenere conto del fattore pendenza.

<sup>1</sup> Questo può essere quantificato attraverso i dati sul trasporto dei materiali che stanno elaborando presso la Sezione di Idraulica Agraria del Dipartimento di Ingegneria del Territorio di Sassari, sempre nell'ambito del Progetto MEDALUS II.

Strisciata	Campione	Tessitura			Classificazione (1)	pH (H <sub>2</sub> O)	Sostanza organica (g/Kg)	Penetrabilità (Kg/cm <sup>2</sup> )	Umidità 30°C (%)	Limite liquido (%)	Limite plastico (%)	Indice plastico (2)	Capacità di campo (%)	L/Cc (3)	Indice di consistenza (4)	Indice di attività (5)
		Sabbia (g/Kg)	Limo (g/Kg)	Argilla (g/Kg)												
1	1	477	305	218	L	6,4	50	2,5	31,0	55	35	20	34,2	1,6	1,04	0,92
	3	490	312	198	L	6,7	38	2,3	25,8	45	26	19	27,8	1,6	0,91	0,96
	8	523	293	184	LS-L	6,8	60	2,5	29,5	45	32	13	29,2	1,5	1,22	0,71
	10	590	267	143	LS	5,8	72	2,5	31,2	46	31	15	28,2	1,6	1,19	1,05
2	1	499	302	199	L	6,5	81	2,5	25,7	48	33	16	29,1	1,6	1,18	0,80
	3	548	278	174	LS	6,9	66	2,5	30,9	49	33	16	29,4	1,7	1,23	0,92
	10	536	298	166	L	6,4	112	1,5	29,0	51	38	13	28,9	1,8	1,70	0,78
	12	560	278	162	LS	5,9	119	3,5	37,9	51	38	13	30,5	1,7	1,58	0,80
3	1	518	306	176	LS-L	6,4	117	3,0	26,2	48	35	13	27,9	1,7	1,55	0,74
	3	505	323	172	L	6,2	157	2,5	34,7	59	50	9	34,0	1,7	2,78	0,52
	9	517	324	159	LS-L	6,2	74	2,5	34,7	55	38	17	32,2	1,7	1,34	1,07
	11	630	246	124	LS	5,8	74	3,0	28,8	43	35	8	27,7	1,6	1,91	0,65
4	1	506	309	185	LS-L	6,4	109	2,8	29,3	51	43	8	34,0	1,5	2,13	0,43
	3	592	263	145	LS	6,3	86	1,8	33,1	57	46	11	32,6	1,7	2,22	0,76
	7	483	343	174	L	6,2	97	2,0	37,6	57	44	13	31,9	1,8	1,93	0,75
	9	601	281	118	LS	6,2	67	2,5	28,2	43	34	9	25,4	1,7	1,96	0,76
5	1	560	278	162	LS	6,5	91	2,5	32,4	50	35	15	28,3	1,7	1,45	0,93
	3	568	270	162	LS	6,6	74	2,0	26,6	45	34	11	25,6	1,8	1,76	0,68
	5	468	358	174	L	6,6	79	2,5	35,3	53	35	18	30,7	1,7	1,24	1,03
	7	437	392	171	L	6,5	95	2,5	29,6	53	37	16	30,7	1,7	1,39	0,94
<b>Medie</b>		<b>530</b>	<b>301</b>	<b>168</b>		<b>6,4</b>	<b>86</b>	<b>2,5</b>	<b>30,9</b>	<b>50</b>	<b>37</b>	<b>14</b>	<b>29,9</b>	<b>1,7</b>	<b>1,58</b>	<b>0,81</b>

(1) L = franco; LS = franco sabbioso

(2) 0-4 non plastico; 5-14 poco plastico; 15-39 plastico; > 40 molto plastico

(3) tale rapporto indica i rischi di deterioramento della struttura: > 1,10 non ci sono rischi; < 0,95 ci sono seri rischi qualora il terreno rimanga a lungo umido; < 0,90 i rischi sono elevati anche se il suolo rimane umido per breve tempo

(4) < 0,25 molto molle; 0,25-0,50 molle; 1 media; 1-2 compatta; 2-4 molto compatta; > 4 compattissima (il Terzaghi esprime questo indice in Kg/cm<sup>2</sup>)

(5) < 0,75 inattiva; 0,75-1,25 normale; > 1,25 attiva (il contenuto in argilla in questa relazione è espresso in %)

Tab. 4. Determinazioni analitiche degli orizzonti superficiali dei suoli del sottobacino



Durante la seconda fase del progetto è stato predisposto il controllo periodico dell'umidità della parte superficiale del suolo, campionato in modo rappresentativo delle condizioni medie dell'area, con una frequenza di circa dieci giorni. I valori dell'umidità determinati per via gravimetrica sono stati poi confrontati con quelli della piovosità e dell'evapotraspirazione potenziale, calcolata utilizzando la formula di Blaney-Criddle, corretta secondo la metodologia FAO. Nella figura 2 è riportato l'andamento dei tre parametri per il periodo novembre '94 - maggio '95.

Pur con le limitazioni legate all'irregolare funzionamento del pluviografo durante il periodo delle osservazioni <sup>2</sup> (per cui talvolta è stato considerato il dato stimato sulla base delle stazioni limitrofe dell'area), si può osservare un'oscillazione del contenuto medio in umidità in stretta relazione con l'andamento pluviometrico. Come risulta dalla figura 2 tale valore supera il 31 % in alcune decadi dei mesi da novembre a marzo, mentre da aprile in poi l'umidità si mantiene sempre al di sotto del 31 % in relazione con la diminuzione degli apporti idrici, ma soprattutto con l'incremento graduale dell'ETP. Anche durante i periodi a rischio si possono avere dei brevi periodi aridi (le cosiddette secche di gennaio che caratterizzano l'andamento pluviometrico dei singoli anni e che si manifestano dal 20 gennaio al 20 febbraio circa) durante i quali si riduce il rischio di erosione per calpestamento. E' chiaro che da un anno all'altro possono esserci delle differenze; soltanto attraverso la ripetizione dei controlli per più anni consecutivi è possibile seguire il comportamento del suolo in relazione ai diversi andamenti pluviometrici ed, in generale, alla variabilità degli elementi climatici che condizionano la disponibilità idrica dell'ambiente, per poter stilare in modo più preciso un calendario di pascolamento.

## Conclusioni

I risultati dello studio pedologico inducono a ritenere che l'area non presenti in generale un elevato rischio di erosione, come confermato dalle analisi fisico-meccaniche e geotecniche, che indicano la presenza di suoli abbastanza resistenti alle sollecitazioni esterne. Tuttavia è importante precisare che un continuo calpestamento, in condizioni di rischio, favorisce il manifestarsi di processi erosivi, perchè l'aumento di compattazione che ne deriva limita l'infiltrazione dell'acqua, provocandone lo scorrimento in superficie. Il verificarsi di tali processi dipende anche dal contenuto in umidità del terreno, e quindi dall'andamento pluviometrico e dall'evapotraspirazione. Data la variabilità di questi fenomeni un calendario probabilistico può essere elaborato soltanto dopo ripetuti anni di osservazione.

Pensiamo di aver raggiunto i nostri obiettivi, ma dal momento che la nostra intenzione è quella di estendere a livello regionale il metodo proposto crediamo che si possa sfruttare l'opportunità offerta dal MEDALUS III per continuare a lavorare in tale senso.

---

<sup>2</sup> La fase di campionamento dell'umidità è iniziata nel mese di Novembre 1994 in quanto, sulla base dell'andamento medio del regime di umidità del suolo (Pulina, 1995), prima di questo periodo non si verifica, nella maggior parte dei casi la ricarica completa della riserva idrica.

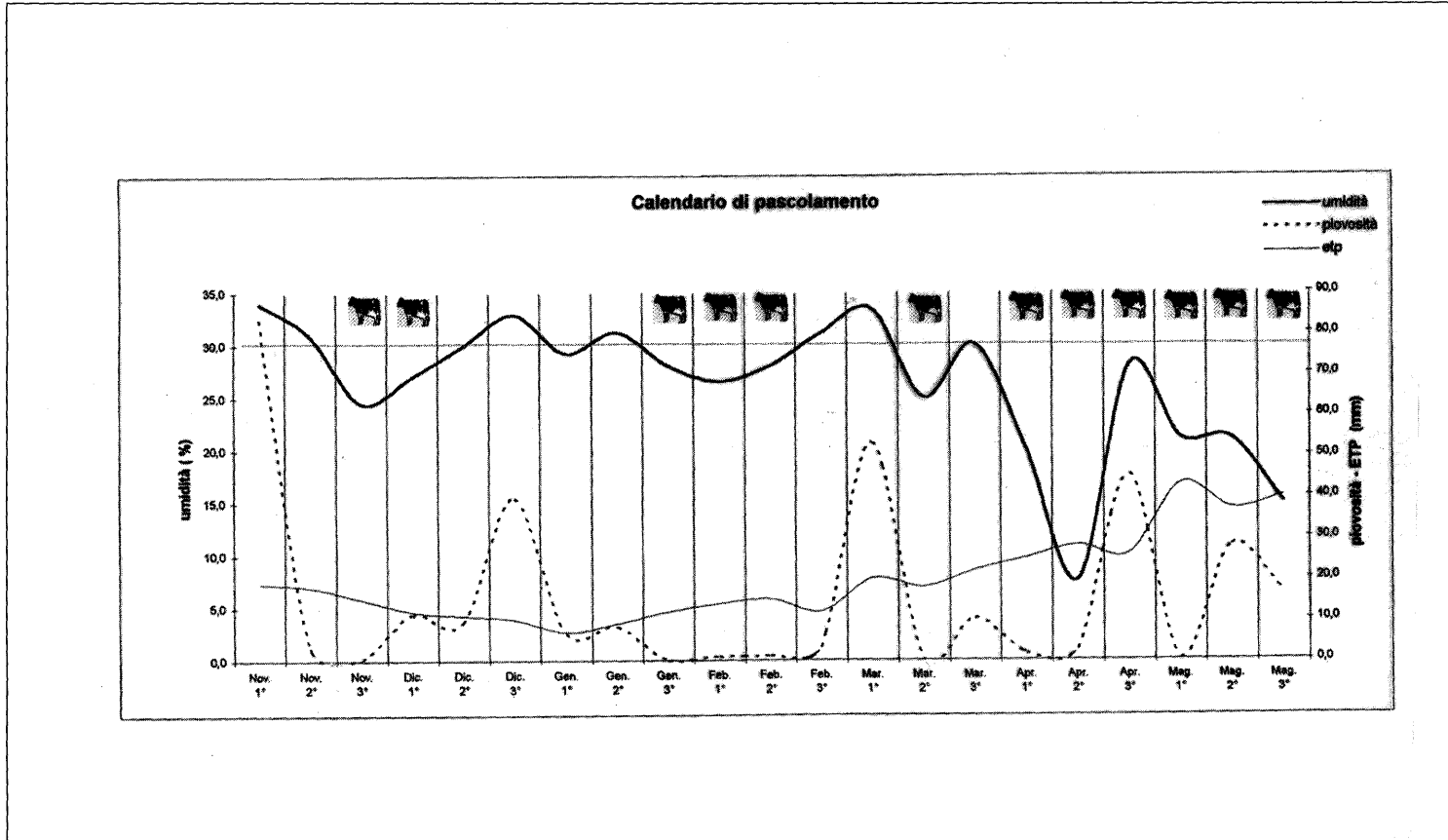
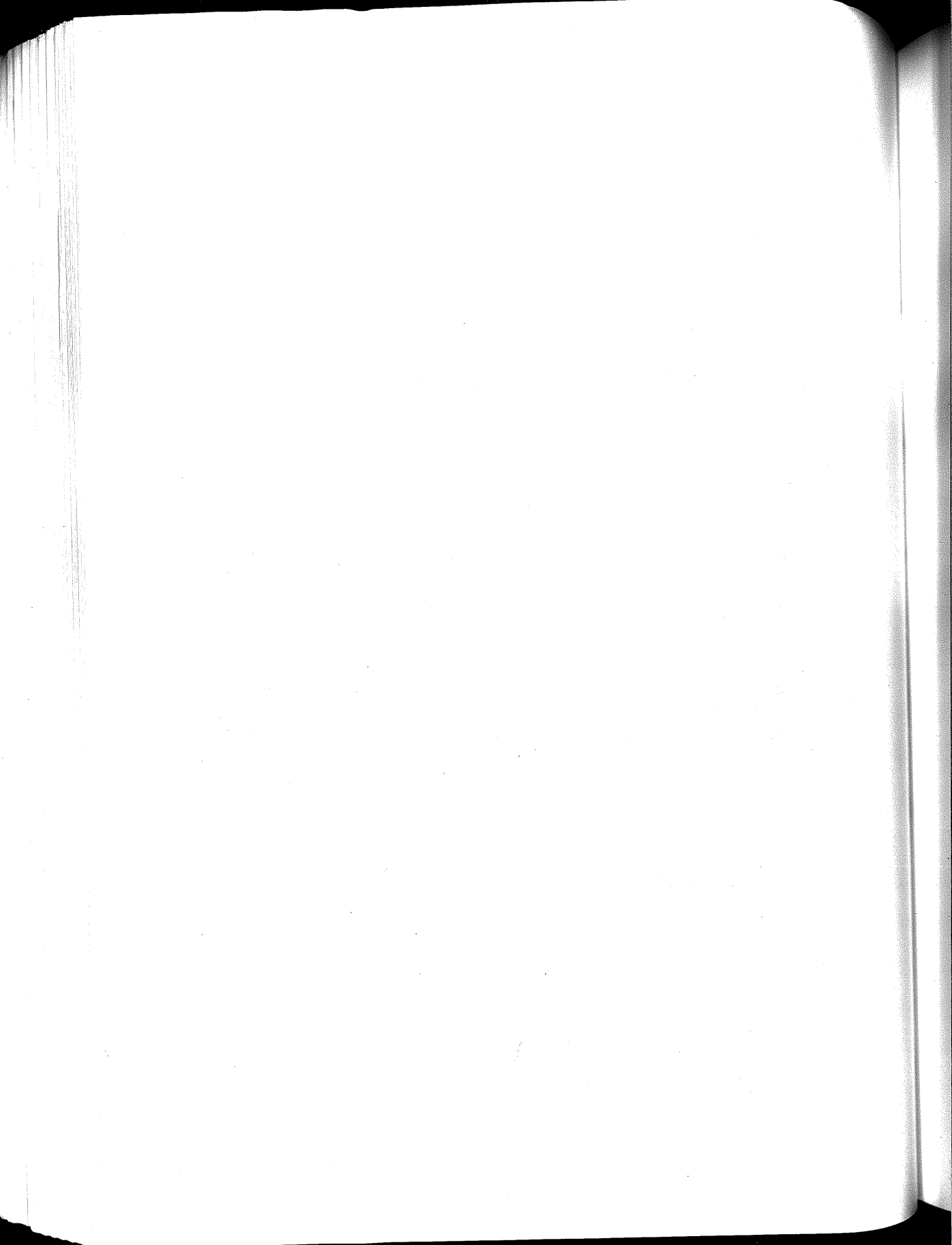


Fig. 2 - Relazione tra umidità, piovosità ed evapotraspirazione potenziale, per l'evidenziamento dei periodi di pascolamento.

## Bibliografia

- Abbate A., (1958), Prove pratiche di laboratorio e di cantiere nelle costruzioni stradali, Hoepli - Milano
- Alioto M.N., Magaldi D., Ristori G., (1989), "Alcune proprietà fisiche, geotecniche e mineralogiche dei suoli argillosi della Val dell'Orcia". In: "Quaderni di scienza del suolo", vol. II, Firenze
- Busoni E., Costantini E., Desideri A., Dimase A.C., Sanesi G., (1983), "Risultati sperimentali per la valutazione dei suoli agricoli e forestali in Toscana". In: "CNR - Centro di studio per la genesi cartografia e classificazione del suolo - Progetto finalizzato conservazione del suolo, sottoprogetto dinamica dei versanti", Firenze
- Campbell D.J. et al., (1980), "The plastic limit as determined by the dropcone test, in relation to the mechanical behaviour of soil". In: "Journal of soil science" 31: 11-24
- Campbell G.S. et al., (1986), Methods of soil analysis - Part I, Klute Editor, Madison USA
- Cavazza L., (1981), Fisica del terreno agrario,
- Cestelli Guidi, (1964), Meccanica del terreno, fondazioni opere in terra, Hoepli
- Colombo P., (1975), Elementi di geotecnica, Zanichelli
- Costantinidis C., (1981), Bonifica ed irrigazione, Edagricole
- D'Egidio G., Bazzotti P., Nistri L., Zanchi C., (1981), "Prime valutazioni del ruscellamento superficiale, infiltrazione e perdita di suolo in pascoli soggetti a diversa gestione dell'Appennino lucano, mediante l'uso di un simulatore di pioggia di campagna". In "Annali dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo", pagg. 245-260, vol. XII, Firenze
- Desio A., (1959), Geologia applicata all'ingegneria, Hoepli Milano
- Harrod T.R., (1979), "Soil suitability for grassland". In "Soil Survey Applications", Soil Surv. Techn. Monogr. n. 13, Harpenden
- Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, (1982), - Comitato per l'osservatorio nazionale pedologico e per la qualità del suolo - "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo", Supplemento ordinario alla G.U.
- Pulina M.A., Filigheddu M.R., (1994), "Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) en climat méditerranéen: un exemple en Sardaigne". Publications de l'Association Internationale de Climatologie, vol. 7
- Sanesi G., (1977), "Guida alla descrizione del suolo" - CNR Progetto finalizzato alla conservazione del suolo - Firenze
- Soil Survey Staff, (1992), Keys to soil taxonomy



# PRATICA DEL SET-ASIDE COME METODO DI RECUPERO BIOFISICO DI UN TERRENO FRAGILE IN CLIMA SEMI-ARIDO

**B. Ceccanti, Istituto Chimica del Terreno - CNR, Pisa (Italia).**

**G. Masciandaro, Istituto Chimica del Terreno - CNR, Pisa (Italia).**

**J. F. Gallardo Lancho, Instituto de Recursos Naturales y  
Agrobiologia - CSIC, Salamanca (Spagna).**

## Riassunto

E' stato studiato un ecosistema agrario appartenente ad un clima semi-arido mediterraneo (Salamanca, Spagna), in tre diverse situazioni colturali: terreno coltivato intensivamente, terreno a set-aside e terreno di controllo. Sono stati analizzati parametri chimici, fisici e biologici.

Nel terreno coltivato intensivamente i parametri chimici e biologici diminuivano rispetto al terreno di controllo ed alla situazione di set-aside. I parametri fisici hanno mostrato che le lavorazioni intensive determinavano un aumento dei macropori ed una diminuzione dei micropori, cioè creavano condizioni sfavorevoli alla vita microbica che, come è noto, è in stretta correlazione con la microporosità; correlazioni positive sono state trovate tra alcune attività biologiche ed i micropori.

Infine, la situazione a coltura intensiva possedeva una considerevole quota di attività enzimatica extracellulare associata alle sostanze umiche; ciò indicava che il sistema, conservando l'energia biochimica sotto forma di complessi umo-enzimatici, era ancora in grado di recuperare "naturalmente" (mediante il set-aside) il suo livello di fertilità potenziale.

## Introduzione

Le pratiche agricole intensive, dettate dalla necessità di sostenere la fertilità agronomica per incrementare le rese produttive, sono basate su una politica di tipo "estrattivo" tendente cioè a sfruttare irrazionalmente il suolo senza ripristinare lo "status quo" di produttività. Il risultato di questa politica è un sensibile depauperamento qualitativo dell'ecosistema-suolo (Del Bene et al., 1994) che rappresenta una risorsa esauribile in tempi relativamente brevi (Sequi, 1979).

La conservazione della "qualità" del suolo è un tema di urgente attualità che può trovare ampia applicazione nelle corrette pratiche agronomiche, a condizione che la risorsa-suolo non sia stata distrutta irreversibilmente. Esempi di tecniche corrette di gestione riguardano la riduzione delle pratiche di aratura, il trattamento del terreno con residui animali e vegetali, la rotazione delle colture, oppure il ritiro del terreno dalla coltivazione per alcuni anni permettendo l'instaurarsi di una vegetazione spontanea (pratica del set-aside).

L'ultima ipotesi riguarda il "recupero naturale" di un suolo impoverito dalle coltivazioni, ed è una strategia di grande importanza ecologica in quanto garantisce la conservazione dell'energia e della materia.

La soluzione del set-aside è stata accettata dai nuovi orientamenti della Politica Agraria Comunitaria (PAC), secondo cui le attività agricole primarie non devono esclusivamente mirare agli scopi produttivi, bensì devono tendere alla tutela ed alla valorizzazione delle risorse naturali. Alla luce di queste considerazioni, il concetto di fertilità assume un significato molto

ampio, in quanto include oltre all'aspetto agronomico classico, anche l'aspetto fisico e quello biologico (microbiologico e biochimico) che dovrebbero essere prioritari per garantire una produttività a lungo termine dei sistemi agricoli. Infatti, la carica microbiologica attiva i processi di mineralizzazione liberando elementi nutritivi ed energia metabolica dalla sostanza organica, mentre le proprietà fisiche regolano i processi di scambio suolo-pianta degli elementi liberati. "Attivazione" e "regolazione" conferiscono ad un qualsiasi ecosistema naturale un perfetto equilibrio biogeodinamico, che esprime le potenzialità produttive dell'ecosistema, in pratica le sue condizioni di fertilità. L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare gli effetti delle pratiche agricole intensive su alcuni parametri chimici, fisici e biologici di un ecosistema-suolo in clima semi-arido, per seguire il ripristino della fertilità biofisica potenziale mediante la pratica del set-aside.

## **Materiali e Metodi**

### Terreni

È stato individuato un ecosistema sperimentale, sito in località Munóvela (Salamanca, Spagna), a tessitura limo-sabbiosa, a pH sub-acido e ricco in sostanza organica. L'ecosistema è stato studiato in tre situazioni colturali diverse:

1. Terreno non coltivato (controllo, S0)
2. Terreno coltivato e lasciato a set-aside per tre anni (prato spontaneo, Sp)
3. Terreno coltivato intensivamente per lungo periodo (coltivato, Sc)

I campioni di suolo sono stati prelevati alla profondità di 0-10 cm, essiccati all'aria, vagliati (2 mm) e conservati a temperatura ambiente.

### Analisi chimiche

Il carbonio totale e l'azoto totale sono stati determinati rispettivamente con il metodo di ossidazione del bicromato ed il metodo Kjeldahl.

Il carbonio estraibile in acqua, gli zuccheri ed i fenoli sono stati determinati nell'estratto acquoso del suolo (1:10 p/v a 50°C per 1h sotto agitazione meccanica), il carbonio con il metodo di ossidazione del bicromato, gli zuccheri col metodo dell'Antrone e i fenoli con il metodo riportato da Ceccanti et al. (1993).

### Analisi biochimiche

L'ATP è stato determinato secondo il metodo di Ciardi et al. (1991), la deidrogenasi secondo il metodo di Garcia et al. (1993a). Il metodo di determinazione delle attività idrolasiche è stato riportato da Garcia et al. (1993b).

### Analisi chimico-strutturale

Per la pirolisi-gas cromatografia (Py-GC) è stato utilizzato un pirolizzatore (Piroprobe CDS 190) collegato ad un gas-cromatografo Carlo Erba 6000, munito di una colonna impaccata Poropak Q (3m x 6mm). La Py-GC è stata effettuata ad una temperatura di 750°C. L'interpretazione dei pirogrammi consiste nel determinare le abbondanze relative (%) dei principali picchi cromatografici, corrispondenti all'acido acetico (K), acetonitrile (E<sub>1</sub>), benzene (B), toluene (E<sub>3</sub>), pirrolo (O), furfurolo (N) e fenolo (Y) (Ceccanti et al., 1986). Tra le abbondanze relative di questi picchi si sono calcolati:

- l'indice di mineralizzazione N/O: più alto è l'indice, minore è la mineralizzazione
- l'indice di umificazione B/E<sub>3</sub>: più alto è l'indice, maggiore è l'umificazione.

### Analisi fisiche

Le analisi fisiche sono state effettuate presso l'Instituto de Recursos Naturales y Agrobiologia del CSIC di Salamanca (Spagna) secondo i metodi descritti da Richard et al. (1956).

### **Risultati e discussione**

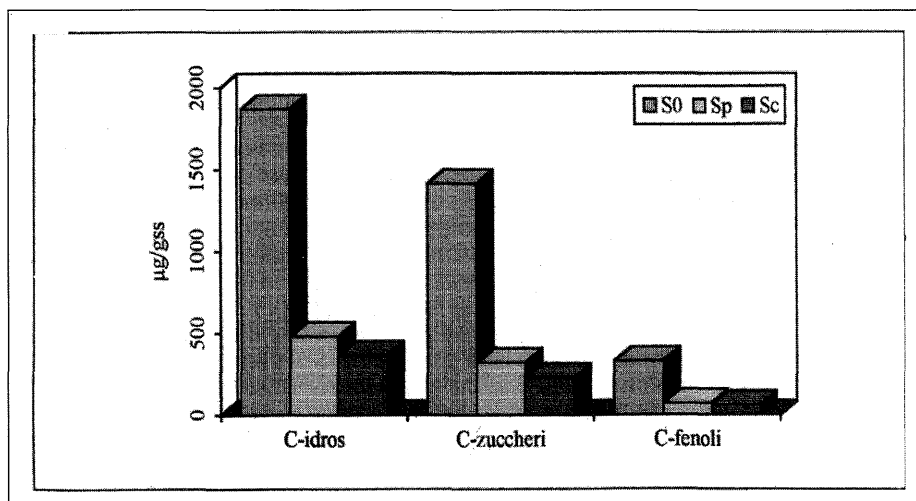
In tabella 1 sono riportati i dati relativi ai parametri chimici nelle tre diverse situazioni colturali dell'ecosistema Salamanca: S0 (terreno di controllo, non coltivato), Sp (terreno a set-aside), Sc (terreno coltivato intensivamente).

	pH	C-tot .....	sost.org ...%...	N-tot .....	C/N	NH <sub>3</sub> .....	NO <sub>3</sub> ...mg/	PO <sub>4</sub> gss	SO <sub>4</sub> .....
<b>S0</b>	5,8	2,74	4,74	0,4	6,85	1,16	28,5	1	46,5
<b>Sp</b>	5,7	0,53	0,92	0,09	5,88	0,22	48,2	10	47
<b>Sc</b>	5	0,41	0,71	0,06	6,83	0,85	25,7	4	36

*Tab.1. Parametri chimici dell'ecosistema-suolo Salamanca.*

La coltivazione intensiva del suolo riduce drasticamente, come è noto (Dick, 1992), la quantità di sostanza organica (sost. org.), il carbonio totale (C-tot) e l'azoto totale (N-tot), in quanto la sostanza organica vegetale facilmente decomponibile, subisce processi di ossidazione accelerata. In particolare, la perdita di carbonio ed azoto organico in questi suoli, è un effetto combinato dell'aumento della velocità di ossidazione dei substrati dovuto alle coltivazioni e di un minimo ritorno di residui vegetali al suolo.

I substrati organici estraibili in acqua, quali il carbonio idrosolubile (C-idros), gli zuccheri (C-zuccheri) ed i fenoli (C-fenoli), forniscono un parametro chimico utile per valutare le trasformazioni della sostanza organica labile indotte dalle coltivazioni o da altre strategie di gestione del suolo (Saà et al., 1994); essi diminuiscono nel sito a set-aside e maggiormente nel terreno coltivato intensivamente (figura 1).



*Fig. 1. Substrati estraibili in acqua*

L'attività della biomassa microbica nel suolo è direttamente influenzata dall'input di residui vegetali freschi, per cui essa risponde molto rapidamente alle pratiche agronomiche in quanto media i processi di turnover della sostanza organica (Mc Gill et al., 1986). In pratica, il suolo utilizzato intensivamente per lunghi periodi, avendo un contenuto minore di sostanza organica specialmente della frazione labile, è caratterizzato da un livello più basso di attività microbiologica, come mostrano i dati relativi all'ATP e all'attività deidrogenasica. Questi parametri sono considerati validi indicatori dell'attività microbica globale in ecosistemi perturbati (Gil Sotres et al., 1992; Garcia et al., 1994) (figura 2).

Questo comportamento era d'altra parte prevedibile dal momento che le coltivazioni provocando un rapido catabolismo dei substrati organici labili, determinano una diminuzione del numero e dell'attività della biomassa microbica (Collins et al., 1992).

In studi precedenti, Ceccanti et al. (1994) hanno trovato una correlazione molto significativa tra ATP, attività enzimatiche (determinate sul terreno) ed i substrati organici; questa relazione ha permesso agli autori di concludere che le attività enzimatiche e l'ATP si possono considerare parametri "biomarcatori" dei processi biologici in ecosistemi naturali ed anche nei suoli agrari sottoposti a diversi usi colturali. In pratica, i parametri individuati sono risultati espressione della cosiddetta "fertilità biochimica" che, regolando il flusso dei principali nutrienti, influenza la "fertilità globale" e quindi la produttività vegetale dei suoli agrari.

Le pratiche agricole oltre ad influenzare le proprietà chimiche e biochimiche del suolo, come hanno confermato i risultati di questo studio, hanno anche una profonda influenza sulla struttura del terreno. Lo studio della fisica del terreno, e cioè della tessitura, della porosità, della circolazione di aria e della ritenzione di acqua, è di grande utilità almeno quanto quello delle proprietà chimiche e biologiche.

Raramente sono state studiate le relazioni tra i parametri fisici, chimici e biologici, pur essendo la struttura del suolo un parametro critico per la fertilità, cioè il fattore limitante per la produttività agraria (Giusquiani et al., 1995; Sequi et al., 1985).

La struttura del suolo è strettamente legata alla distribuzione ed alla dimensione dei pori che, in base al loro diametro, possono creare importanti micro-habitat per i microrganismi del terreno, e sono responsabili della penetrazione radicale, della circolazione di aria e di acqua, delle condizioni trofiche e dei rapporti tra gli organismi (predazione, compe-

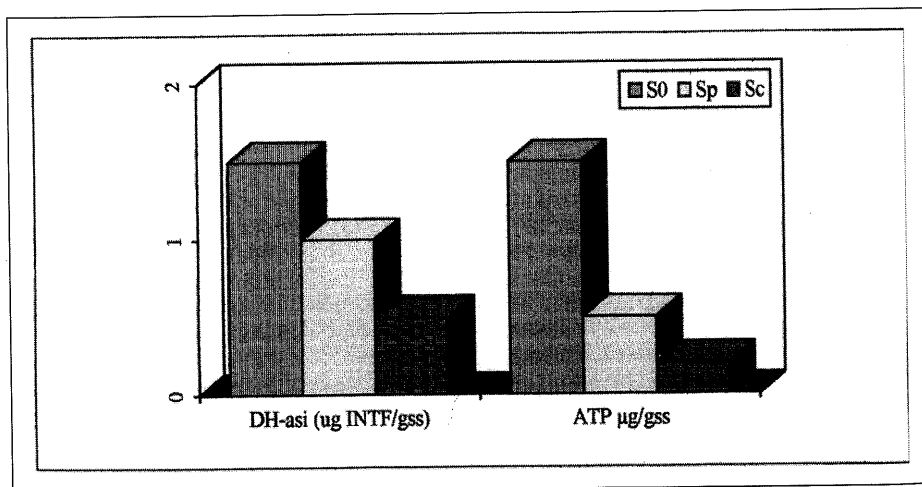


Fig. 2. Attività microbiologica



tizione, ecc.) (Couteaux et al., 1988).

Le coltivazioni agricole intensive, in accordo a quanto riportato in letteratura (Pagliai e De Nobili, 1993), aumentano la percentuale dei macropori e riducono quella dei micropori; questi ultimi sono considerati importanti nei rapporti suolo-radice, nel garantire la sopravvivenza e l'attività dei microrganismi e nel mantenere una buona struttura del terreno (Pagliai et al., 1983). L'aumento della macroporosità, in seguito alle coltivazioni intensive, provoca, ovviamente, un incremento della densità, soprattutto di quella apparente (tabella 2).

	poros.tot. .....	micropori ...(%)...	macropori .....	densità reale (g/cm <sup>3</sup> )	densità apparente (g/cm <sup>3</sup> )
<b>S0</b>	51	33	19	2,43	1,18
<b>Sp</b>	48	16	31	2,61	1,37
<b>Sc</b>	45	12	32	2,64	1,46

Tab. 2. Proprietà fisiche del suolo nelle tre situazioni colturali.

La ritenzione di acqua nel terreno mostra lo stesso andamento della porosità, e più precisamente della microporosità; infatti, nel terreno coltivato intensivamente, la diminuzione della microporosità riduce anche il contenuto di acqua disponibile nel terreno (tabella 3); ciò è probabilmente dovuto alla riduzione della sostanza organica nel suolo sottoposto a questo tipo di utilizzazione agricola ed al peggioramento della struttura del terreno (Metzger e Yaron, 1987).

	pF 4,2 .....	pF 2,7 .....	pF 2,0 (% acqua)	pF 1,0 .....	pF 0,0 .....	% acqua utile
<b>S0</b>	22,7	32,7	36,9	64,3	81,4	10
<b>Sp</b>	8,3	16,1	18,5	37,1	45,3	7,8
<b>Sc</b>	6,2	12,3	14,7	35,5	40,3	6,1

Tab. 3. Ritenzione di acqua nel terreno.

Correlazioni positive ( $P < 5\%$ ) sono state trovate tra i parametri indicatori dell'attività microbiologica, ATP e deidrogenasi (DH-asi), il carbonio e l'azoto totale, i micropori e la percentuale di acqua utile nel terreno (tabella 4), confermando che tale classe di pori è ottimale per l'attività microbica responsabile del turnover dei substrati organici.

Pagliai e De Nobili (1993) hanno trovato una correlazione positiva tra un enzima idrolitico, l'ureasi, ed i micropori (definiti tali i pori con diametro compreso tra 30 e 200µm), indicando che i micropori oltre ad essere importanti per l'attività microbica e lo sviluppo delle radici, permettono anche l'attività degli enzimi del suolo.

La densità apparente è, invece, correlata negativamente con la deidrogenasi, l'ATP ed i micropori, come è stato anche riportato da Giusquiani et al., (1995) in studi relativi al trattamento dei terreni con compost.

Risulta evidente, dai dati fino ad ora esposti, che il suolo coltivato intensivamente è stato danneggiato nelle sue proprietà chimiche, biochimiche e fisiche; a completamento di questo studio, è stata studiata la "struttura" della sostanza organica stabile, cioè del nucleo aromatico dell'humus, e la sua "funzione biochimica" per verificare lo stato degradativo e la possibilità di "recupero naturale" del terreno intensivamente coltivato mediante il set-aside.

	sost. org.	% acqua utile	C-tot	N-tot	dens. app.	por. tot.	micro por.	macro por.	DH asi	ATP
sost.org	1,000									
%acqua utile	0,928	1,000								
C-tot	0,999	0,929	1,000							
N-tot	0,999	0,923	0,999	1,000						
dens.app	-0,962	-0,991	-0,962	-0,964	1,000					
por.tot.	-	0,997	-	-	-0,979	1,000				
micropor	0,990	0,964	0,991	0,992	-0,989	0,942	1,000			
macropor	-0,999	-0,928	-0,999	-0,999	0,968	-	-0,993	1,000		
DH-asi	-	0,992	-	-	-0,967	0,998	0,928	-	1,000	
ATP	0,970	0,987	0,970	0,973	-0,999	0,972	0,994	-0,976	0,959	1,000

Tab. 4. Matrice di correlazione tra i parametri chimico-fisici e biochimici. I valori degli indici di correlazione riportati in tabella sono significativi con  $P < 5\%$ .

La pirolisi-gas cromatografia (Py-GC) è una tecnica analitica distruttiva (Ceccanti et al., 1986) che è stata usata per l'analisi della sostanza organica nativa del terreno e per la determinazione degli indici di umificazione (benzene/toluene, B/E<sub>3</sub>) e di mineralizzazione (furfurolo/pirrolo, N/O) in funzione del tipo di utilizzazione agricola del suolo. In pratica, la Py-GC ha permesso di studiare la qualità della sostanza organica presente nei terreni e le caratteristiche chimico-strutturali delle sostanze umiche, responsabili della conservazione del suolo e della sua fertilità biologica ed agronomica (Del Bene et al., 1994).

L'indice di mineralizzazione N/O (furfurolo/pirrolo) diminuendo nei terreni coltivati, indicava la presenza di una sostanza organica più mineralizzata in questa condizione: più basso è l'indice e maggiore è la mineralizzazione. L'indice di umificazione B/E<sub>3</sub>, che rappresenta la condizione strutturale del nucleo aromatico delle sostanze umiche, mostrava che il terreno di controllo (non coltivato) ed il terreno coltivato intensivamente, probabilmente contenevano lo stesso "tipo" di humus stabile (figura 3).

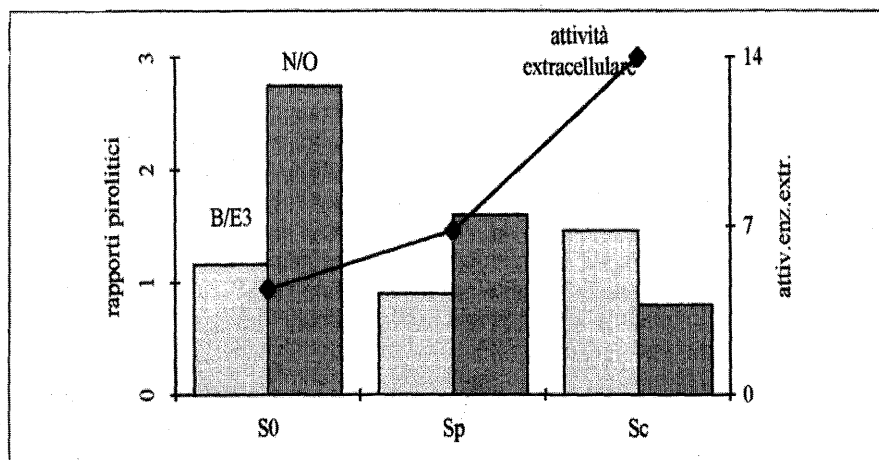


Fig. 3.

Nella figura 3, è riportata anche la sommatoria delle attività enzimatiche idrolitiche (fosfatasi, ureasi, proteasi-BAA, proteasi-caseina) extracellulari specifiche (cioè riferite al carbonio estratto in pirofosfato neutro 0,1 M). Il valore massimo di attività enzimatica extracellulare si rileva nel terreno intensivamente coltivato (Sc) in corrispondenza del massimo valore dell'indice di umificazione B/E<sub>3</sub>. Questo dato suggerisce che il terreno più compromesso dalle coltivazioni intensive è in grado di preservare l'energia biochimica che risulta associata alla sostanza umica più stabile. In ecosistemi disturbati gli enzimi extracellulari sono importanti per valutare le potenzialità biochimiche funzionali dell'ecosistema, anche nella condizione in cui è stata compromessa l'attività delle popolazioni microbiche.

### Conclusioni

Il sistema sperimentale individuato e l'impostazione metodologica seguita sono risultati un buon "modello" per lo studio di ecosistemi interessati da metodi di coltura diversi. L'integrazione dei parametri biochimici con quelli fisici e chimico-strutturali della sostanza organica è risultata decisiva nel comprendere la dinamica delle trasformazioni che avvengono all'interno dell'ecosistema.

La pirolisi-gas cromatografia della sostanza organica e l'analisi dell'attività degli enzimi idrolitici associati alle sostanze umiche hanno permesso di individuare, nel sito a coltura intensiva, una quota di humus stabile e biochimicamente attivo.

Quindi, un terreno considerato "poco fertile" ma che ha ancora un nucleo aromatico di humus stabile e biochimicamente attivo non è in una situazione irreversibile di "non ritorno" e può essere, pertanto, recuperabile. Con la pratica "naturale" ed "ecologica" del set-aside, un sistema può evolversi da una condizione "fragile" al recupero spontaneo delle sue proprietà "biofisiche" originarie e quindi della sua fertilità biologica ed agronomica; il numero di anni necessari al recupero è naturalmente impossibile da prevedere, come è stato riportato da Tate III (1987) in studi sul ripristino eco-compatibile della fertilità dei suoli agrari.

### Bibliografia

- Ceccanti, B., J.M. Alcaniz, M. Gispert, M. Gassiot. 1986. Characterization of organic matter from two different soils by pyrolysis-gas chromatography and isoelectrofocusing. *Soil Sci.*, 142: 83-90
- Ceccanti, B., G. Masciandaro, C. Garcia. 1993. Anaerobic digestion of straw and piggery wastewaters: I. Preliminary studies. *Agrochimica* n. 1-2, XXXVII: 147-156
- Ceccanti, B., B. Pezzarossa, F.J. Gallardo-Lancho, G. Masciandaro. 1994. Bio-tests as markers of soil utilization and fertility. *Geomicrobiology Journal*, 11: 309-31
- Collins, H.P., P.E. Rasmussen, C.L. Douglas. 1992. Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 783-788.
- Couteaux, M.M., G. Faurie, L. Palka, C. Steinberger. 1988. La relation prédateur proie (protozoaires-bactéries) dans les sols: Role dans la régulation des populations et conséquences sur les cycles du carbone et de l'azote. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 25: 1-31.
- Ciardi, C., B. Ceccanti, P. Nannipieri. 1991. Method to determine the adenylate energy charge in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 23: 1099-1101.
- Del Bene, P., G. Masciandaro, B. Ceccanti, C. Garcia, A. Benedetti. 1994. Uso del terreno e stato di umificazione della sostanza organica. *Atti XII SICA, Piacenza 19-21 set-*

- tembre. (in stampa).
- Dick, R.P. 1992. A review: long-term effects of agricultural systems and soil biochemical and microbial parameters. *Agr. Ecosys Environ.* 40, 25-36.
- Garcia, C., T. Hernandez, F. Costa, B. Ceccanti, G. Masciandaro. 1993a. The dehydrogenase activity in a soil as an ecological marker in process of perturbed system regeneration. XI Int. Symp. Environ. Biogeochem., Salamanca (Spagna) 27-30 settembre.
- Garcia, C., T. Hernandez, F. Costa, B. Ceccanti, G. Masciandaro, C. Ciardi. 1993b. A study of biochemical parameters of composted and fresh municipal wastes. *Biore-source Technol.*, 44: 17-33.
- Garcia, C., T. Hernandez, F. Costa, B. Ceccanti, G. Masciandaro. 1994. Soil regenerated by the addition of organic wastes: a biochemical study. XV Int. Congress of Soil Science, 10-16 luglio, Acapulco (Messico). Vol 3b: 427-428.
- Gil-Sotres, F., M.C. Trasar-Cepeda, C. Ciardi, B. Ceccanti, M.C. Leiros. 1992. Biochemical characterization of biological activity in very young mine soils. *Biol. Fertil. Soils.* 13, 25-30.
- Giusquiani, P.L., M Pagliai, G. Gigliotti, D. Businelli, A. Benetti. 1995. Urban waste compost: effects on physical, chemical, and biochemical soil properties. *J. Environ. Qual.*, Vol. 24 no. 1, 175-182.
- Mc. Gill, W.B., K.R. Cannon, J.A. Robertson, F.D. Cook. 1986. *Can. J. Soil Sci.* 66, 1-19.
- Metzger, L., B. Yaron. 1987. Influence of sludge organic matter on soil physical properties. *Adv. Soil Sci.*, 7: 141-163.
- Pagliai, M., M. La Marca, G. Lucamante. 1983. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. *J. Soil Sci.*, 34: 391-403.
- Pagliai, M., M. De Nobili. 1993. Relationship between soil porosity, root development and soil enzyme activity in cultivated soils. *Geoderma*, 56: 243-256.
- Richard, L.A., W.R. Gardner, G. Ogata. 1956. Physical processes determining water loss from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 20: 310-314.
- Saa', A., C. Garcia, J. Cives, F. Gill-Sotres, C. Trasar-Cepeda, C. Leiros, B. Ceccanti. 1994. Biochemical properties development and humification in mine soils amended with cattle slurry. XV Int. Congress of Soil Science, 10-16 luglio Acapulco, Mexico. Vol. 3, 210-220.
- Sequi, P. 1979. Parlare di fertilità del terreno nel ventesimo secolo. *L'Italia Agricola* - Anno 116 - no. 2 - Aprile-Giugno.
- Sequi, P., G. Cercignani, M. De Nobili, M. Pagliai. 1985. A positive trend among two soil enzyme activities and a range of soil porosity under zero and conventional tillage. *Soil Biol. Biochem.*, 17: 255-256.
- Tate III R. L. 1987. Ecosystem management and soil organic matter levels. In: *Soil Organic matter. Biological and ecological effects.* John Wiley and Sons, Inc. 13, 260-280.

## **B.Idr.A.S. - IL BILANCIO IDRICO PER LE AREE SENSIBILI \***

**G. Mecella, P. Scandella, Istituto Sperimentale per la Nutrizione  
delle Piante - Roma**

### **Riassunto**

Ai fini della definizione della sensibilità di un'area, la quantizzazione del surplus idrico è di fondamentale importanza per il ruolo che rivestono le acque, sia superficiali che profonde, nel trasporto di nutrienti e di diversi composti chimici.

E' stato elaborato un modello semideterministico implementato su PC in grado di stimare, in suoli agrari interessati da conduzioni agronomiche differenziate, l'umidità del profilo di suolo, fino ad una profondità massima di 3 metri, per singoli strati dello spessore di 10 cm e con cadenza giornaliera.

La conoscenza del tenore di umidità consente di valutare l'eventuale stato di idrosaturazione del profilo, il runoff, il quantitativo di acqua di drenaggio e di percolazione, in altri termini il surplus e di conseguenza permette di quantizzare gli effetti del ristagno idrico, sia pure saltuario, che si riflettono sul metabolismo del suolo, sulla crescita delle colture e sull'attività agricola in generale.

Nella Nota vengono presentati sia i principi ispiratori del modello che i risultati delle verifiche in campo su due ambienti pedoclimatici diversi.

### **Introduzione**

Nelle aree mediterranee, con intense piogge autunno-vernine e con lunghi periodi di siccità estiva, la quantizzazione del surplus idrico riveste particolare importanza per la vulnerabilità dei suoli e degli acquiferi superficiali e sottosuperficiali, in quanto le acque di ruscellamento superficiale e di percolazione sono comodi vettori per nutrienti, composti organici di sintesi e prodotti delle deposizioni solide ed aeriformi.

Premesso che per surplus si intende qualsiasi stato idrico del suolo con umidità superiore alla capacità di campo (stato di idrosaturazione più o meno temporanea all'interno del profilo, runoff, acqua di percolazione negli strati profondi o in falde sottosuperficiali, acqua di drenaggio sia superficiale che profonda), l'entità dei surplus risulta funzione di numerosi fattori, quali il tipo di suolo, il clima, la conduzione agronomica. Monitorare il surplus significa quindi porre in evidenza a quale profondità del profilo si verifica uno stato di ristagno idrico, nonché i tempi di permanenza dell'acqua nello strato stesso.

Da tale monitoraggio nello spazio e nel tempo consegue la possibilità di quantizzare gli effetti del ristagno idrico, sia pure saltuario, che si riflettono sul metabolismo del suolo, sulla crescita delle colture e sull'attività agricola in generale.

Per la definizione dei surplus nelle aree soggette ad attività agricola, si è formulato il modello B.Idr.A.S. (Bilancio Idrico per le Aree Sensibili) in grado di simulare i movimenti dell'acqua nel suolo mediante moduli tra loro interagenti, che acquisiscono le informazioni necessarie da banche dati, nelle quali confluiscono grandezze e parametri riguar-

\* Progetto Finalizzato PANDA, sottoprogetto 1 - Sensibilità delle aree, Serie 2, Nota No. 7

danti il clima, il suolo e la coltura.

Fondamentale nell'elaborazione di tale modello è stata la formalizzazione degli algoritmi che rappresentano le correlazioni suolo, clima e coltivazione e che regolano il movimento dell'acqua nel suolo sia nello spazio che nel tempo. Tale formalizzazione è stata attuata attraverso un lavoro di sintesi e di verifica sperimentale delle conoscenze relative alla climatologia, alla pedologia, all'idropedologia ed all'informatica, così da creare un sistema integrato di monitoraggio ambientale per la previsione dei surplus e delle ricariche delle falde ad opera delle attività agricole, sempre ai fini inizialmente di calcolare e successivamente di prevedere i quantitativi di elementi indesiderati veicolati dalle acque di surplus.

La scelta delle procedure di rilevamento dei dati da utilizzare nel modello B.Idr.A.S. è stata orientata verso metodologie già utilizzate normalmente in sede di progettazione irrigua, questo al fine di rendere il modello applicabile anche a realtà pedoclimatiche nelle quali si siano realizzati studi ambientali e/o irrigui. Occorre inoltre sottolineare che gli algoritmi inseriti nel modello si fondano sulle metodologie di rilevamento adottate e, qualora esse dovessero essere sostituite con altre, anche gli algoritmi elaborati dovrebbero essere rivisitati.

### **Materiali e metodi**

Il principio metodologico, su cui si basa il sistema per il calcolo dei surplus, è stato quello di giungere ad una sintesi in grado di rappresentare con una buona approssimazione i movimenti dell'acqua nel suolo anche a seguito dei processi di interazione tra clima, coltura e terreno.

E' stato pertanto elaborato un modello semideterministico implementato su PC basato sia su studi di tipo idrodinamico che su relazioni empiriche determinate sperimentalmente, con uno sviluppo simile ai classici modelli deterministici, ma nel quale i singoli moduli sono ricavati anche mediante formulazioni empiriche.

La struttura modulare adottata consente l'eventuale sostituzione di vecchi moduli con ulteriori algoritmi elaborativi in grado di meglio rappresentare i complessi rapporti che presiedono i movimenti dell'acqua nel terreno con l'obiettivo di rendere tutto il sistema sempre più deterministico e meno empirico ed inoltre, essendo stato elaborato nell'ambiente italiano e tarato su diverse colture, non necessita di difficoltose calibrizioni.

I parametri pedoclimatici e colturali di input non presentano particolari difficoltà di reperimento, provenendo da una normale indagine pedologica e da acquisizione con una classica capannina meteorologica e, per quanto riguarda le colture, da bibliografia relativa a prove agronomiche ed a studi sull'accrescimento.

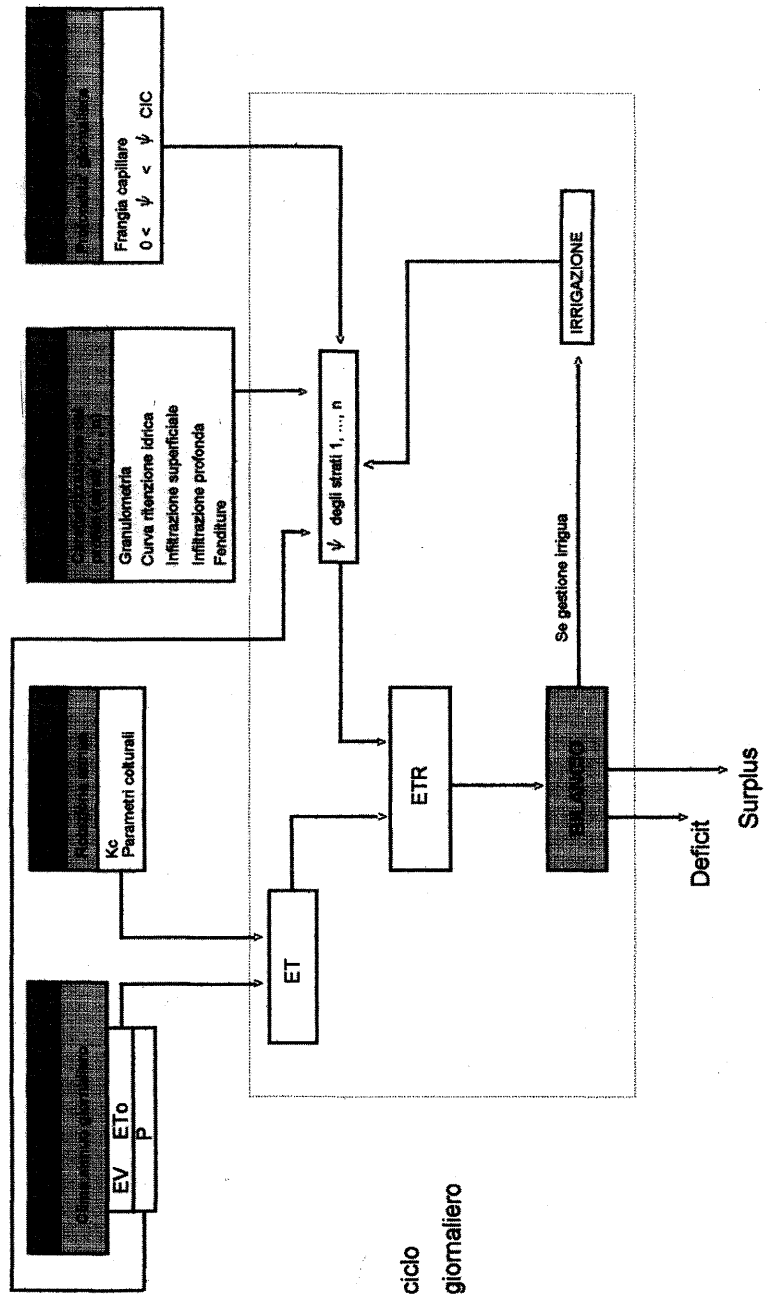
Nella Fig. 1 si riporta una rappresentazione schematica del modello del bilancio idrico. Costituiscono parte integrante del modello per il calcolo dei surplus i seguenti moduli:

- Banche dati clima - suolo - coltura
- Bilancio idrico del suolo
- Evapotraspirazione.

#### *Banche dati*

Nella banca dati clima vengono memorizzate le informazioni relative alle coordinate geografiche della stazione di rilevamento e le grandezze climatiche necessarie per il calcolo della ET secondo le diverse procedure di calcolo internazionalmente riconosciute.

# BILANCIO IDRICO GIORNALIERO PER AREE SENSIBILI



ciclo giornaliero

Fig. 1 - Diagramma di flusso

La banca dati suolo memorizza le informazioni qualitative e quantitative relative al profilo ed ai suoi orizzonti. Tali informazioni, che fanno riferimento alle metodologie di lettura e classificazione dei suoli, sono inerenti alle caratteristiche del sito ed alla morfologia del profilo. Per ciascun orizzonte individuato vengono memorizzate le sole caratteristiche indispensabili alla gestione del sistema: composizione granulometrica e caratteristiche idropedologiche. In particolare le grandezze fisiche relative al suolo, utilizzate dal modello per la valutazione dei movimenti dell'acqua lungo il profilo, e sulle quali il modello stesso è stato tarato, sono la velocità di infiltrazione in campo misurata con il metodo dell'infiltrometro a doppio cilindro, la curva di ritenzione idrica su campione disturbato, la granulometria secondo i limiti U.S.D.A. Quando è presente una falda viene associato il monitoraggio della sua profondità. Nella banca dati colture vengono memorizzate le caratteristiche colturali della specie ed i coefficienti dei vari algoritmi di risposta della coltura alle sollecitazioni ed agli stress ambientali, con particolare riferimento alla determinazione del coefficiente colturale  $K_c$  ed al ritmo di approfondimento radicale.

#### *Bilancio idrico del suolo*

In questa prima fase dello studio, il modello per la definizione dei surplus è stato messo a punto per terreni di pianura, caratterizzati da fenomeni di ruscellamento superficiale contenuti.

Poiché le relazioni che intercorrono tra il suolo, considerato come sistema colloidale, e l'acqua si verificano sempre in termini energetici, sia per la simulazione della dinamica dell'acqua nel suolo che per la stima dell'ETR in funzione del contenuto idrico ci si è espressi in termini di potenziale.

Per quanto attiene il suolo, i criteri seguiti sono:

- calcolo, per ogni orizzonte del profilo, della regressione più idonea a rappresentare matematicamente la curva tensione/umidità del suolo;
- suddivisione di ogni orizzonte interessato al bilancio in strati virtuali di 10 cm nei quali le caratteristiche fisiche ed idrologiche sono considerate omogenee;
- stima dei mm di pioggia utile che penetrano nel primo strato di suolo al netto del runoff e dei quantitativi che, attraverso le crepacciature, bagnano gli strati sottosuperficiali;
- stima della quantità di acqua che entra nello strato in funzione della velocità di infiltrazione e della sorptività, dipendente dal grado di saturazione idrica dello strato;
- stima, nell'intervallo tra capacità idrica massima e capacità di campo, della quantità di acqua che percola nello strato successivo in funzione della sua velocità di infiltrazione e del rapporto di saturazione idrica;
- confronto fra tasso di percolazione dello strato sovrastante e tasso di infiltrazione di quello sottostante: quando questo è inferiore la percolazione si dimensiona sul tasso di infiltrazione e lo strato sovrastante rimane in condizioni di ristagno idrico; se lo strato è interessato da una rete di drenaggio, l'eccesso idrico va ad alimentare la rete di scoline con un tasso di deflusso proporzionale alla permeabilità laterale;
- quando, secondo le procedure descritte, tutta l'acqua gravitazionale si è ripartita tra gli strati, tra quelli con contenuto idrico inferiore alla capacità di campo si instaura un equilibrio sulla base dei potenziali con cui l'acqua è trattenuta al suolo; in altri termini, i movimenti dell'acqua capillare vengono rappresentati mettendo in equilibrio, per strati contigui, i potenziali presenti in quelle particolari situazioni di umidità;



- stima della risalita capillare in presenza di falda, simulando un flusso di umidità, sempre mediante l'equilibrio dei potenziali per strati contigui, considerando lo strato superiore alla falda a potenziale corrispondente alla CIC;
- stima delle crepacciature sulla superficie del suolo, in funzione del tipo di suolo e del potenziale idrico degli strati: se presenti gli apporti idrici by-passano gli strati crepacciati.

#### *Clima - Evapotraspirazione*

Per quanto attiene la stima dell'evapotraspirazione sono stati riconsiderati alcuni aspetti, ricordando le sostanziali finalità del bilancio idrologico del terreno agrario in ambiente irriguo ed in ambiente non irriguo.

In particolare, poiché i potenziali che regolano l'assimilabilità dell'acqua variano in funzione dei quantitativi dell'acqua stessa presente nel terreno, schematicamente è stata suddivisa l'evapotraspirazione in due fasi corrispondenti alle diverse frazioni di acqua utile (acqua facilmente assimilabile e restante frazione della riserva idrica utile), seguite da una terza fase nella quale il contributo sostanziale all'essiccamento del suolo è da ascrivere solo al processo dell'evaporazione.

Poiché, come sopra detto, nel modulo relativo al bilancio idrico del suolo il profilo viene suddiviso in strati virtuali di 10 cm e per ogni strato viene automaticamente calcolato il potenziale con cui l'acqua è legata al terreno, il processo evapotraspirativo viene considerato solo per gli strati interessati dall'apparato radicale ed il limite tra acqua facilmente assimilabile e restante riserva idrica utile viene fissato da un potenziale il cui valore è proprio della coltura. Esperienze condotte ad esempio sul mais, hanno evidenziato che tale limite può essere fissato intorno a -1,6 bar.

Ne consegue che la  $ET_c$  fino al potenziale proprio della coltura si mantiene uguale alla  $ET_m$ , quindi, seguendo la legge sull'essiccamento secondo Thornthwaite, diminuisce fino a potenziale -15 bar in funzione del rapporto  $\psi_c/\psi_{att}$  e successivamente diventa uguale alla evaporazione del terreno, annullandosi al potenziale di  $-10^3$  bar (acqua igroscopica).

Per quanto attiene infine il contributo che ciascuno strato di terreno fornisce alla ETR, questo viene suddiviso tra gli strati in funzione del ritmo di accrescimento dell'apparato radicale, secondo algoritmi appositamente elaborati.

#### **Risultati e discussione**

In questa prima fase della verifica, si è applicato il modello B.Idr.A.S. in due pedoambienti italiani già oggetto di studio, uno situato in provincia di Frosinone (Paliano) e l'altro in provincia di Mantova (Casale di Governolo).

In entrambi gli ambienti erano state effettuate ricerche che, con finalità diverse, prevedevano il monitoraggio dell'umidità nei diversi strati del profilo, con cadenza media da settimanale a bisettimanale, durante la coltura del mais sottoposta a diversi regimi irrigui.

Dal punto di vista pedologico, nella zona di Paliano le prove condotte nel 1987 e nel 1988 hanno interessato due luvisuoli vertico-ferrici leggermente diversi tra loro per capacità di ritenzione idrica. Entrambi derivati da cineriti micropumicee rossicce del sistema vulcanico dei Colli Albani, di tessitura franco-argillosa in superficie ed argillosa in profondità, presentano curve di ritenzione idrica del tipo illustrato in Fig. 2.

Nella zona di Mantova il suolo è classificato come fluvisuolo calcico, di tessitura

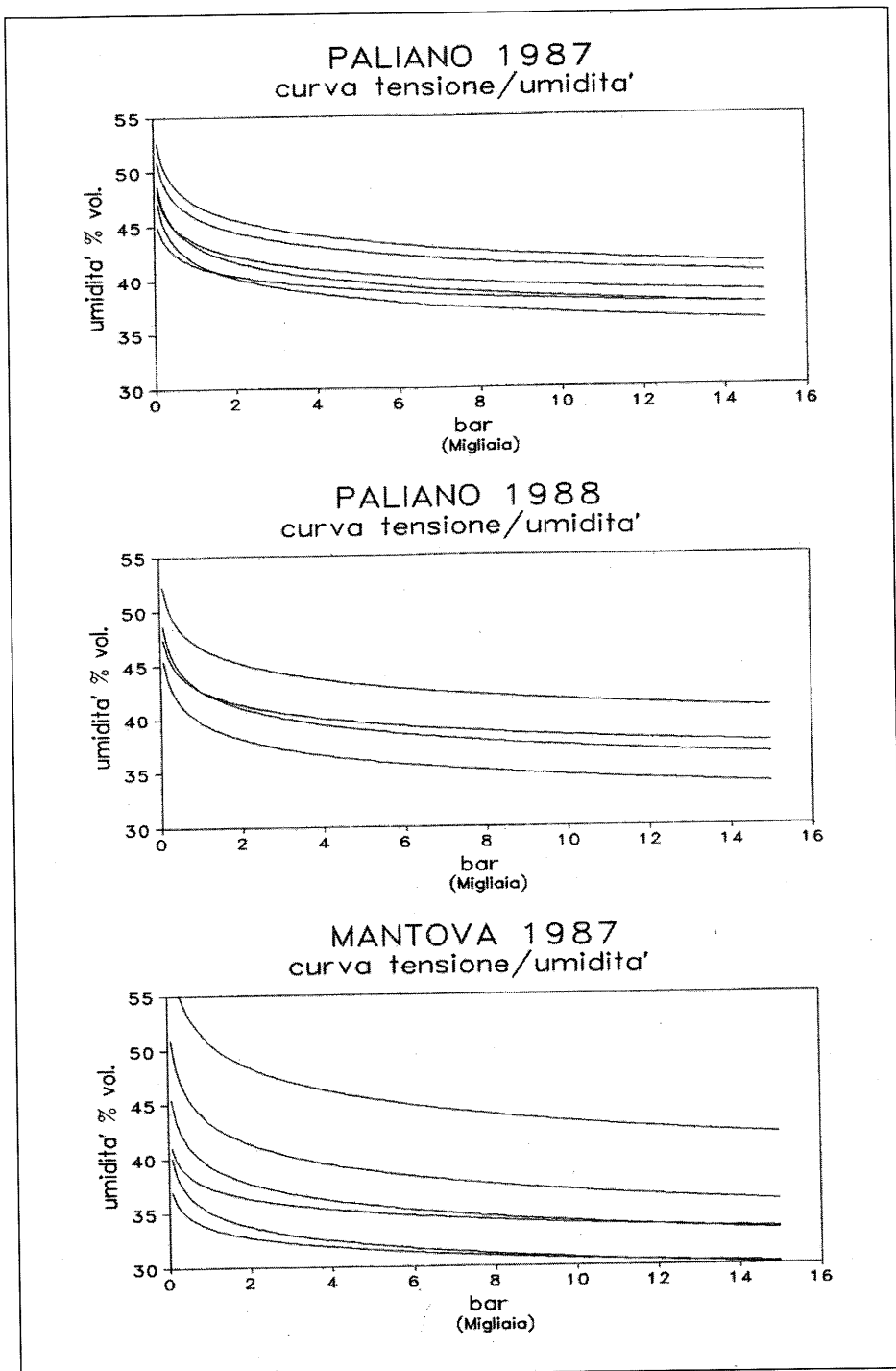


Fig. 2 - Curve di ritenzione idrica

limoso-argillosa in superficie e franco-limosa in profondità, derivato da sedimenti olocenici. Presenta un orizzonte di accumulo calcareo tra 50 e 90 cm di profondità, caratterizzato da permeabilità molto bassa, che induce la formazione di periodici stati di idrosaturazione negli orizzonti sovrastanti, in quanto le acque non riescono a percolare attraverso di esso, ma defluiscono lateralmente in una rete di drenaggio mantenuta efficiente con periodiche lavorazioni con aratro talpa. Tale rete mantiene il livello di una falda superficiale intorno a 200 cm di profondità. Il contributo che la falda fornisce alla nutrizione idrica delle colture risulta comunque praticamente nullo, in quanto lo strato calcareo impedisce di fatto la risalita capillare. Nella Fig. 2 è rappresentata la curva tensione/umidità di questo suolo.

Dal raffronto tra i dati sperimentali ottenuti tra 0 e 100 cm con prelievi ogni 25 cm ed interpolati per strati di 10 cm, come previsto dal modello B.Idr.A.S., e quelli stimati dal modello stesso (Fig. 3) si evidenzia una soddisfacente corrispondenza della stima.

### Conclusioni

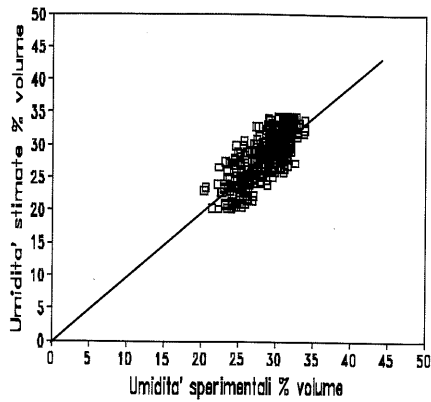
Il modello B.Idr.A.S. è stato elaborato per monitorare nello spazio e nel tempo il ristagno idrico e le conseguenze che da questo derivano sul terreno e sulla composizione delle acque di falda.

Con l'integrazione giornaliera, combinata con la suddivisione del profilo in strati di 10 cm, B.Idr.A.S. consente di simulare i movimenti dell'acqua nel suolo, evidenziando l'eventuale fenomeno di idrosaturazione nello strato di suolo ed il tempo di permanenza dell'acqua nello strato stesso.

Ciò assume una elevata valenza quando si devono stimare i surplus idrici per la valutazione della fragilità di un'area agli interventi antropici, con particolare attenzione a quelli legati alle attività agricole. La conoscenza del tempo di permanenza dell'acqua nei diversi strati è infatti fondamentale quando si debba interpretare il comportamento di qualsivoglia prodotto chimico nel suolo e costituisce inoltre uno strumento per la valutazione dello "stato di salute" di un terreno sottoposto a coltivazioni ed a pratiche agronomiche non sempre suolo-compatibili.

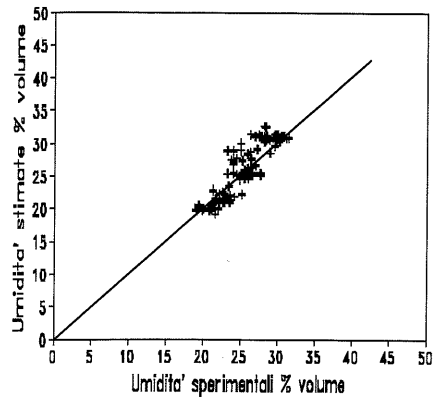
E' possibile infatti seguire il destino nel suolo, attraverso il monitoraggio dello stato idrico dei diversi strati del profilo, di numerose sostanze utilizzate in agricoltura, fertilizzanti chimici ed organici e prodotti organici di sintesi (fitofarmaci, diserbanti, geodisinfestanti, ecc.). Infatti i processi di lisciviazione, ossidoriduzione, nitrificazione e denitrificazione, l'evoluzione della sostanza organica sono strettamente correlati ai rapporti aria/acqua nel suolo e quindi, attraverso la conoscenza dell'umidità del suolo e del tempo di ristagno idrico, è possibile valutare il potere inquinante delle acque in eccesso.

PALIANO Coltura Mais  
Maggio - Settembre 1987



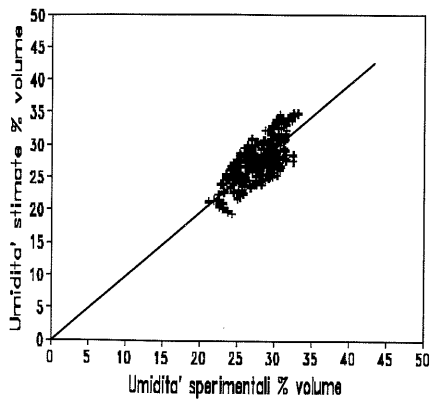
N campioni = 420  
D.S. = 2.38  
Scarto mm (P = 0.95) = -0.05 0.23

MANTOVA Coltura Mais  
Maggio - Settembre 1987



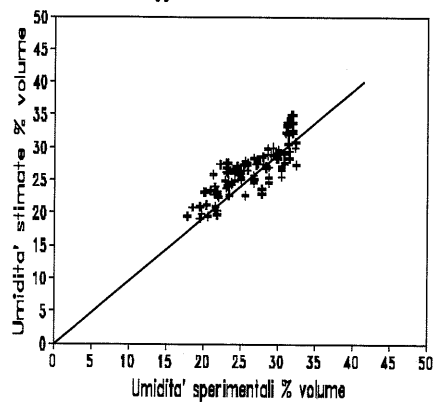
N campioni = 120  
D.S. = 1.93  
Scarto mm (P = 0.95) = -0.70 0.36

PALIANO Coltura Mais  
Maggio - Settembre 1988



N campioni = 300  
D.S. = 2.15  
Scarto mm (P = 0.95) = -0.46 0.24

PALIANO Mais Irrigazione ridotta  
Maggio - Settembre 1988

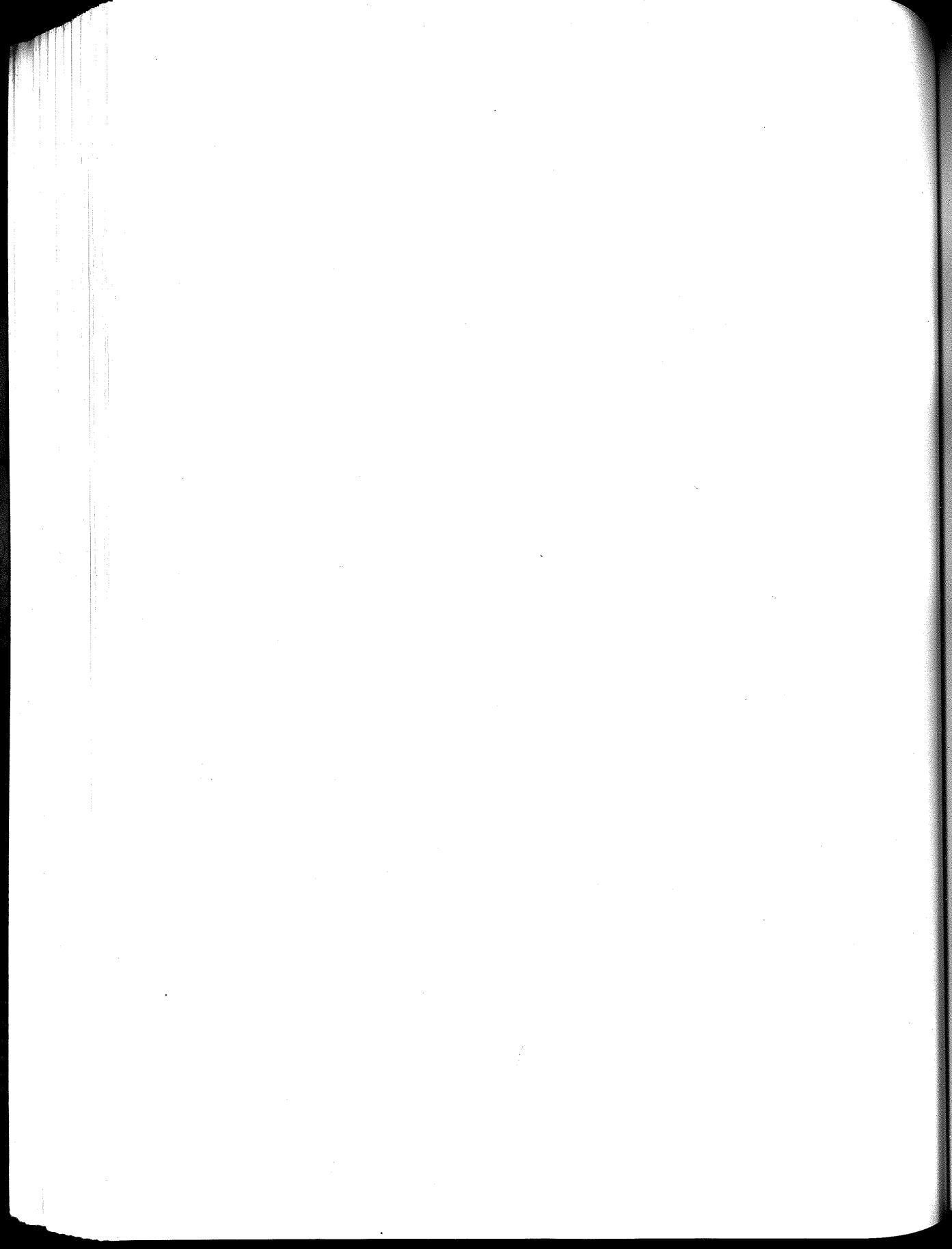


N campioni = 128  
D.S. = 2.18  
Scarto mm (P = 0.95) = -0.59 0.40

Fig. 3 - Umidità sperimentali e stimate

## Bibliografia

- Driessen P.M. (1986). The water balance of the soil. In "Modelling of agricultural production: weather, soil and crops". Ed by H. Van Keulen and J. Wolfs, PUDOC, Wageningen.
- Kalra Y.P., Maynard D.G. (1991). Methods manual for forest soil and plant analysis. Forestry Canada Northwest Region. Information Report NOR-X-319.
- Mecella G., Scandella P., Pierandrei F., Di Blasi N. (1988). La classificazione dei terreni finalizzata alla gestione aziendale. Esempio di applicazione del sistema Land Classification U.S.B.R.. Supplemento Annali Ist. Sper. Nutr. Piante, Roma.
- Mecella G., Scandella P. (1992). Irrigation écologiquement viable dans les régions méditerranéennes. Actes du Séminaire sur les technologies et pratiques d'une agriculture durable. OCDE - Direction de l'Environnement, Paris.
- Mecella G., Scandella P., Francaviglia R., Costantini A. (1995). Bilans hydriques dans les zones sensibles. Actes de la 46ème Réunion du Comité International Exécutif et Session Technique Spéciale de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage - CIID - Roma.
- Mecella G., Scandella P. (1995). Formulazione matematica delle curve tensione/umidità dei suoli e potenziale corrispondente alla capacità di campo (Metodo Romano-Lauciani). (in press).
- Romano E., Mecella G. (1982). Guida pratica per il rilevamento delle caratteristiche pedoagronomiche dei terreni. Supplemento Annali Ist. Sper. Nutr. Piante, Roma.
- Scandella P., Mecella G., Francaviglia R. and Sequi P. (1993). The Irrigation-Drainage-Environment Relationships. The situation of Italy. ECE - Working Group on Agriculture-Environment Relationships - II Session, Geneva.
- Sequi P., Vianello G., Ciavatta C. (1991). An Italian Approach to the determination of Areas Vulnerable to Pollution. Soil Vulnerability to Pollution in Europe, Ed. by N. H. Batjes and E.M. Bridges, ISRIC.
- Thornthwaite C.W., Mather J.R. (1955). The water balance. Publication in *Climatology* VIII (1), 104.
- Tombesi L., Mecella G., Francaviglia R., Costantini A., Scandella P., Moretti R., Di Blasi N., Pierandrei F. (1987). L'informatica applicata alla gestione idrica delle colture. Nota I - Confronto tra il metodo proposto dall'Istituto e quelli derivati dalla formula di Penman. Supplemento Annali Ist. Sper. Nutr. Piante, Roma.
- Tombesi L., Mecella G., Francaviglia R., Costantini A., Scandella P., Moretti R., Di Blasi N., Pierandrei F. (1988). L'informatica applicata alla gestione idrica delle colture. Nota II - Confronto tra il metodo proposto dall'Istituto e quelli derivati dalla formula di Penman. Supplemento Annali Ist. Sper. Nutr. Piante, Roma.
- Tsuyoshi Miyazaki (1993). Water flow in soils. M. Dekker ed., New York, Basel, Hong Kong.



## **PRIME CONSIDERAZIONI SULLA DEGRADAZIONE DELLE AREE SUGHERICOLE IN SARDEGNA (PROG. PANDA)**

**S. Trastu, Geologo contrattista Progetto Panda - Iglesias**

**D. Usai, ERSAT - San Sperate**

**V. Satta, Dipartimento di Ingegneria del Territorio- Sassari**

**G. Brundu, Dipartimento Scienze della Terra - Cagliari**

**A. Aru, Dipartimento Scienze della Terra - Cagliari**

**I. Camarda, Dipartimento di Ecologia vegetale - Sassari**

**P. Baldaccini, Dipartimento di Ingegneria del Territorio- Sassari**

### **Riassunto**

Le aree sughericole della Sardegna e di altre parti del Mediterraneo, vengono spesso sottoposte ad interventi agricoli finalizzati alla produzione di erbai per l'alimentazione del bestiame. Vengono così trasformati ecosistemi forestali in ecosistemi agricoli.

A queste trasformazioni segue ovunque un incremento eccessivo del carico di bestiame. L'effetto di tali trasformazioni e del sovrappascolamento innesca alcuni fenomeni che determinano una rapida degradazione del suolo.

Tali fenomeni, esaminati sia in Sardegna che in altre parti del Mediterraneo, sono dati dall'erosione, dalla compattazione del suolo, dalla diminuzione della permeabilità, dal mancato apporto di sostanza organica e della fertilità in generale.

Il ripetersi degli interventi antropici porta il suolo ad uno stadio di degrado tale che è impossibile il rinnovo naturale del bosco di sughera. La stessa longevità delle piante residue diminuisce notevolmente rispetto a quelle in condizioni naturali. A questi interventi va aggiunta quella della pratica dell'incendio, fortemente attiva in queste aree per incrementare le superfici destinate all'allevamento ovino. Una parte notevole del patrimonio sughericolo della Sardegna è stato perduto e potrebbe diminuire ancora in futuro pregiudicando anche le attività legate all'industria sugheriera.

### **Introduzione**

I boschi di sughera hanno rappresentato per la Sardegna un interesse economico non trascurabile soprattutto in alcune aree dell'Isola. Essi sono diffusi in ambienti ben definiti ed in particolare su suoli derivati da substrati granitici, metamorfici del Paleozoico e vulcanici del Terziario mentre sono del tutto assenti nelle aree calcaree.

In passato trovavano ampia diffusione anche sulle superfici terrazzate pleistoceniche con suoli fortemente alterati ed evoluti (*Planosuoli*) caratterizzati da una elevata acidità, desaturazione e rilevante illuviazione delle argille. La diffusione di queste formazioni nel Mediterraneo è per lo più confinata ad ambienti simili a quelli dell'Isola. Le aree sughericole, da tempo immemorabile, sono state interessate dal pascolamento in particolare da ovini e suini e subordinatamente dai bovini e caprini. In passato tale uso veniva effettuato nel rispetto degli equilibri ecosistemici ossia con un carico tale da limitare il degrado e consentire la rinnovazione.

La quercia da sughero ("*Quercus suber*") è un albero mediterraneo sempreverde caratte-

rizzato da un rivestimento in sughero che deve essere considerato, per la sua proprietà coibente, come un adattamento al clima mediterraneo, da un lato una barriera contro l'evaporazione e dall'altro una protezione contro la rigidità del clima.

Le foglie di queste piante sono ovali - lanceolate polimorfe, a margine revoluto, con una pelosità ed un arricchimento in cere che contribuiscono in modo significativo a limitare la traspirazione. Le radici sono fittonanti anche se, in condizioni di suoli poco profondi, possono assumere un atteggiamento superficiale con andamento sub-orizzontale. Sembrerebbe quasi una reazione delle piante alle condizioni pedoclimatiche delle aree di diffusione.

Condizioni analoghe si riscontrano in Portogallo, ed in particolare nel Alentejo, ove sono diffuse su substrati acidi con suoli molto evoluti (*Planosol*) la cui pedogenesi è iniziata nel Pleistocene inferiore. Le stesse considerazioni possono essere fatte per la Spagna, Marocco, Algeria e Tunisia ossia per i maggiori centri di diffusione della sughera.

Infatti la sughera vegeta fra il 31° parallelo (Marocco) e 44° latitudine Nord ed il 9° meridiano Ovest (Portogallo) e il 17° meridiano Est (Calabria).

Nei vari paesi sughericoli la sughera raggiunge diversi limiti altitudinali in funzione delle caratteristiche climatiche e dell'evapotraspirazione, comunque è da riconoscere che preferisce ad alte quote i versanti caldi con precipitazioni di 700/900 mm. Si diffonde dal livello del mare fino a 1300 m in Algeria e a 2000 m in Marocco. In Italia la quota massima è segnalata in Sicilia a 1400 m mentre in Sardegna il limite altitudinale raggiunto è di 950 m circa.

La Sardegna dispone di una superficie sughericola di circa 90.000 ha pari al 4% dell'intero territorio sughericolo mediterraneo.

Per effetto dell'intervento antropico, tali superfici tendono a diminuire notevolmente con difficoltà di ricostituzione. D'altronde la Sardegna possiede circa il 90% dell'intera superficie sughericola nazionale. L'Isola si colloca in una posizione centrale dell'areale della sughera.

Poiché l'intervento antropico di tipo agronomico, come detto in precedenza, risulta la principale causa di alterazione degli ecosistemi che portano alla degradazione e scomparsa del bosco, si è ritenuto opportuno esaminarle nelle aree più rappresentative, analizzando anche gli effetti e i risultati di tali interventi.

### **Obbiettivi della ricerca**

L'obiettivo più importante della ricerca è rappresentato dall'inquadramento ecologico della sughera in Sardegna sotto l'aspetto vegetazionale, climatico e produttivo. Occorre pertanto individuare i limiti entro cui questa specie trova la sua migliore collocazione. Contemporaneamente è necessario mettere in evidenza l'importanza della sughera sotto l'aspetto economico e il ruolo strategico che essa svolge e potrà svolgere nel mercato mondiale. La sughera infatti essendo limitata la sua produzione al solo Mediterraneo, assume un valore sotto tutti i punti di vista. La tutela e il miglioramento dei prodotti costituiscono gli obbiettivi fondamentali della politica ecologica ed economica di tutti i paesi interessati.

Pertanto, l'obbiettivo è di conoscere lo stato attuale di evoluzione e involuzione di questi ecosistemi. Per ciò che riguarda gli aspetti evolutivi, lo scopo è di evidenziare le interrelazioni tra questa pianta e le altre componenti vegetazionali, con il suolo e col clima.

Di particolare importanza assume la conoscenza sulla stabilità dell'ecosistema e la sua vulnerabilità per conoscere le cause e gli effetti prodotti dalla degradazione sia sulla vegetazione sia sul suolo.

Stabilite le cause, occorre individuare, sulla base delle conoscenze, i possibili interventi per la ricostituzione naturale e produttiva di questa specie. Sull'esigenza di tale ricosti-



tuzione non vi sono studi particolari almeno per la Sardegna, anche se non sono mancate le richieste a diversi livelli per la protezione di questi ambienti.

D'altronde, la stessa legislazione in materia di gestione di aree sughericole è totalmente carente da rappresentare, in molti casi, una via sicura per l'incremento del degrado.

Pertanto le ricerche hanno interessato i seguenti aspetti:

- incendio delle sugherete
- coltivazione delle sugherete
- modifica dell'assetto vegetazionale
- modalità di degrado del suolo ed effetti più appariscenti (erosione, perdita di fertilità, ecc.).
- rapporti tra sughereta e pascolamento.

Su questa base risulta di fondamentale importanza impostare studi e progetti di recupero e di ricostituzione attraverso la dismissione delle colture, la diffusione della sughera, la riduzione del pascolamento e la difesa dagli incendi.

Pertanto, l'obiettivo fondamentale è quello di riesaminare l'utilizzazione agronomica di queste aree e la convenienza della dismissione sia in termini economici sia in termini di bilancio.

Su questa impostazione l'Unità Operativa ha trovato cooperazione sostanziale con il Dipartimento di Ecologia Vegetale di Sassari, il Ministero delle Foreste del Portogallo e l'Istituto di Geografia della Nuova Università di Lisbona.

### **Materiali e metodi**

Lo studio delle aree sughericole si articola in diverse fasi di lavoro allo scopo di definire e rilevare gli elementi utili ad una adeguata conoscenza del territorio.

Il lavoro ha compreso:

- a) ricerca e consultazione della bibliografia esistente relativa alle zone in esame;
- b) fotointerpretazione preliminare del territorio;
- c) rilevamento dei suoli nelle aree sughericole sottoposte ad aratura, pascolamento ed incendi;
- d) rilevamento dei suoli nelle aree forestate ben conservate e non interessate da incendi;
- e) analisi di laboratorio;
- f) analisi della vegetazione e flora in tutte le aree campione rappresentative di area vasta;
- g) confronto tra suoli, vegetazione e intervento agronomico;
- h) elaborazione dati.

Durante il lavoro di campagna si è proceduto all'individuazione delle aree di osservazione ritenute più adatte allo scopo, attraverso lo studio di "Catene" di suoli. Per ciascuna catena sono stati studiati i profili pedologici nelle varie situazioni morfologiche.

I profili sono stati campionati secondo le metodologie indicate dalla S.I.S.S. e dal C.N.R.

Sono state individuate 4 aree campione rappresentative delle realtà sughericole della Sardegna, ciascuna con particolari caratteristiche geologiche, morfologiche, pedologiche, climatiche, uso, ecc. (fig. 1)

Lo studio ha interessato le seguenti aree:

- AREA 1 S. Antonio di Santadi (Calangianus) (SS);
- AREA 2 Oschiri (SS);
- AREA 3 Croccai - Ortueri (Barigadu) (NU);
- AREA 4 Antas - Gisa (Iglesiente) (CA);

Per ciascuna delle aree sono stati esaminati i seguenti aspetti:

- inquadramento geografico;
- inquadramento geologico-morfologico;
- inquadramento climatico;
- i suoli;
- la vegetazione;
- lo stato della copertura vegetale;
- gli interventi antropici più diffusi;
- gli effetti degli interventi sulle caratteristiche principali dei suoli e sulla modifica dell'assetto vegetazionale;
- quantificazione del degrado;
- ipotesi di salvaguardia e ricostituzione.

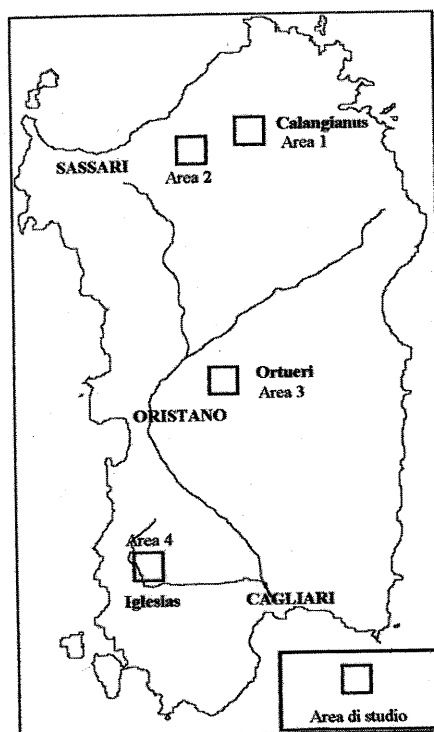


Fig. 1.

### I suoli e la loro degradazione

Come detto in precedenza, alla degradazione delle sugherete segue quella del suolo a causa dell'erosione prima degli orizzonti superficiali e successivamente di quelli profondi sino all'affioramento del substrato.

Per ciascuna stazione sono state realizzate 2 catene di suoli di riferimento: una rappresentativa di situazione ottimale (sughereta con sottobosco non decespugliata ecc.) e una in cui l'antropizzazione (aratura, coltivazione, incendi o pascolo) ha sostanzialmente modificato le caratteristiche ambientali originali.

Per la caratterizzazione del clima delle aree in esame, si è fatto riferimento ai dati di temperature e precipitazioni disponibili delle stazioni del C.R.A.S. e della Stazione Sperimentale del Sughero.

### Descrizione delle aree

#### *Area 1 Comune di Calangianus*

L'area ricade nel Comune di Calangianus (Tavoletta I.G.M. 1:25.000 foglio 443 I Calangianus) ed è situata nella Gallura (Sardegna settentrionale) ad una altezza media di 450 m.s.l.m.

L'intera area di rilevamento è caratterizzata dalla presenza di graniti, granodioriti e monzograniti a grossi cristalli di ortoclasio intersecati da filoni aplitici secondo direzioni pre-

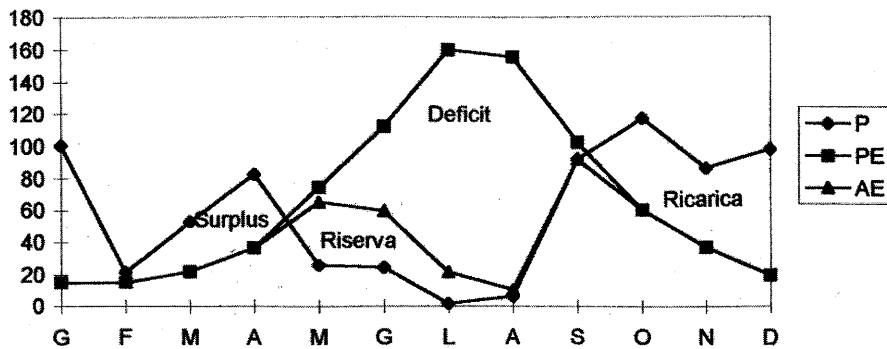


Fig. 2. Bilancio Idrologico mensile. Stazione di Tempio

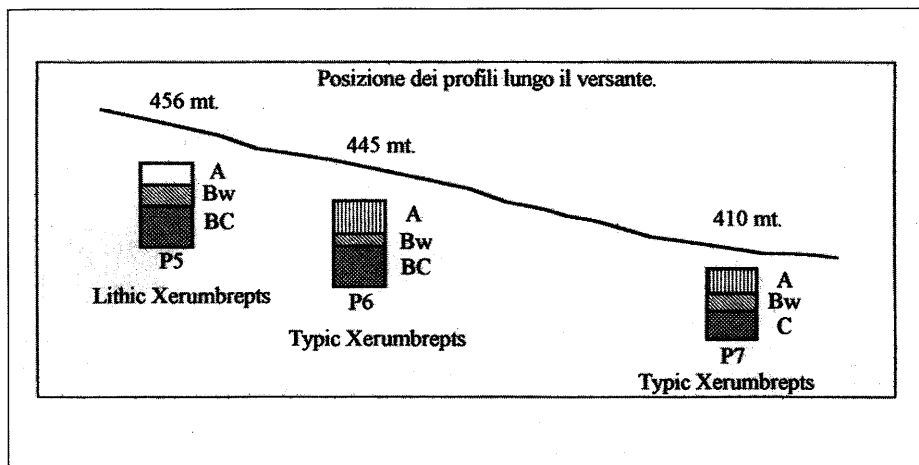


Fig. 3. Catena 1 (S. Antonio di Calangianus) - Profili rappresentativi di aree pascolate e degradate da incendi

valenti N-E S-O. La morfologia della zona è prevalentemente ondulata con versanti a discrete pendenze (25-40%).

Nell'ambito di questo comune, dove le sugherete sono state incendiate, è stato studiato un profilo di riferimento, punto zero, rappresentativo di una situazione ottimale (bosco di sughere con sottobosco non degradato) e due toposequenze: la prima (Catena 1) con caratteristiche vegetazionali simili a quelle del punto zero e la seconda (Catena 2) invece interessata di recente da incendi devastanti.

La catena 1 (Fig. 3), nonostante sia stata anch'essa interessata da incendi, ha preservato parte della copertura arborea: si riscontrano lungo la catena Inceptisuoli con l'orizzonte umbrico (Typic Xerumbrepts). La sughereta nel complesso presenta una certa evoluzione pertanto avrà un'importanza notevole soprattutto dal punto di vista del bilancio idrologico.

L'incendio che ha interessato la Catena 2 (Fig. 4), ha eliminato l'effetto della vegetazione innescando una rapida erosione riducendo notevolmente lo spessore dei suoli (Lithic, District Xerorthents) con una notevole diminuzione del contenuto in sostanza organica.

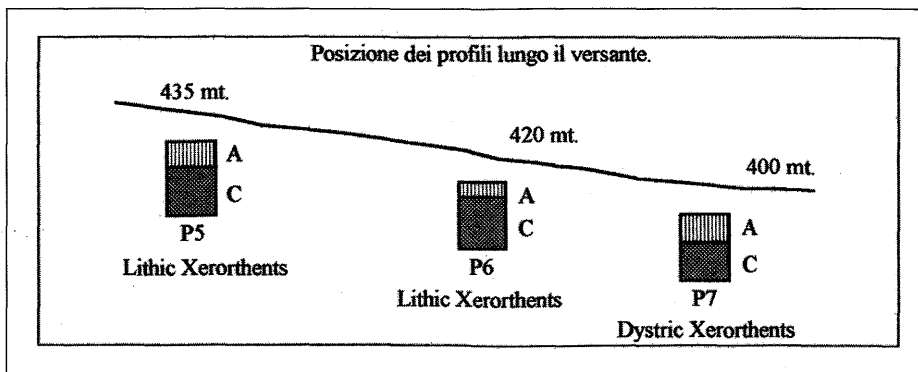


Fig. 4. Catena 2 (S. Antonio di Calangianus) - Profili rappresentativi di aree pascolate e degradate da incendi

#### Area 2 Oschiri

L'area ricade nel Comune di Oschiri (Tav. I.G.M. 1:25.000 foglio 461 IV Oschiri) ed è situata nella Gallura (Sardegna settentrionale) ad una altezza media di 220 m.s.l.m.

L'area si presenta simili all'area 1 per quanto riguarda le caratteristiche geomorfologiche: il substrato è costituito da graniti, granodioriti e monzograniti con forme generalmente ondulate talvolta subpianeggianti. L'uso del suolo prevalente è il pascolo e le coltivazione per la produzione di erbai.

Nell'area 2 è stata studiata una toposequenza (Catena 3) (fig. 5) per analizzare gli effetti del pascolo intensivo e delle coltivazioni; si è proceduto successivamente ad un confronto fra le caratteristiche pedologiche delle aree pascolate e coltivate di Oschiri e le aree sughericole incendiate di Calangianus (Catena 2). La Catena 3 rappresenta infatti una situazione pedologica tipica delle aree dove le sughere non costituiscono un consorzio vegetale a sè stante ma si ritrovano sparse nel pascolo.

I suoli, Lithic Distic Xerorthents, si presentano poco sviluppati con l'orizzonte superficiale a modesto contenuto in sostanza organica. Tale percentuale è nettamente inferiore a quella riscontrata nelle aree sughericole incendiate di Calangianus.

In questo caso l'effetto delle lavorazioni intensive influisce negativamente sullo sviluppo e la rigenerazione delle sughere a causa della perdita di fertilità.

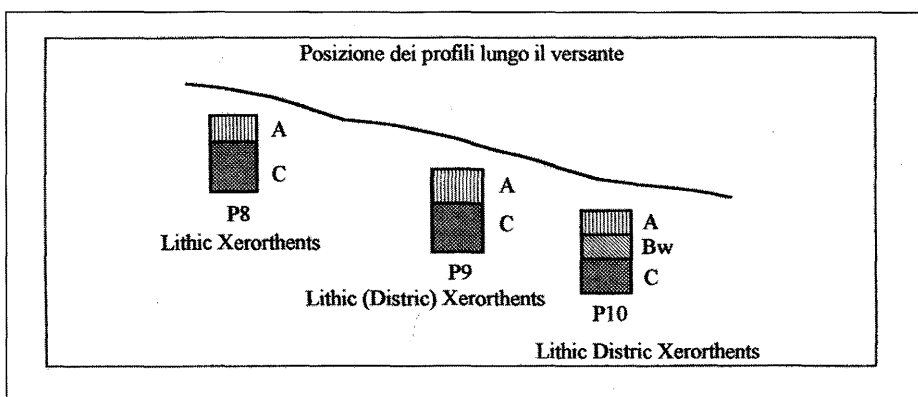


Fig. 5. Catena 3 (Oschiri) - Profili rappresentativi di aree pascolate.

### Area 3 Comune di Ortueri

L'area 3 ricade nel Comune di Ortueri (Tav. I.G.M. 1:25.000 foglio 516 III Sorgono) ed è situata nel Barigadu (Or-Sardegna centrale) ad una altezza media di 550 m.s.l.m.

Il substrato geologico è costituito prevalentemente da quarziti, scisti e metamorfiti. All'interno dell'area 3 si distinguono due zone a differente litologia: nel settore montano affiora il basamento paleozoico costituito da scisti, metamorfiti e quarziti mentre nel settore pedemontano prevalgono i detriti di falda.

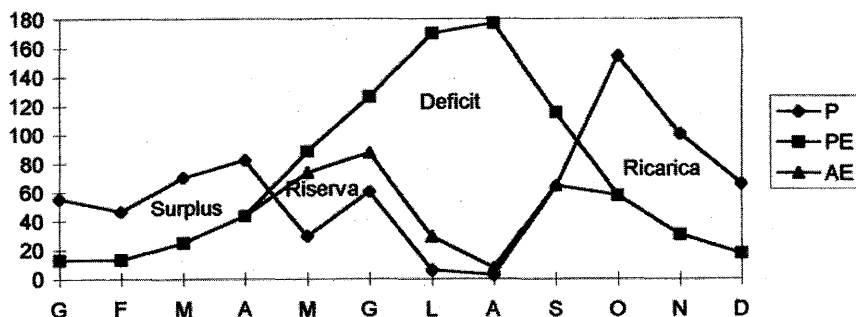


Fig. 6. Bilancio Idrologico mensile. Stazione di Croccai

In questo settore, le sugherete sono maggiormente rappresentate sui paesaggi metamorfici con forme ora dolci e arrotondate ora a forti pendenze. Anche in questa area si tende alla coltivazione delle aree sughericole per poter incrementare il carico di bestiame per ettaro. L'area 3 rappresenta una sughereta pascolata ma non utilizzata per la produzione di erbai. Pur cambiando il substrato geologico, scisti, quarziti etc., i suoli per il tipo di profilo e per le caratteristiche genetiche principali risultano simili a quelli ritrovati nelle aree sughericole di Calangianus (Typic Xerumbrepts)(Fig.7).

Il pascolo naturale e regimato di quest'area permette la conservazione del suolo con spessori >40 cm. I valori della sostanza organica sono elevati (11.25-13.75%).

Per quanto concerne il rinnovamento della sughereta ci sono dei problemi legati al pasco-

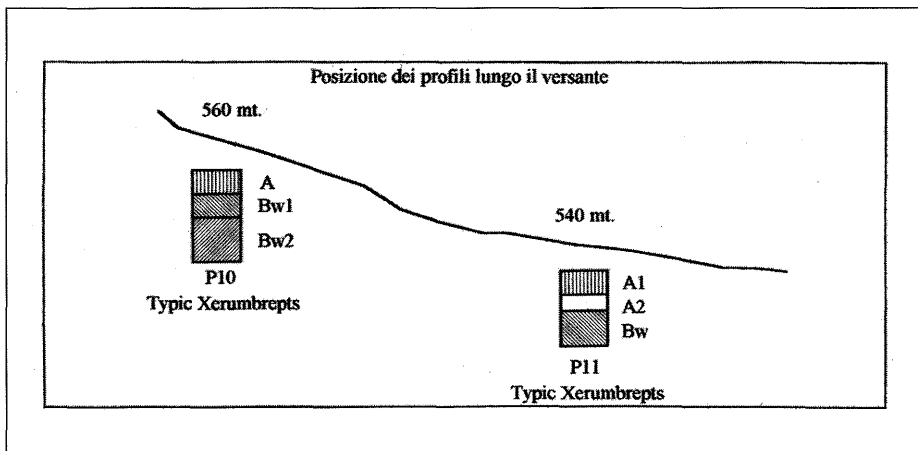


Fig. 7. Catena 4 (Ortueri) - Profili rappresentativi di aree degradate da incendi

lo (calpestio, brucamento etc.) ma dal punto di vista pedologico l'area non presenta grosse limitazioni. I suoli, pur essendo parzialmente desaturati, presentano una percentuale di calcio di scambio più elevato rispetto ai profili realizzati sui graniti. In definitiva la situazione pedologica non risulta molto compromessa dal pascolo naturale. Insistendo il carico del pascolo si potrebbero innescare fenomeni di erosione più o meno intensa.

**Area 4 Iglesiente (Comune di Fluminimaggiore)**

L'area è compresa nel Comune di Fluminimaggiore (Tavol. I.G.M. 1:25.000 foglio 555 IV Buggerru) Sardegna sud occidentale, ad una altezza media di 280 m.s.l.m. E' caratterizzata da formazioni metamorfiche sulle quali si diffonde quasi ovunque la sughereta. La copertura vegetale tende a scomparire per effetto dell'ampliamento delle superfici sottoposte a lavorazione e per effetto degli incendi e sovrapascolamento. Tuttavia è possibile riscontrare delle aree dove la gestione oculata ha consentito la conservazione del bosco. Questa situazione è rappresentata dal profilo P9, punto zero, purtroppo scarsamente diffuso in tutta l'area.

Nell'area 4 è stato realizzato un profilo di riferimento rappresentativo di situazione ottimale e due toposequenze: la prima (Catena 5) (fig. 9) relativa ad un'area preservata dal pascolo e la seconda (Catena 6) (fig. 10) relativa ad una sughereta pascolata e coltivata; ambedue su substrati metamorfici del Paleozoico,

Il profilo P 10 presenta una modesta erosione nonostante la densa copertura vegetale del sottobosco, mentre lungo il versante l'aumento dello spessore del profilo 11 evidenzia un accumulo di materiali provenienti dalla parte sommitale. Questa situazione rappresenterebbe l'optimum delle aree sughericole su substrati metamorfici.

La Catena 6 (Fig. 10) dimostra come le arature, il pascolo e le coltivazioni delle aree sughericole portano velocemente ad una situazione di degrado evidenziato da profili poco profondi (<25 cm.) costituiti da un solo orizzonte superficiali ma assai poveri in sostanza organica.

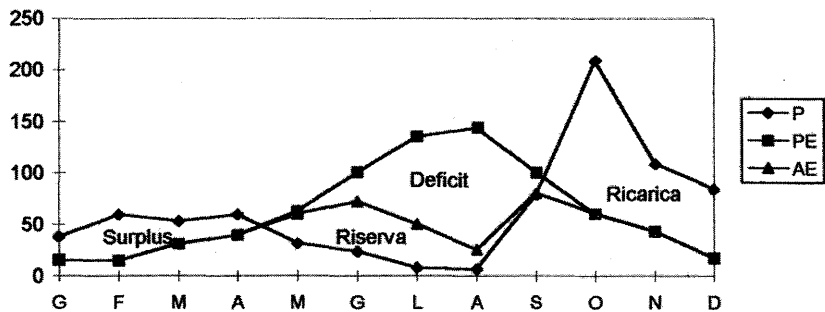


Fig. 8. Bilancio Idrologico mensile. Stazione di Antas.

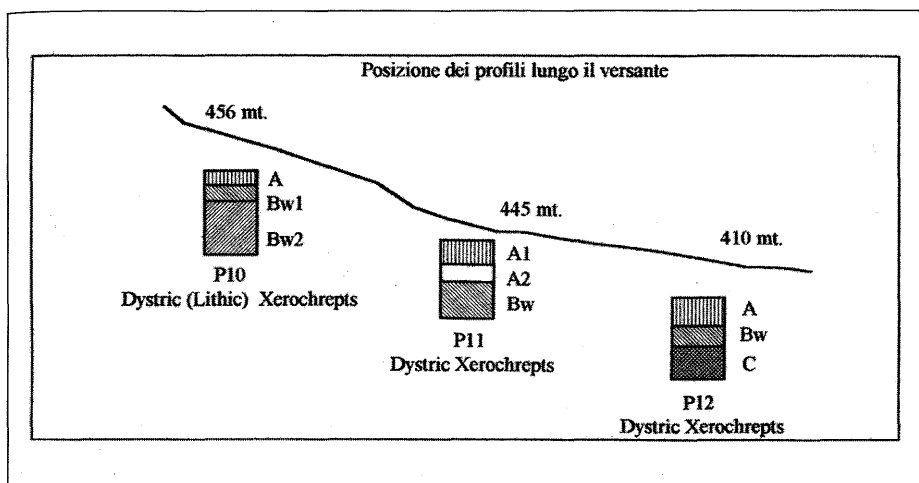


Fig. 9. Catena 5 (Antas)

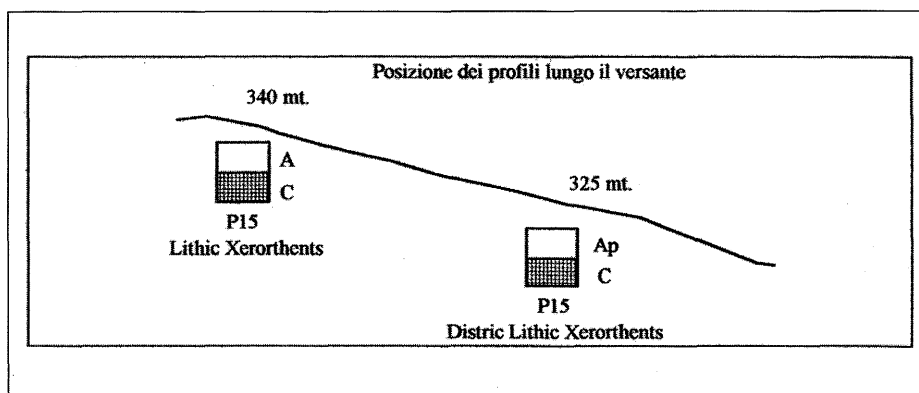


Fig. 10. Catena 6 (Antas) - Profili rappresentativi di sughereta pascolata e coltivata

### Risultati e discussione

Dagli studi finora effettuati e dalla letteratura esistente, appare evidente l'influenza del fattore antropico sulla degradazione dell'ecosistema nell'ambito delle sugherete. La cause finora riconosciute possono essere così illustrate.

#### Incendio

Se da un lato il fuoco può rappresentare un momento di partenza per la sughereta e se, innegabilmente, incendi ripetuti nel tempo possono costituire motivo per la sua diffusione e mantenimento, a lungo andare gli incendi ripetuti a scadenze brevi danno luogo a morie generalizzate, ad attacchi fungini, a eccessivi riscoppi agamici, che possono debilitare ed esaurire le ceppaie. L'incendio si pone quindi come un momento fondamentale nella sughereta anche se i suoi effetti devono essere approfonditi ed in alcuni casi chiariti. Resta evidente, per quanto riguarda le utilizzazioni economiche, la

perdita totale o comunque il deprezzamento del sughero gentile.

Dal punto di vista pedologico l'incendio contribuisce, eliminando gran parte della protezione della copertura vegetale, al depauperamento della sostanza organica indirettamente e direttamente. Infatti gli orizzonti organici vengono totalmente mineralizzati per cui vengono alterate le più importanti caratteristiche fisiche: la capacità ritenzione idrica, la porosità e la velocità di infiltrazione. In questo contesto assume maggiore importanza lo scorrimento superficiale e il trasporto solido.

#### *Arature*

L'aratura delle aree destinate a sughera sono un fenomeno che si è accentuato nell'ultimo decennio, interessando vastissime superfici, che non erano state prima soggette a operazioni del genere con mezzi meccanici di grande potenza, anche in situazioni con classi di rocciosità e pietrosità elevate. Le arature profonde, soprattutto quando agiscono sui suoli di minore spessore e meno fertili, determinano la rottura delle radici, limitando così la vitalità delle piante, consentendo allo stesso tempo l'ingresso dei parassiti fungini presenti nel terreno.

L'altra conseguente causa di degrado è l'eliminazione delle specie arbustive che danno un apporto notevole di sostanza organica al suolo e che svolgono, allo stesso tempo, una funzione di ombreggiamento, costituendo quindi un fattore di stabilità della formazione forestale. In linea generale si produce una trasformazione del bosco in pascolo arborato, con una tendenza a limitare sempre di più la presenza dell'albero. La perdita di sostanza organica (superiore anche al 90%) e l'eliminazione degli orizzonti organici, influiscono sul deflusso dell'acqua e sui tempi di corrivazione.

#### *Pascolamento*

La presenza degli animali al pascolo brado, senza un'adeguata valutazione del carico sostenibile, pregiudica la possibilità di rinnovazione da seme e determina una crescita irregolare dei polloni ed un indebolimento generale della ceppaia. La presenza di animali domestici nel bosco, d'altro canto, può essere un fattore che induce ad una maggiore attenzione e prevenzione degli incendi estivi.

Il pascolamento, soprattutto quello eccessivo, determina una compattazione degli orizzonti superficiali con conseguente riduzione della capacità di infiltrazione dell'acqua, scorrimento ed erosione più o meno intensa.

Andrebbe studiato il grado di trafficabilità in relazione al carico di bestiame e alle caratteristiche fisico-strutturali del suolo anche in relazione all'andamento climatico variabile stagionalmente al fine di stabilire un "calendario" di pascolamento che permetta una corretta gestione del pascolo.

#### *Defogliatori*

Gli insetti defogliatori, che con frequenza vanno a interessare le formazioni a sughera, producono i danni più gravi nelle aree sughericole soggette a frequenti arature ed in cui viene a mancare lo strato arbustivo, tipico delle condizioni di naturalità, che consente lo sviluppo di comunità entomatiche in grado di contenere lo sviluppo abnorme di singole specie.

Incendi, arature, patogeni fungini e insetti defogliatori sono le cause principali del declino delle sugherete e possono essere definiti come indicatori di degrado.

Ad indicare lo status, come conseguenza di quanto espresso, sono:

- la composizione floristica tipica delle aree coltivate;
- la semplificazione della struttura forestale;
- la frequenza e la virulenza degli attacchi dei defogliatori;
- la abbondanza degli attacchi dei patogeni;



- la presenza di piante di esclusivo riscoppio agamico.

Questi fattori sono stati considerati nelle varie aree di studio. In particolare, il fenomeno dell'incendio è stato analizzato nelle aree della Gallura in territorio di Calangianus. Le conseguenze dirette dell'incendio, che ha percorso ampie aree sugherete, sono state differenziate in relazione allo stato originario delle sugherete, con danni non apprezzabili o comunque poco significativi nei pascoli arborati in cui la distanza tra le piante non ha consentito l'incendio di chioma. L'abbattimento di piante di grandi dimensioni si è verificato tra quelle in cui la presenza di ferite e marciumi localizzati alla base del tronco ha consentito al fuoco di penetrare all'interno e lesionare irrimediabilmente la struttura e la stabilità dell'impalcatura.

Nelle situazioni di bosco in cui la presenza degli elementi della macchia, quali corbezzolo, fillirea, mirto, citiso, costituivano la struttura intermedia del bosco, i danni sono stati ben più marcati, con la bruciatura totale della chioma; la moria di numerose piante o comunque la perdita del sughero utile e l'indebolimento complessivo della pianta, a causa di sramature e di aperture di ferite su cui vanno ad inserirsi parassiti e saprofiti fungini.

In quasi tutti i casi si osserva l'emissione di numerosi polloni dalla ceppaia, che in breve raggiungono dimensioni considerevoli, sino a 80-100 cm per anno. In tutti i casi, in rapporto alle altre specie, che sono state distrutte totalmente nella parte aerea, la quercia da sughero ha mantenuto, seppure ridimensionato, un alto numero di esemplari arborei, che si strutturano su un piano superiore agli elementi della macchia mediterranea che ricacciano altrettanti numerosi polloni. Il passaggio del fuoco ha dato modo, con l'eliminazione del sottobosco, a numerose plantule di sughera aduggiate e contenute nel loro sviluppo dall'ombra delle altre specie di sclerofille e dal morso degli animali al pascolo brado, di sviluppare uno o due polloni che favoriti dalla nuova condizione di maggiore luminosità, hanno sviluppato in due anni vigorosi polloni che raggiungono anche 150 cm di altezza.

Il passaggio del fuoco pur con il suo effetto devastante sulle piante e sulla produzione di sughero, non sembra pertanto pregiudicare nel tempo il mantenimento della sughereta.

Analoghi aspetti si osservano nelle aree percorse da incendio nell'Iglesiente, nell'area di Sant'Angelo, in cui, tuttavia, a causa dello stato delle sugherete, strutturate su due piani, in cui il sottobosco è rappresentato da cisto (*Cistus monspeliensis* L.) i danni appaiono meno significativi proprio a causa della minore massa legnosa che determina una minore temperatura durante l'incendio, con danni più contenuti sia ai tronchi che alle chiome. Anche in quest'area il riscoppio della macchia, e la ripresa da seme del cisto, è immediato anche se più contenuto. La minore altitudine rispetto alle sugherete della Gallura, fa inquadrare queste sugherete in una facies più termofila che tuttavia non influisce negli effetti complessivi del fenomeno.

Nelle aree limitrofe non percorse da incendio, particolarmente nell'area di Sant'Angelo, la struttura del bosco di sughera è determinata dalle attività selvicolturali finalizzate alla più facile estrazione ed utilizzazione del bosco ai fini estrattivi. La composizione naturale del sottobosco appare pertanto fortemente influenzata da questo fattore. Resta evidente tuttavia l'aspetto più termofilo complessivo, grazie alla presenza di specie erbacee indicatrici o di specie arbustive quali il lentisco ed il viburno. Situazioni analoghe si riscontrano nel Barigadu in territorio di Ortueri e a Urzulei in Ogliastra.

Le sugherete dell'altopiano di Bitti, intorno ai 700-800 m s.l.m., presentano un aspetto complessivamente più mesofilo, con la scomparsa delle specie quali il lentisco e il mirto, mentre permangono abbondanti il corbezzolo ed il citiso, decisamente più mesofili. Anche in questo caso la frequenza degli incendi, i cui segni sono apprezzabili in vario modo, non sembra pregiudicare il mantenimento del bosco nel tempo.

In tutti i casi, nelle situazioni di maggiore naturalità la presenza del leccio tende ad essere costante e, potenzialmente, a diffondersi e svilupparsi a scapito della stessa sughera.

In territorio di Bitti e di Abbasanta, sono state analizzate sugherete che si configurano, più che come boschi, come veri e propri prati arborati, soggetti ad un pascolo brado di varia

intensità che impedisce comunque la rinnovazione naturale o provoca l'invecchiamento precoce delle giovani piante da seme. Le sugherete si presentano come boschi monoplani, con unica classe di età, che mostra evidenti segni di senescenza.

Nelle stesse aree sono state analizzate le sugherete sottoposte ad arature per la coltivazione di erbai destinati al pascolo brado o alla fienagione. In tutti i casi viene a mancare del tutto il sottobosco, con conseguente radicale modifica della normale struttura boschiva, scomparsa della flora spontanea, sostituita da quella segetale e infestante e soprattutto con la scomparsa della rinnovazione da seme. Le arature frequenti, in aree con pendenza elevata su suoli poco profondi, incidono anche sulla degradazione del suolo mettendo in evidenza che i diversi fattori del degrado sono maggiormente dannosi allorché intervengono sinergicamente.

### Bibliografia

- Arrigoni P.V., 1980. Aspetti corologici della flora sarda. Lav.Soc.Ita.Biogeog., n.s., VIII.
- Aru A, Baldaccini P., 1985. Ricerca sui parametri che determinano la capacità d'uso dei suoli. Correlazioni tra tipologia pedologica e marginalità. Area di Macomer (Nota preliminare). Atti del Convegno "Risorse agro-forestali e Sviluppo nella VIII Comunità Montana Marghine-Planargia. C.N.R., Macomer.
- Aru A, Baldaccini P., Loj G., 1989. I suoli: caratteristiche che determinano la marginalità e la loro valutazione per il pascolo. Sistemi agricoli marginali. Lo scenario Marghine-Planargia.C.N.R.
- Aru A, et al., 1991. Carta dei suoli della Sardegna. R.A.S. Assessorato della Programmazione, Bilancio ed Assetto del Territorio, Centro Regionale di Programmazione, Dipartimento Scienze della Terra, Università di Cagliari.
- Camarda I. et al. L'ambiente naturale in Sardegna. Delfino ed., Sassari.
- Camarda I. 1977. Ricerche sulla vegetazione di alcuni pascoli montani del Marghine e del Supramonte di Orgosolo (Sardegna centrale). Estr. dal Bollettino della Soc. Sarda Sc. Naturali, Anno X-XVI. Sassari.
- Camarda I., 1987. Pascoli e ambiente in Sardegna. Atti del conv. "Valorizzazione delle risorse produttive dei pascoli e salvaguardia dell'ambiente in Sardegna", ERSAT.
- Canu M. 1990. Recupero dei popolamenti quercini percorsi da incendi estivi. Tesi di Laurea, Ist. di Arboricoltura, Univ. Studi di Sassari.
- Chiappini M., 1972. Distribuzione e densità dei boschi a *Quercus suber* L. in territorio di Bitti (Sardegna). Estr. Morisia, 3, Sassari.
- Valsecchi, F. 1967. Chiave analitica per la determinazione delle forme di *Quercus suber* L. finora individuate in Sardegna. Memoria 21. Stazione sperimentale del sughero, Tempio.

# LA CONOSCENZA DELLE CARATTERISTICHE MICROSTRUTTURALI COME CONTRIBUTO ALLA VALUTAZIONE DELL'USO DEL SUOLO

**P. Melis, Dip. di Sc. Amb. Agr. e Biotecn. AgroAlim., Università di Sassari**

**G. Pilo, Ist. Fisiol. Mat. e Cons. Frutto Sp. Arb. Mediterr., CNR Sassari.**

**P. Baldaccini, Dip. Ingegneria del Territorio, Università di Sassari**

## Riassunto

In questo lavoro vengono riportati i risultati di un'indagine sulla microstruttura, condotta utilizzando le tecniche di  $N_2$ -adsorbimento e Hg-porosimetria, di campioni a pF diverso, provenienti da due profili differenti per caratteristiche fisiche e chimiche.

Le isoterme di adsorbimento di azoto a 77° K presentano un analogo andamento per i campioni provenienti dal medesimo profilo, mentre si riscontrano notevoli differenze fra i due profili.

Lo stesso comportamento si registra nelle curve di penetrazione di mercurio.

Le caratteristiche fisico-chimiche dei campioni provenienti dai due profili giustificano le diversità microstrutturali osservate.

## Introduzione

La conoscenza delle caratteristiche microstrutturali del terreno risulta di notevole importanza per comprendere la dinamica dell'acqua nel sistema terreno-pianta-atmosfera. Fondamentalmente esse sono determinate dall'organizzazione del sistema porale e dalle proprietà chimico-fisiche delle superfici che delimitano i pori stessi. Infatti il potenziale matriciale dell'acqua nel terreno è funzione delle dimensioni dei pori e della tensione interfacciale superficiale liquido-solido che stabilisce l'angolo di contatto. L'importanza delle variazioni della tensione interfacciale è tutt'oggi trascurata, malgrado diversi autori ne abbiano segnalato l'importanza in presenza di determinati materiali. (Henin et al., 1973; Hamblin, 1985).

Considerando che la tessitura risulta essere la variabile più stabile nel tempo ci si è limitati ad utilizzare delle relazioni semplificate fra tessitura e condizione idrologica del suolo, trascurando però una proprietà del terreno, la struttura, mutevole nel tempo in relazione all'intervento antropico e pertanto non trascurabile ai fini dello studio idrologico del suolo. Cambiamenti della struttura e, conseguentemente, della distribuzione dei pori possono verificarsi anche per variazioni delle condizioni di attività della flora microbica, in seguito a fertilizzazioni, correzione e ammendamento del suolo, utilizzazione di pesticidi, lavorazioni, passaggio di macchine agricole, distribuzione di reflui oleari sul suolo (Sequi e Nannipieri, 1980; Pagliai, 1986; Pagliai et al., 1988; Paschino et al., 1994).

Nonostante l'importanza attribuita alle variazioni della struttura sulle proprietà idrologiche del terreno, non c'è stato in passato un corrispondente impegno da parte dei ricercatori per quantificare le relazioni esistenti tra queste proprietà considerato che il potenziale matriciale è in relazione alla forma e al raggio dei pori. Pertanto, la misura della porosità totale e del raggio medio dei pori non danno sufficienti informazioni sulle proprietà idro-

logiche del suolo; è necessario, quindi, distinguere e valutare le classi di pori che realmente condizionano la disponibilità di acqua per le piante. Le varie classificazioni proposte sono basate su delimitazioni di classi, entro un campo di variazioni continuo, che corrispondono a definite manifestazioni idrologiche e biologiche del terreno.

Ai fini della ritenzione dell'acqua risulta interessante conoscere anche la forma dei pori: piatti, cilindrici, a bottiglia per l'influenza che essi possono esercitare sull'energia con la quale l'acqua viene trattenuta e, relativamente ai pori a bottiglia, per i fenomeni di isteresi cui possono soggiacere.

La maggior parte dei dati riportati in letteratura sulla distribuzione della porosità sono stati ricavati in seguito a determinazioni della curve di rilascio con le piastre di Richards. Con tale sistema il campione di suolo sottoposto ad analisi non conserva la sua originale struttura. Il campione disturbato presenta a parità di potenziale una diversa umidità (Unger, 1975).

In questa nota si riportano i risultati di un'indagine comparativa fra i campioni di suolo provenienti da due profili con diverse proprietà fisico-chimiche. In particolare, l'obiettivo di questo studio era quello di valutare le caratteristiche microstrutturali del suolo che condizionano la dinamica della fase liquida e gassosa del suolo attraverso l'uso delle tecniche Hg-porosimetria e gas-adsorbente.

### Materiali e metodi

Per questa indagine sono stati esaminati 2 profili che presentano notevoli differenze sia dal punto di vista fisico-chimico (Tab. 1) che mineralogico (Tab. 2).

Il profilo Fiorentini, classificabile come franco-sabbioso, è caratterizzato da un'alta percentuale di sostanza organica e da argille di tipo illitico e caolinitico.

Il profilo Senorbì, argilloso, è caratterizzato da una minore percentuale di sostanza organica e da argille prevalentemente di tipo montmorillonitico.

Prima delle determinazioni porosimetriche gli aggregati di circa 5 cm<sup>3</sup> provenienti da diversi orizzonti dei due profili sono stati condizionati alla capacità di campo ed al punto di appassimento mediante piastra di Richards. L'acqua è stata allontanata per liofilizzazione.

	Fiorentini			Senorbì		
	0	A	Bw/C	Ap	A11	A12k
Sabbia (%)	50,4	60,7	63,0	10,5	9,2	8,7
Limo (%)	29,9	19,5	20,7	21,5	20,3	20,3
Argilla (%)	19,7	19,8	16,3	68,0	70,5	71,0
pH	6,10	5,40	5,50	7,70	8,00	8,20
CE (mS)	0,20	0,20	0,30	0,32	1,10	1,20
CaCO <sub>3</sub> (%)	-	-	-	8,00	8,00	12,00
SO (%)	30,10	12,50	5,30	2,30	2,10	2,20
CSC (meq/100g)	-	15,40	16,80	33,40	33,10	30,30
K (meq/100g)	-	1,02	0,64	0,93	0,70	0,93
Na (meq/100g)	-	0,92	1,14	1,36	2,40	4,10
Ca (meq/100g)	-	7,33	3,43	-	-	-
Mg (meq/100g)	-	2,31	1,29	11,60	12,90	14,90
GSB (%)	-	75	39	100	100	100

Tab. 1. Caratteristiche fisico-chimiche dei profili esaminati

Campione	Fiorentini		Senorbì	
Classificazione	Dystric Xerumbrepts		Typic Pelloxerert	
Uso del suolo	Bosco		Seminativo	
Pendenza	20 %		2-3 %	
Quota	820 m		155 m	
Roccia	Metamorfica		Sedimentaria	
Minerali	K > I > V (*)		M > I > K (*)	
Aggregazione	0	Massiva	Ap	Poliedrica angolare
	A	Grumosa-Poliedrica subangolare	A11	Prismatica
	Bw/C	Poliedrica subangolare	A12k	Prismatica
Drenaggio	0	Normale	Ap	Lento
	A	Normale	A11	Molto lento
	Bw/C	Normale	A12k	Molto lento
(*) K = Caolinite; I = Illite; V = Vermiculite; M = Montmorillonite				

Tab. 2. Caratteristiche mineralogiche

Prima dell'analisi gas-adsorbente i campioni sono stati degassati per 7 ore a 50° C fino ad una pressione di 10<sup>-2</sup> atm

La superficie specifica e la distribuzione dei pori sino a circa 200 Å di raggio porale sono state determinate per adsorbimento e deadsorbimento di azoto a 77° K mediante un Sorptomatic 1800 della Carlo Erba.

Per pori da 3,7 nm a 600 µm la porosimetria è stata effettuata per penetrazione di mercurio mediante Unità Macropori e Porosimeter 2000 della Carlo Erba.

Il Sorptomatic ed il Porosimeter sono collegati ad un computer che, utilizzando un apposito software, permette l'immagazzinamento e l'elaborazione dei dati.

## Risultati e discussione

### a) Porosimetria a mercurio

#### Fiorentini

Le curve di distribuzione dei pori per i diversi orizzonti presentano lo stesso andamento sia nelle condizioni di capacità di campo (C.C.) (Fig. 1) che di punto di appassimento (P.A.) (Fig.2).

Il volume porale a parità di pF diminuisce col procedere degli orizzonti, dall'alto verso il basso (Tab. 3).

Le curve di volume cumulativo relative alla condizione di C.C. risultano sempre più alte rispetto a quelle al P.A.: le differenze variano dal 5 al 26% relativamente al volume di Hg introdotto e dal 3 al 5% per quanto riguarda la percentuale di porosità. Considerata la ridotta percentuale di variazione della porosità distribuita lungo tutto lo spettro porale, si può affermare che il suolo Fiorentini non modifica il suo edificio porale in seguito alla disidratazione.

Dagli istogrammi di distribuzione dei pori si notano due picchi: uno tra 10 e 100 µm attribuibile all'attività biologica e l'altro tra 0,5 e 10 µm attribuibile all'impacchettamento della sabbia e del limo con la frazione argillosa e con la sostanza organica.

Questa classe porale è soprattutto attribuibile all'alta percentuale di sostanza organica; infatti, è stato rilevato da diversi autori (Deshpande et al., 1968; Pilo e Melis, 1992) come l'eliminazione della sostanza organica determini una riduzione della macroaggregazione. Tale comportamento è particolarmente evidente nei suoli con elevato contenuto di sostanza organica.

Classificando i pori secondo Greenland (1977), che ripartisce i pori del terreno in base alla loro importanza agronomica, si osservano piccole variazioni di volume totale, passando dalla C.C. al P.A., a carico dei pori di trasmissione, importanti perché garantiscono i movimenti dell'acqua, gli scambi gassosi e consentono la penetrazione dei peli radicali, che si riducono e di quelli della riserva idrica, detti "di riserva" in quanto costituiscono appunto la riserva di acqua e di aria necessarie per la crescita delle piante e dei microrganismi, che aumentano (Fig. 3 (a) e (b)).

Il volume dei pori della riserva idrica risulta, alla capacità di campo, intorno al 70 % del volume porale totale e pari ad un volume di immagazzinamento di acqua variabile negli orizzonti da 255 a 406 mm<sup>3</sup>/g di suolo.

### Senorbi

Gli istogrammi di distribuzione dei pori hanno un andamento simile per i diversi orizzonti e in tutti i casi diverso dai campioni del profilo Fiorentini (Fig. 4) (Fig. 5). Infatti, per i campioni Senorbi la porosità è concentrata nei pori di diametro 10-100 μm e 0,006-0,2 μm circa. Quest'ultimo range è attribuibile alle particelle argillose.

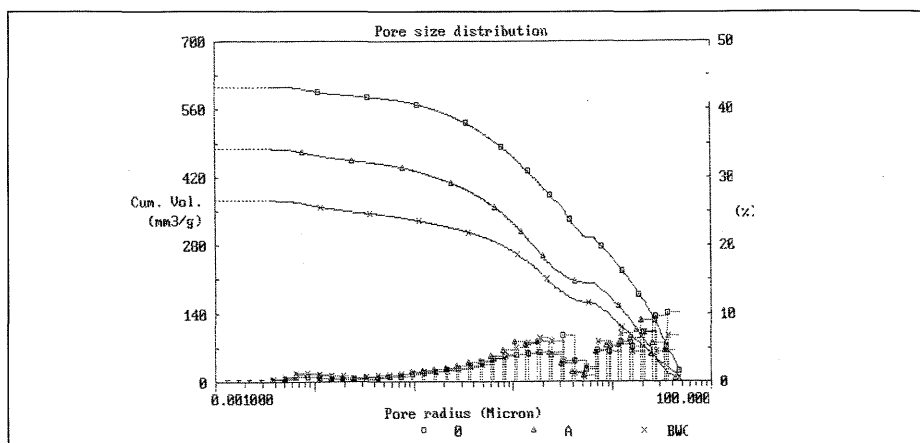


Fig. 1. Curve cumulative e distribuzione dei pori nel profilo Fiorentini alla C.C..

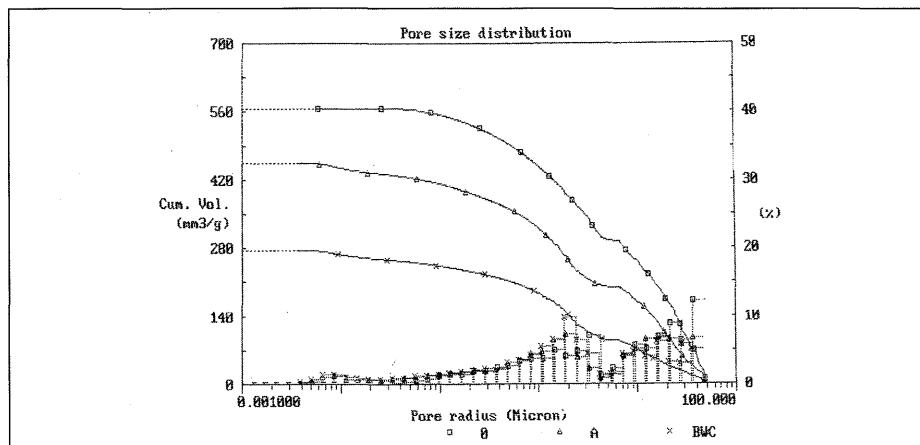


Fig. 2. Curve cumulative e distribuzione dei pori nel profilo Fiorentini al P.A..

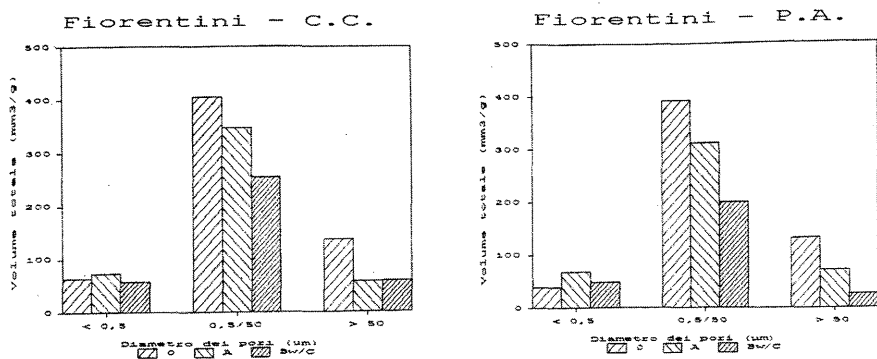


Fig. 3. Distribuzione dei pori nel profilo Fiorentini alla C.C. (a) e al P.A. (b) secondo la classificazione di Greenland (1977).

La maggior percentuale di pori è concentrata tra 0,01 e 0,08  $\mu\text{m}$  di raggio: tali valori sono tipici delle argille di tipo montmorillonitico (Aylmore e Quirk, 1967).

Come si nota dalle figure l'ultimo range di diametro dei pori è comune a quello rilevato nei campioni Fiorentini. Il passaggio dalla capacità di campo al punto di appassimento determina sempre una riduzione del volume totale variabile nei diversi campioni dal 68 al 73 % del volume misurato alla capacità di campo, così pure si rileva una riduzione della porosità percentuale compresa fra il 16 e 21 % (Tab. 3).

In particolare si rileva un aumento dei pori di dimensioni più piccole ed una corrispondente riduzione di quelli a diametro più elevato.

Se riportiamo il volume totale dei pori in funzione del diametro, si evidenzia nel passare dalla condizione di capacità di campo a quella di punto di appassimento una riduzione sia dei pori minori di 0,5  $\mu\text{m}$ , responsabili della ritenzione e diffusione dei nutrienti, che di quelli della riserva idrica (0,5-50) e di trasmissione (Fig. 6 (a) e (b)).

Il volume dei pori della riserva idrica risulta, alla capacità di campo, di 40-80  $\text{mm}^3/\text{g}$ , pari al 20-30% del volume totale.

Il modesto volume di pori determinato, così come la notevole riduzione della porosità dei campioni in seguito all'allontanamento dell'acqua a pF 4,2 inducono a ritenere una scarsa rigidità degli aggregati, infatti, in seguito all'assorbimento e rilascio di acqua modificano la porosità sia come valore totale che come distribuzione di pori a diverso

Profilo	Orizzonte	Volume totale ( $\text{mm}^3/\text{g}$ )			Porosità (%)		
		PA	(%)	CC	PA	(%)	
Fiorentini	CC						
	O	606	566	7	54	51	3
	A	478	454	5	53	49	4
	Bw/C	371	276	26	45	40	5
Senorbì	Ap	158	51	68	26	10	16
	A11	260	71	73	36	15	21
	A12k	207	65	69	32	13	19

Tab. 3. Volume porale totale ( $\text{mm}^3/\text{g}$ ) e Porosità (%) dei profili esaminati, determinati mediante Hg- porosimetria

diametro. Tale comportamento può essere conseguenza della metodologia utilizzata per l'allontanamento dell'acqua (liofilizzazione) dai campioni condizionati a diversi pF. Analogo comportamento è stato rilevato da altri autori (Lawrence et al., 1979) per suoli simili per l'elevato contenuto di materiali espandibili.

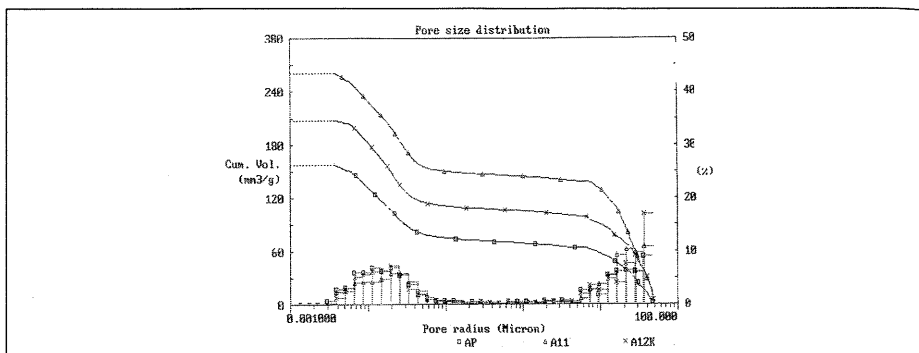


Fig. 4. Curve cumulative e distribuzione dei pori nel profilo Senorbì alla C.C..

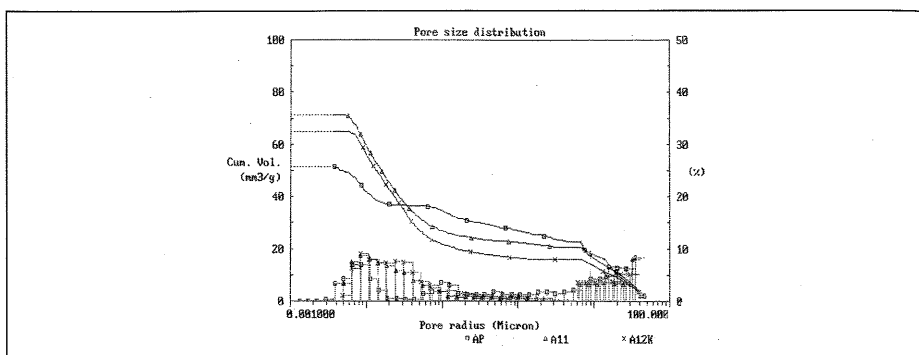


Fig. 5. Curve cumulative e distribuzione dei pori nel profilo Senorbì al P.A..

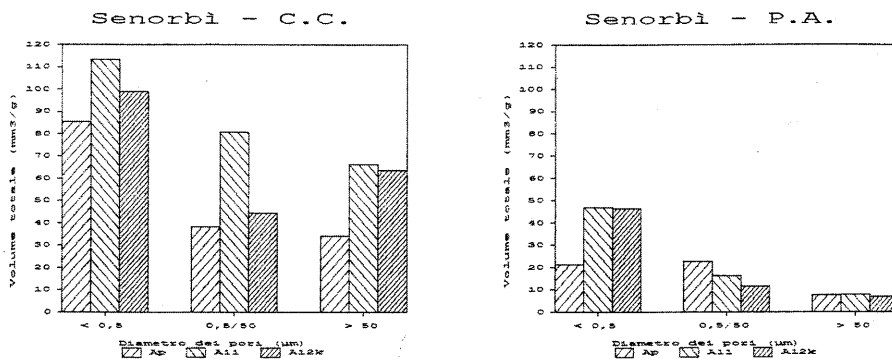


Fig. 6. Distribuzione dei pori nel profilo Senorbì alla C.C. (a) e al P.A. (b) secondo la classificazione di Greenland (1977).



zata  
versi  
per

b) Adsorbimento di azoto  
*Fiorentini*

Le isoterme ottenute per i diversi orizzonti (Fig. 7) (Fig. 8) presentano un andamento simile: sono del tipo III della classificazione Brunauer (Gregg e Sing, 1982).

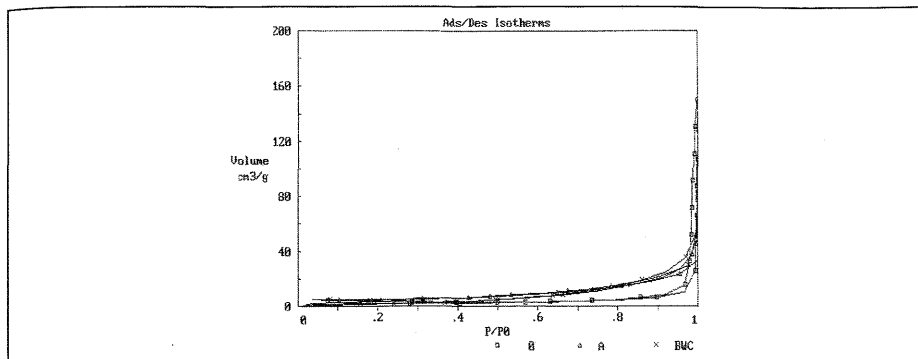


Fig. 7. Isoterme di adsorbimento di azoto del profilo Fiorentini alla C.C..

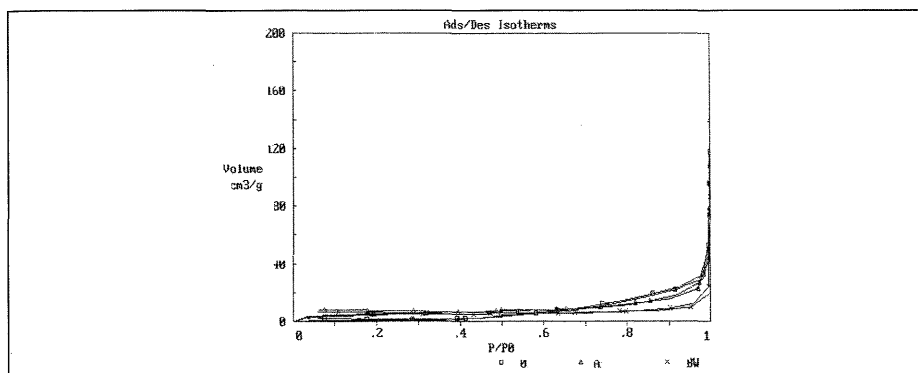


Fig. 8. Isoterme di adsorbimento di azoto del profilo Fiorentini al P. A..

In questo caso l'andamento delle isoterme così come l'assenza di volume di isteresi denota un comportamento tipico di materiali che nella classificazione vengono riferiti come non porosi o macroporosi, tale classificazione non è in relazione alle caratteristiche idrologiche ma piuttosto alle caratteristiche superficiali. Il ridotto volume di isteresi così come i bassi valori di superficie specifica (Tab. 4) sono giustificati dal basso contenuto di minerali argillosi, soprattutto di tipo illitico e caolinico. Nella condizione del punto di appassimento si realizza un aumento della superficie specifica in risposta ad una variazione dell'organizzazione porale che produce un aumento dei pori di diametro inferiore. Fa eccezione l'orizzonte organico (0) dove la sostanza organica presente dà il maggior contributo all'estensione superficiale e, pertanto, in seguito ad essiccazione riduce il volume esponendo una minor superficie.

*Senorbi*

Anche in questo caso le isoterme ottenute per i diversi orizzonti presentano un andamento simile: sono del tipo IV, caratteristiche dei materiali mesoporosi (Fig. 9)

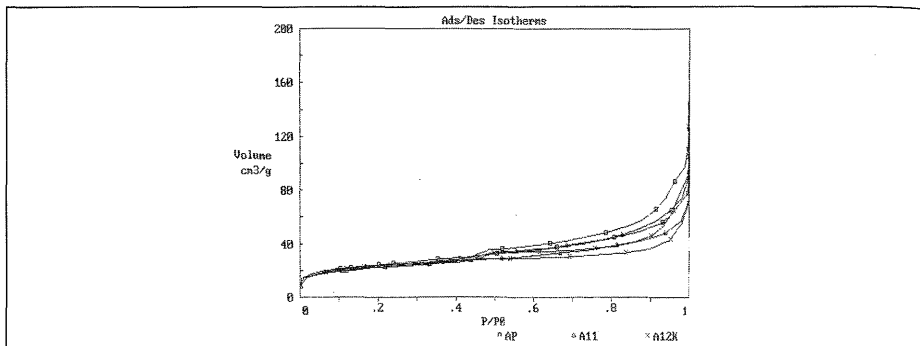


Fig. 9. Isoterme di adsorbimento di azoto del profilo Senorbì alla C.C..

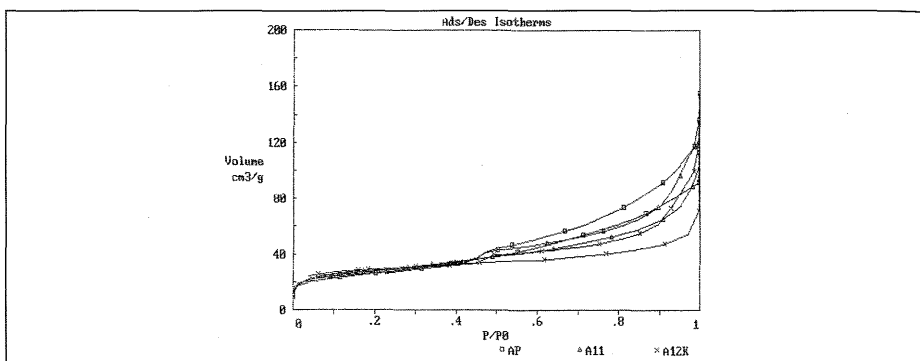


Fig. 10. Isoterme di adsorbimento di azoto del profilo Senorbì al P. A..

(Fig. 10), nettamente diverse da quelle rilevate per la serie Fiorentini.

La presenza di un volume di isteresi che inizia da una pressione relativa tra 0,4-0,5 e si distribuisce su tutta l'isoterma denota la dominante presenza di minerali espandibili tipo montmorillonite. Considerato che i diversi orizzonti hanno una composizione fisica, chimica e mineralogica simile, non si rilevano differenze significative tra i valori di superficie specifica e di volume totale dei pori nei differenti orizzonti.

I valori di superficie specifica determinati sui campioni al punto di appassimento risultano, a parità di campione, maggiori di quelli determinati sui corrispondenti campioni alla capacità di campo. La variazione è compresa nel range 14-25% (Tab. 4).

L'elevata superficie specifica del profilo Senorbì, rispetto al Fiorentini, è giustificata dalla presenza di un alto contenuto di argilla di tipo montmorillonitico, che presenta in fase pura un'elevata estensione superficiale.

Non si rileva un proporzionale incremento del volume percentuale, infatti, nel primo campione la superficie cresce dell'11% e corrispondentemente il volume aumenta del 23%; il secondo e terzo campione che presentano il maggior incremento di superficie (25%) non mostrano un incremento identico ai precedenti. Pertanto in seguito allo stress idrico i campioni esaminati modificano la loro struttura o edificio porale, talvolta aumentando la porosità totale con corrispondente aumento di superficie specifica oppure riducendo principalmente il raggio dei pori che a parità di volume porale totale determina una maggiore superficie specifica.

Profilo	Orizzonte	Superficie specifica (m <sup>2</sup> /g)		Volume totale (cm <sup>3</sup> /g)	
		CC	PA	CC	PA
Fiorentini	0	8	3	149	118
	A	16	19	84	140
	Bw/C	9	17	104	87
Senorbì	Ap	84	93	126	155
	A11	78	98	105	139
	A12k	82	103	146	140

Tab. 4. Superficie specifica (m<sup>2</sup>/g) e Volume totale di azoto adsorbito (cm<sup>3</sup>/g) dei campioni esaminati.

### Conclusioni

Le differenti caratteristiche fisiche e chimiche dei profili studiati giustificano le caratteristiche microstrutturali misurate. Il profilo Fiorentini, caratterizzato da un alto contenuto di sostanza organica, componente principale che regola la formazione di macroaggregazione, presenta il più elevato volume porale. Il profilo Senorbì, caratterizzato, invece, da elevati contenuti di minerali argillosi, principalmente di tipo montmorillonitico, mostra un'organizzazione porale differente con un massimo di porosità nel campo porale 0,006-0,2 µm circa di diametro, conseguenza della formazione di unità morfologiche specifiche delle argille espandibili.

Le curve di distribuzione dei pori ottenute per i campioni condizionati a pF differente evidenziano una buona capacità del profilo Fiorentini a non modificare l'edificio porale in seguito a stress idrico, contrariamente al profilo Senorbì che mostra un edificio porale labile. Pertanto, i risultati ottenuti dalla intrusione di mercurio si riferiscono ad un campione artefatto che ha subito una modificazione dell'edificio porale a causa della tecnica di condizionamento usata, inadeguata per campioni ad elevato contenuto di minerali espandibili.

La ripartizione della porosità secondo Greenland mostra una buona capacità a funzionare da riserva idrica per i campioni Fiorentini, consentendo nel contempo un buon livello di aerazione del suolo, al contrario del profilo Senorbì che presenta una bassa capacità di accumulo di acqua.

Attraverso l'uso delle metodologie di Hg-porosimetria e N<sub>2</sub>-adsorbimento è possibile, quindi, ottenere, in maniera relativamente semplice ed in tempi rapidi, la misura delle grandezze che definiscono la microstruttura del suolo e, in tal modo, caratterizzare il complesso sistema dei pori che controlla il movimento della fase acquosa e gassosa, e che, attraverso le proprietà chimico-fisiche delle superfici che delimitano i pori, regola la disponibilità dei nutrienti per le piante.

E' necessario, tuttavia, ampliare le indagini su suoli differenti così da valutare in maniera ampia l'affidabilità delle tecniche porosimetriche e gas adsorbenti. Inoltre, è indispensabile mettere a punto metodologie di condizionamento dei campioni prima dell'analisi e norme di riferimento, così da consentire un confronto dei risultati ottenuti dai ricercatori che utilizzano queste tecniche.

## Bibliografia

- Aylmore L.A.G., J.P. Quirk. 1967. The micropore size distributions of clay mineral systems. *J. Soil Sci.* 18 (1): 1-17.
- Deshpande T.L., D.J. Greenland, J.P. Quirk. 1968. Changes in soil properties associated with the removal of iron and aluminium oxides. *J. Soil Sci.*, 19 (1): 108-122.
- Greenland D.J.. 1977. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent? *Phyl. Trans. R. Soc. Lond.*, 281, 193-208.
- Gregg S.J., K.S.W. Sing. 1982. Adsorption, Surface Area and Porosity. Academic Press 303 pp.
- Hamblin A.P.. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. *Adv. Agron.* 38: 95-158.
- Henin S., R. Gras, G. Monnier. 1973. Il profilo culturale. Ed. Edagricole, Bo.
- Lawrence G.P., D. Payne, D.J. Greenland. 1979. Pore size distribution in critical point and freeze dried aggregates from clay subsoils. *J. Soil Sci.*, 30: 499-516.
- Pagliai M.. 1986. Effetti della lavorazione e non lavorazione sulla porosità di un terreno franco-argilloso investito a vigneto. *Riv. Di Agron.*, 20, 2-3: 178-183.
- Pagliai M., B. Pezzarossa, M. La Marca, G. Lucamante. 1988. Variazioni della porosità del terreno in seguito al compattamento provocato dal passaggio di trattori. *Riv. di Ing. Agr.*, 2: 120-126.
- Paschino F., P. Melis, G. Pilo. 1994. Tecnica di smaltimento dei reflui oleari in Sardegna: proposte e considerazioni. *Riv. di Ing. Agr.*, 3, 171-177.
- Pilo G., P. Melis. 1992. Studio della frazione argillosa di alcuni Rhodoxeralfs mediante porosimetria a mercurio e adsorbimento di azoto. *Atti X Convegno SICA*, 217-224.
- Sequi P., P. Nannipieri. 1980. L'azione di prodotti chimici impiegati nell'agricoltura sulla struttura del suolo. *La Chimica e l'Industria*, 62, 2: 132-138.
- Unger, P.W.. 1975. Water retention by core and sieved soil sample. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 39: 1197-1200.

## L'INCIDENZA DEL COMPATTAMENTO NEI PROCESSI DI DEGRADAZIONE DEL SUOLO

**M. Pagliai, C. Piovaneli, G. D'Egidio, Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, MiRAAF, Firenze.**

### **Riassunto**

L'effetto del compattamento si traduce in una forte diminuzione di porosità nello strato superficiale del terreno (circa 3 volte) e in un aumento di resistenza alla penetrazione. La riduzione di porosità interessa soprattutto i pori allungati, dei quali viene ridotta anche la continuità in senso verticale. L'uso dell'analisi di immagine consente di caratterizzare questo tipo di pori secondo la loro orientazione, irregolarità e continuità e quindi di quantificare la loro funzione in relazione ai movimenti dell'acqua. In questi suoli, la relazione di tali pori allungati con la conducibilità idrica in terreno saturo è di tipo lineare, quindi la loro riduzione nello strato superficiale del suolo compattato, e soprattutto la riduzione della loro continuità in senso verticale, provoca una forte diminuzione dell'infiltrazione dell'acqua con conseguente aumento del ruscellamento superficiale e quindi dei rischi erosivi. La diminuzione della macroporosità è accompagnata anche da una riduzione della microporosità (porosità all'interno degli aggregati) la quale si traduce in una minore capacità di ritenzione idrica. La diminuzione di porosità e l'aumento della resistenza alla penetrazione possono ridurre notevolmente l'accrescimento radicale.

Un altro aspetto del compattamento, deleterio per la struttura del suolo e quindi per l'ambiente, è rappresentato, nel lungo termine, dalla formazione della suola d'aratura nei suoli intensamente coltivati con le tradizionali arature. Tale strato compatto al limite inferiore della lavorazione interrompe drasticamente la continuità dei pori e quindi il drenaggio del terreno ed è senza dubbio il principale responsabile della sommersione dei terreni pianeggianti negli ormai frequenti casi di precipitazioni eccessive, concentrate in un breve periodo.

### **Introduzione**

Nella moderna agricoltura, i metodi intensivi di coltivazione causano nel lungo termine un deterioramento delle condizioni strutturali del terreno, dovuto soprattutto all'impoverimento di sostanza organica. Ulteriori fenomeni di degradazione strutturale del terreno sono provocati dall'uso in agricoltura di macchine operatrici sempre più potenti che generano una forte azione compattante, anche perché le problematiche inerenti la messa a punto di tipi di pneumatici atti a mitigare questo inconveniente (sezione della carcassa, pressione di gonfiaggio, ecc.) sono in continua evoluzione e tutt'altro che risolte (Pagliai et al., 1992). Come è noto, il compattamento ha riflessi negativi non solo sulla fertilità del suolo (in quanto induce variazioni notevoli sul contenuto e la trasmissione dell'acqua, dell'aria e del calore, riduce la capacità di penetrazione delle radici, influenza il ciclo degli elementi nutritivi e condiziona la loro disponibilità per le piante) ma anche sulla qualità dell'ambiente aumentando a dismisura l'erosione e la sommersione del suolo.

Conoscere e quantificare l'effetto del compattamento è quindi di fondamentale importanza per stabilire quali siano le pratiche colturali ottimali da attuare nei diversi terreni onde prevenire o ridurre fenomeni di degradazione strutturale. A tal fine sono state studiate le

variazioni di porosità, struttura, resistenza alla penetrazione e conducibilità idrica, in suoli a tessitura franca, provocate dal passaggio di mezzi meccanici per l'attuazione delle consuete pratiche agronomiche nella coltivazione del mais da granella.

## Materiali e Metodi

La ricerca è stata condotta presso il Centro Sperimentale di Fagna (Scarperia, Firenze) dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, su un terreno alluvionale franco (Eutric Cambisol, secondo la classificazione FAO, 1988) con pH sub-alcalino e medio contenuto di elementi nutritivi, coltivato fin dal 1970 con mais in monosuccessione. Le diverse tesi sono ripetute in parcelle randomizzate di 10x50 m, nelle quali tutte le operazioni, compresa la raccolta, sono effettuate meccanicamente (Piovanelli, 1990). Per le misure di porosità campioni indisturbati di terreno sono stati prelevati nelle zone interessate dal compattamento, provocato dal passaggio di mezzi meccanici per l'attuazione delle consuete pratiche agronomiche per il mais, e nelle zone adiacenti non compattate. Campioni indisturbati sono stati prelevati anche al limite inferiore della coltivazione per valutare la presenza della suola d'aratura. I campioni sono stati essiccati seguendo il metodo che prevede la sostituzione dell'acqua con l'acetone (Murphy, 1986), impregnati sotto vuoto con una resina poliesteri; una volta induriti, da ognuno di questi campioni è stata preparata, con apposite attrezzature, una sezione sottile, verticalmente orientata, delle dimensioni di 6x7 cm e dello spessore di 20-25  $\mu$ m (Murphy, 1986).

Le sezioni sottili sono state 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 ricoprivano un'area di 4,5x5,5 cm<sup>2</sup> sulla sezione onde evitare possibili alterazioni sui bordi, sono state 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 stati 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 stati 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 sono state anche esaminate al microscopio polarizzatore Zeiss R POL, a 25 ingrandimenti per le osservazioni micromorfologiche.

Sono stati prelevati anche campioni indisturbati alla superficie del suolo nelle aree compattate e non, adiacenti al campionamento per le sezioni sottili. Gli aggregati di circa 4 cm<sup>3</sup> sono stati essiccati e degasati sotto vuoto quindi analizzati con un porosimetro a mercurio (Carlo Erba) equipaggiato con unità macropori. La distribuzione dimensionale dei pori è stata determinata nell'intervallo 0,007-100  $\mu$ m.

Sono stati prelevati anche campioni indisturbati mediante cilindri di 5,68 cm di diametro e 9,5 cm di altezza nelle aree compattate e non compattate, dopo la loro saturazione per capillarità è stata misurata la conducibilità idrica usando un permeometro a carico variabile (Klute e Dirksen, 1985).

Contemporaneamente al prelievo dei campioni, è stata misurata la resistenza alla penetrazione offerta dal terreno nelle aree compattate e non, utilizzando un penetrometro manuale ST 308 (Salmoiraghi, Milano) dotato di punta conica con angolo di 30° con area di base di 1 cm<sup>2</sup> (Borselli, 1995). Per ogni condizione di suolo compattato e non, sono stati eseguiti 10 rilievi penetrometrici, di cui si è poi fatta la media.

## Risultati e Discussione

La porosità espressa come percentuale di area occupata dai pori maggiori di 50  $\mu$ m per sezione sottile, dopo l'evento di compattamento è riportata nella Fig. 1. I risultati evidenziano che, con il passaggio delle macchine operatrici, nello strato superficiale (0-10 cm) la porosità si riduce notevolmente (fino a tre volte) rispetto alle aree adiacenti non compattate. Negli strati al di sotto dei 10 cm, in questo tipo di terreno e con un contenuto d'acqua, al momento del passaggio dei mezzi meccanici, di  $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (umidità che rendeva il terreno perfettamente trafficabile), le differenze di porosità, fra le aree compattate e non compattate, non apparivano significative.

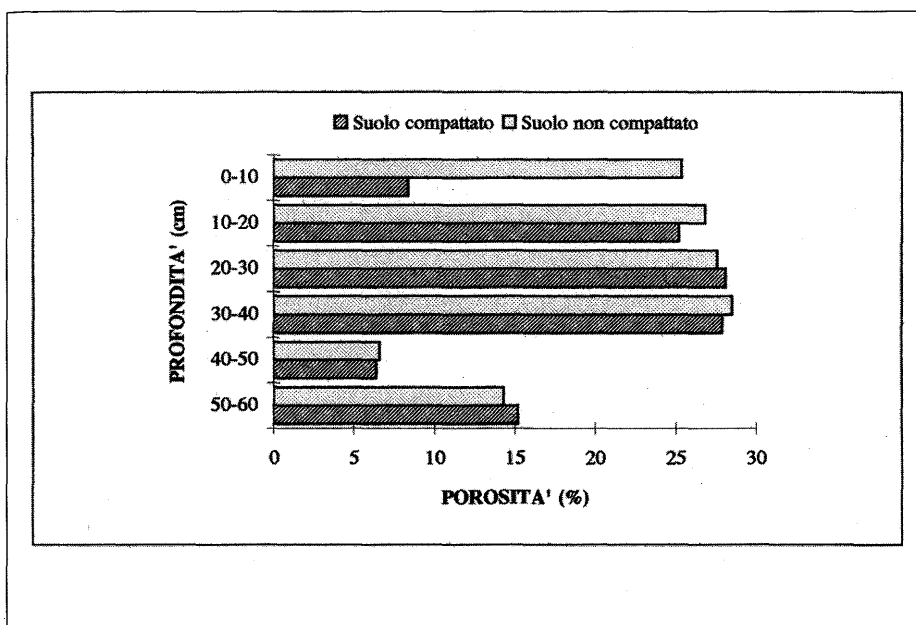


Fig. 1. Effetti del compattamento causato dal passaggio di mezzi meccanici sulla porosità del terreno, espressa come percentuale di area occupata dai pori maggiori di 50  $\mu$ m per sezione sottile. Campionamento effettuato dopo l'evento compattante. Media di otto ripetizioni.

Nello strato 40-50 cm la porosità diminuiva drasticamente (6,5%) a causa della formazione di uno strato compatto (suola d'aratura) al limite inferiore della lavorazione. Anche questo tipo di compattamento rappresenta un indice di degradazione strutturale del terreno. Si ricorda che, secondo questo metodo micromorfometrico di misura della porosità (analisi bidimensionale dei pori maggiori di 30  $\mu$ m su sezioni sottili mediante analisi di immagine), un terreno è considerato compatto, e quindi con notevoli limitazioni per il buon sviluppo delle colture, quando la porosità totale è inferiore al 10% (Pagliai, 1988). Le variazioni della porosità totale in seguito al compattamento si riflettono anche sulla morfologia e sulla distribuzione dimensionale dei pori nel terreno (Fig. 2). La distribuzione dimensionale dei pori nel terreno non compattato è tipica dei terreni interessati da lavorazioni convenzionali (Pagliai et al., 1989) ove i pori allungati maggiori di 500  $\mu$ m costituiscono la porzione preminente della porosità. Appare evidente che la notevole riduzione di porosità nello strato 0-10 cm, in seguito al compattamento, è dovuta quasi esclusivamente

alla diminuzione dei pori allungati, con la pressoché totale scomparsa di quelli maggiori di 500 m e la notevole riduzione di quelli compresi fra 50 e 500 m, detti di "trasmissione" (Greenland, 1977), perché consentono la circolazione dell'acqua e dell'aria e lo sviluppo dell'apparato radicale delle piante. Questo tipo di pori è il più importante da un punto di vista agronomico, tanto è vero che l'eventuale degradazione strutturale del terreno viene valutata attraverso la quantificazione della carenza di questi pori di trasmissione (Greenland, 1977; Pagliai et al., 1989).

Le variazioni dei pori regolari e irregolari in seguito al compattamento non appaiono rilevanti, si nota solo una diminuzione di quelli maggiori di 500 m.

L'effetto del compattamento sembra ripercuotersi anche sulla porosità all'interno degli aggregati misurata con il porosimetro a mercurio. Gli aggregati prelevati nelle aree compattate mostravano un volume di pori pari a  $0,270 \pm 01 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  mentre negli aggregati delle aree non compattate il volume dei pori si innalzava a  $0,320 \pm 01 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . La riduzione di microporosità all'interno degli aggregati era principalmente dovuta alla diminuzione dei pori compresi fra 0,5 e  $50 \mu\text{m}$ , i quali costituiscono la riserva idrica per le piante ed i microrganismi. Il compattamento deprime, quindi, il contenuto d'acqua nel suolo.

L'esame microscopico delle sezioni sottili di terreno ha rilevato come le variazioni di porosità in seguito al compattamento modificano la struttura del terreno. Nelle aree non compattate si notava una struttura da lacunare a glomerulare a poliedrica subangolare lungo tutto l'orizzonte Ap, tipica dei terreni lavorati, mentre nelle aree compattate si notava una struttura fortemente massiva nello strato superficiale (0-10 cm). I sottilissimi pori allungati erano distribuiti parallelamente alla superficie del terreno originando una struttura lamellare caratteristica dei terreni compattati. Quindi anche la piccola quantità di pori allungati, non avendo continuità in senso verticale, era praticamente inutile ai fini dell'infiltrazione dell'acqua.

A questo proposito la Fig. 3 mostra la correlazione fra conducibilità idrica in terreno saturo e la porosità costituita dai pori allungati nello strato superficiale (0-10 cm) delle aree compattate e non compattate. Nell'ambito sia delle aree compattate che non compattate la correlazione è di tipo lineare altamente significativa. Nelle aree compattate anche la variabilità appare ridotta: la percentuale di area occupata dai pori allungati oscilla da 2,3 a 5,7% e per di più questi pori, come evidenziato dalle osservazioni microscopiche, sono orientati parallelamente alla superficie per cui ne deriva una conducibilità idrica estremamente bassa, che oscilla da  $0,9$  a  $3 \text{ mm h}^{-1}$ .

Questi valori indicano che in caso di eccessi di pioggia nelle aree compattate si può sviluppare un elevato ruscellamento superficiale che può innescare l'erosione a rivoli ("rill erosion") più o meno accentuata a seconda della pendenza del terreno e che in seguito si può estendere anche al terreno adiacente non compattato. Le conseguenze del compattamento sono tanto più gravi quanto più lungo è il tempo in cui nel terreno si rigenerano le condizioni strutturali precedenti al compattamento. Esperimenti precedenti hanno dimostrato che in terreni franco argillosi occorrono tempi lunghi (oltre un anno) per una buona rigenerazione strutturale (Bullock et al., 1985).

La conducibilità idrica è strettamente dipendente non solo dalla quantità dei pori allungati ma soprattutto dalla loro continuità: è significativo infatti che all'aumento dei pori allungati, dal 5,7% nelle aree compattate al 12% in quelle non compattate, corrisponda un notevole salto, da  $2,9$  a  $45,1 \text{ mm h}^{-1}$ , rispettivamente nelle aree compattate e non compattate, della conducibilità idrica. Questo perché nelle aree non compattate i pori allungati mostrano una maggiore continuità.

I valori di resistenza alla penetrazione nello strato superficiale (0-10 cm) si sono rivelati più alti nelle aree interessate dal passaggio dei mezzi meccanici rispetto a quelli rilevati nelle zone adiacenti non compattate (Fig. 4). Simili risultati sono stati ottenuti anche da Bazzoffi e Chisci (1986) in terreni argillosi, sviluppati su substrati di argille lacustri, molto diffusi nelle colline toscane. La diminuzione di porosità associata a profonde modificazioni strutturali nelle zone compattate è strettamente correlata con la resistenza alla penetrazione.



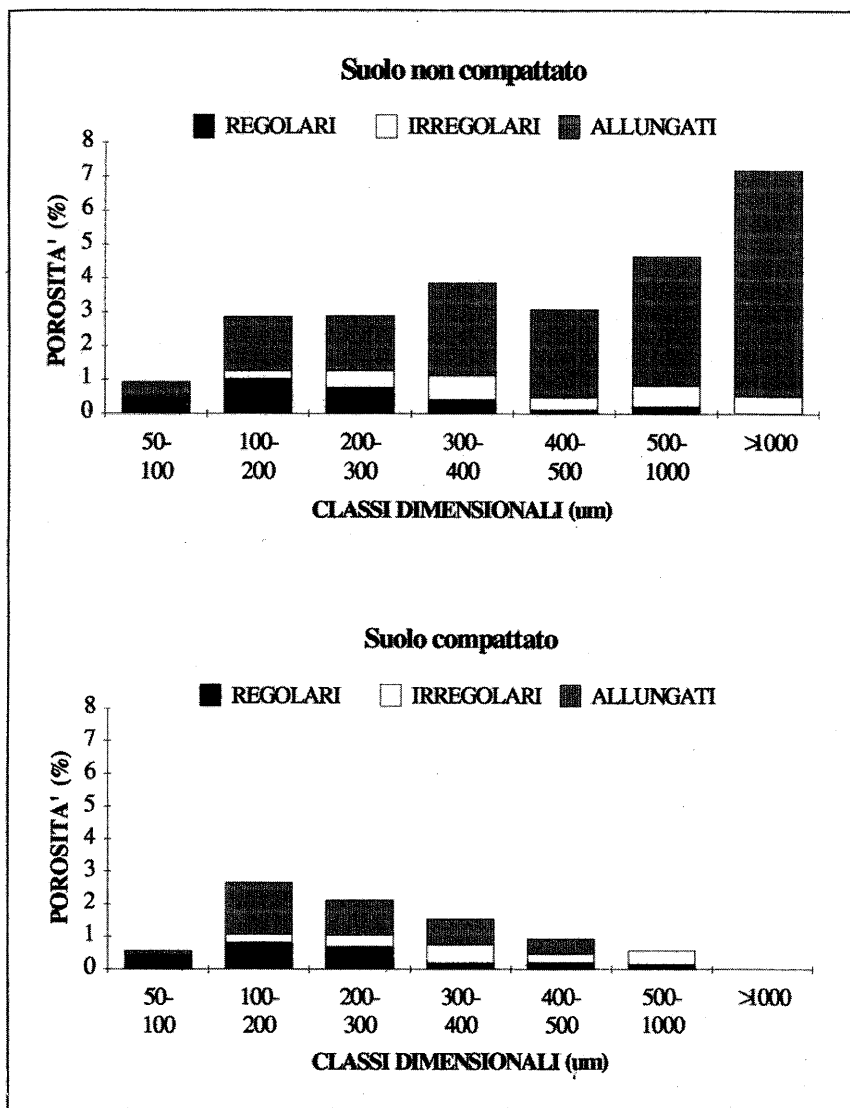


Fig. 2. Distribuzione dimensionale dei pori secondo il loro diametro equivalente per quelli regolari e irregolari e secondo la loro larghezza per quelli allungati nello strato superficiale di un terreno franco coltivato a mais in monosuccessione.

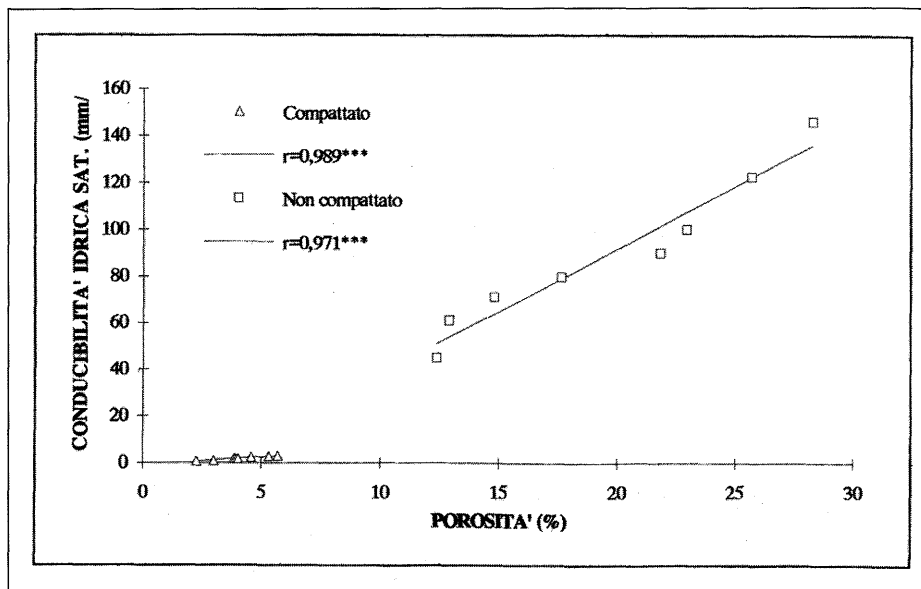


Fig. 3. Correlazione fra porosità espressa dai pori allungati maggiori di 50  $\mu$  e conducibilità idrica satura nello strato superficiale (0-10 cm) delle aree compattate e non compattate di un suolo franco coltivato a mais.

La Fig. 5 mostra, infatti, la correlazione fra resistenza alla penetrazione e porosità totale misurata sulle sezioni sottili mediante l'analisi di immagine nello strato superficiale (0-10 cm) sia delle aree compattate sia di quelle non compattate. Anche in questo caso la correlazione è di tipo lineare altamente significativa in entrambe le situazioni sperimentali. Da notare come nelle aree compattate ove la porosità totale scende al di sotto del 10% la resistenza alla penetrazione si impenna notevolmente. Valori così alti di resistenza alla penetrazione indicano notevoli difficoltà per l'eventuale emergenza del seme e per lo sviluppo delle radici nello strato superficiale di queste aree. Pagliai e De Nobili (1993) hanno, infatti, dimostrato che esiste una correlazione positiva fra presenza di pori allungati e densità radicale.

### Conclusioni

I risultati di questa sperimentazione hanno, innanzitutto, confermato che il compattamento provoca una riduzione di porosità sino a valori inadeguati per i movimenti dell'acqua e la crescita delle radici, proprio perché tale riduzione interessa pressoché totalmente i pori allungati superiori a 500  $\mu$  e una notevole parte di quelli compresi fra 50 e 500  $\mu$  cioè i pori di trasmissione. Il compattamento, oltre alla riduzione della dimensione di questi pori, ne modifica anche l'arrangiamento nel terreno e soprattutto ne riduce la continuità in senso verticale con conseguenza immediata di una vistosa riduzione di infiltrazione dell'acqua e l'insorgere dei rischi erosivi. La diminuzione della macroporosità è accompagnata anche da una riduzione della microporosità (porosità all'interno degli aggregati) la quale si riflette su una minore capacità di ritenzione idrica. La diminuzione di porosità e l'aumento della resistenza alla penetrazione possono ridurre notevolmente l'accrescimento radicale. Un altro aspetto del compattamento, deleterio per la struttura del suolo e quindi per

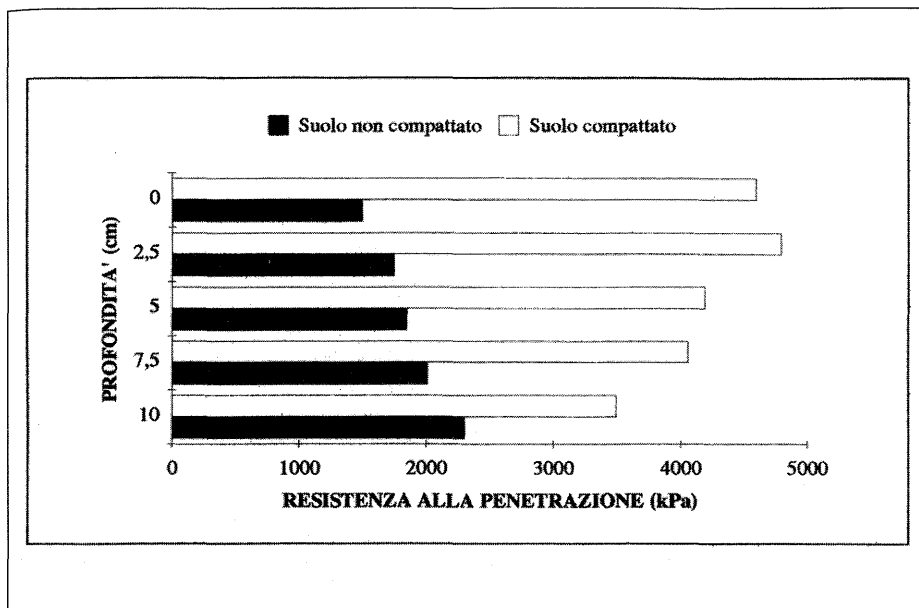


Fig. 4 - Effetti del compattamento, provocato dal passaggio dei mezzi meccanici, sulla resistenza alla penetrazione nello strato superficiale del suolo.

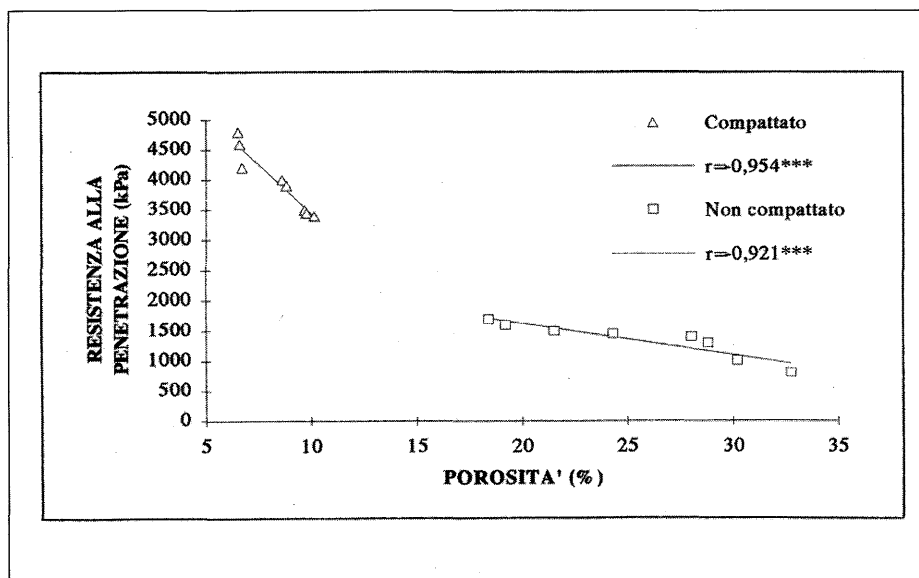


Fig. 5. Correlazione fra porosità totale (pori > 50 m) e resistenza alla penetrazione nello strato superficiale (0-10 cm) delle aree compattate e non compattate di un suolo franco coltivato a mais.

l'ambiente, è rappresentato dalla formazione, nel lungo termine, della suola d'aratura nei suoli intensamente coltivati con le tradizionali arature. Tale strato compatto al limite inferiore della lavorazione interrompe drasticamente la continuità dei pori e quindi il drenaggio del terreno ed è senza dubbio il principale responsabile della sommersione dei terreni pianeggianti nei frequenti casi di eccessive precipitazioni, concentrate in un breve periodo. Il peggioramento delle proprietà fisiche del suolo quali appunto la riduzione di porosità ma soprattutto l'alterazione del sistema dei pori, la riduzione di conducibilità idrica, ecc., portano come estrema conseguenza alla degradazione della struttura del suolo. Fra le cause di questa degradazione il compattamento assume un ruolo decisamente preminente anche perchè, con l'aumento della sensibilità verso la protezione dell'ambiente molto è stato fatto o si sta facendo nel campo, ad esempio, delle lavorazioni del terreno (introduzione di sistemi di lavorazione "più semplificati" rispetto ai sistemi tradizionali) o dell'introduzione di sistemi colturali più compatibili con l'ambiente, poca attenzione viene ancora rivolta ai problemi del compattamento e alla possibilità di attenuarne l'impatto sul suolo.

### Bibliografia

- Bazzoffi, P. e Chisci, G. 1986. Effetti del passaggio dei macchinari agricoli di differenti pratiche agronomiche su alcune caratteristiche fisiche di un suolo limo-argilloso del Mugello (Toscana). *Annali dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo*, 17: 41-56.
- Borselli, L. 1995. Modified pocket penetrometers for the assessment of surface and sub-surface soil parameters. *Rivista di Agricoltura Tropicale e Subtropicale*, 89 (in corso di stampa).
- Bullock, P., Newman, A.C.D. e Thomasson, A.J. 1985. Porosity aspects of the regeneration of soil structure after compaction. *Soil and Tillage Research*, 5: 325-341.
- Food and Agriculture Organization. 1988. FAO/UNESCO soil map of the world, revised legend. *World Resources Report 60*. FAO, Roma, 138 pp.11.
- Greenland, D.J. 1977. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 281: 193-208.
- Klute, A. e Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: A. Klute (Editore), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Second Edn.* Am. Soc. Agron. Publ., Madison, pp. 687-734.
- Murphy, C.P. 1986. Thin section preparation of soils and sediments. A B Academic Publishers, Herts. pp. 149.
- Pagliai, M. 1988. Soil porosity aspects. *International Agrophysics*, 4: 215-232.
- Pagliai, M. e De Nobili, M. 1993. Relationships between soil porosity, root development and soil enzyme activity in cultivated soils. *Geoderma*, 56: 243-256.
- Pagliai, M., Febo, P., La Marca, M. e Lucamante G. 1992. Effetto del compattamento provocato da differenti tipi di pneumatici su porosità e struttura del terreno. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 3: 168-176.
- Pagliai, M., La Marca, M. e 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.
- Pagliai, M., La Marca, M., Lucamante, G. e 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 and Tillage Research*, 4: 433-444.
- Pagliai, M., Pezzarossa, B., Mazzoncini, M. e Bonari, E. 1989. Effect of tillage on porosity and microstructure of a loam soil. *Soil Technology*, 2: 345-358.
- Piovanelli, C. 1990. Risultati preliminari su una prova di diserbo del mais. II Conferenza nazionale sul mais. Grado (GO), 19-21 Settembre 1990, Vol. I, pp. 403-411.

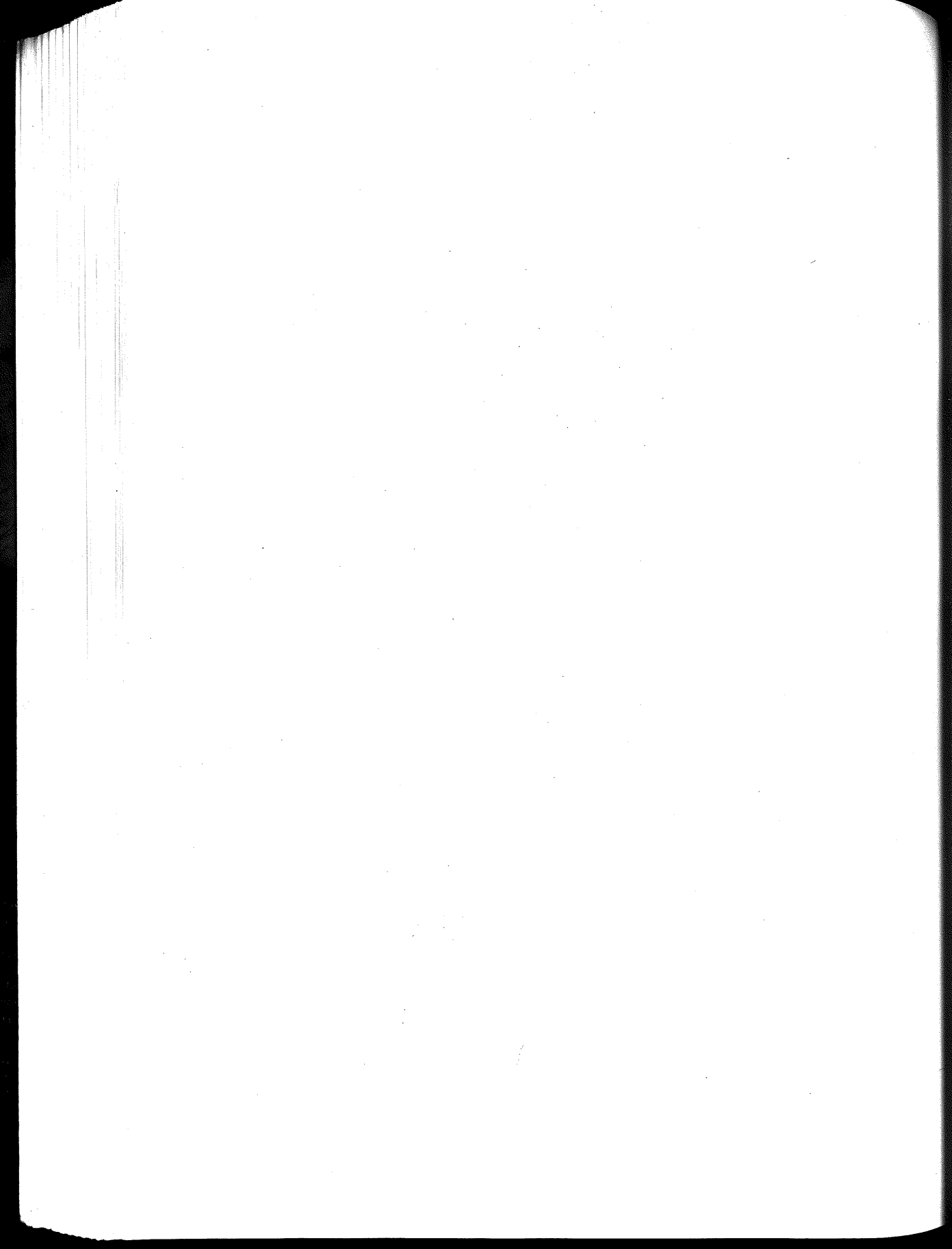
*Sessione 3*  
*Problemi ambientali*

---

nei  
fe-  
gio  
oia-  
ma  
or-  
e di  
er-  
o o  
mi  
di  
ai

nti  
oso  
esa  
ib-  
(in  
ra-  
ed  
ia-  
ds.  
oc.  
tic

nt  
o-  
di  
o-  
al  
n-  
m  
o-  
za



# L'EROSIONE GENETICA DELL'ECOSISTEMA SUOLO

**C. Dazzi, Istituto di Agronomia Generale, Università di Palermo**

## **Riassunto**

Il concetto di "erosione genetica", cioè di quel processo di origine antropica che comporta una diminuzione della biodiversità delle specie viventi, oltre che al mondo animale e vegetale può essere esteso al "suolo-essere vivente", ecosistema di interfaccia tra litosfera, idrosfera e atmosfera, che nasce, si sviluppa e, soprattutto per spinte antropiche, può retrogradare passando dalle forme più evolute fino a quelle meno evolute (Entisuoli). E' ciò che si verifica in numerose aree del mondo: un processo di "entisolizzazione" spinta ove la "diversità pedologica" viene completamente annullata sia dalla messa a coltura di nuove aree, sia dalla creazione di nuovo suolo a seguito di sbancamenti, riempimenti o altro.

## **Il suolo, essere vivente**

Fatte le debite proporzioni il mondo vivente, ivi compreso il suolo, circonda il nostro pianeta come un sottile involucro. Alcuni chilometri al di sotto della sua superficie la temperatura è troppo alta mentre pochi chilometri al di sopra l'aria è troppo fredda e rarefatta per sopravvivere.

Tra questi due estremi si afferma la vita animale e vegetale. Quest'ultima in particolare costituisce la base delle catene alimentari, regola i cicli idrici e protegge la vita del suolo, fondamento della biosfera.

Il suolo, insieme all'aria ed all'acqua, completa la triade delle risorse naturali fondamentali per la vita sul pianeta terra.

Corpo naturale caratterizzato da specifiche proprietà fisiche, chimiche, mineralogiche, biologiche e "da una particolare dinamica interna dell'acqua che lo fanno differenziare dalle rocce da cui ha origine" (Fierotti G., 1980), il suolo costituisce, nell'accezione più generale, il mezzo che permette alle piante e agli animali di vivere e svilupparsi ed all'uomo di svolgere tutte le sue attività.

Purtroppo "l'omo tecnologicus", costretto a destreggiarsi fra "briefings" e "meetings" e a convivere con cemento, plastica, e computers difficilmente riflette su quanto il suo benessere sia fundamentalmente connesso al suolo.

Eppure l'uomo è intimamente legato al suolo poiché "la sua stessa struttura profuma ovunque di argilla" (Simonson R.W., 1968). Le sue origini si confondono con quelle del suolo tant'è che nell'antica lingua ebraica "adamat", cioè suolo, ha la stessa radice di "Adam", il nome del primo uomo.

Possiamo senza dubbio affermare che il livello di conoscenza e di tecnologia raggiunto dall'uomo nel corso della sua evoluzione si riflette nel differente concetto di suolo che egli, nel tempo, ha sviluppato.

Questa relazione appare immediatamente evidente dall'analisi della evoluzione che, nel corso dei secoli, ha subito il concetto di suolo.

Di volta in volta l'uomo ha considerato il suolo come un supporto inerte che gli consentiva il libero movimento da luogo a luogo; come mezzo di produzione agricola e forestale; come elemento di valutazione fiscale; come fonte di approvvigionamento di materie prime; come sede di insediamenti urbani ed infrastrutturali; come mezzo dinamico in cui "i

processi ectodinamici risultano associati con gli organismi che lo compenetrano o con i fenomeni che si originano dagli agenti della biosfera" (Boulaine J., 1989); come corpo naturale organizzato, meritevole di studio scientifico e, infine, come fonte di vita ed esso stesso elemento vitale, sede di processi fisici, chimici e biologici.

Quest'ultimo concetto è l'unico ad esprimere che la genealogia e i caratteri distintivi delle proprietà del suolo sono determinati da fattori di formazione: clima, vegetazione, organismi, substrato, morfologia, tempo.

Questo concetto fu sintetizzato da Jenny nella ormai nota "clerpt equation" ( $S = f(c_l, o, r, p, t, \dots)$ ) che, applicata all'intera biosfera, assume la forma (Amundson R. Jenny H., 1991):

$$l, s, v, a = f(Lo, Px, t)$$

ove le proprietà dell'ecosistema "l", del suolo "s", della vegetazione "v", e degli animali "a", sono funzione dello stato iniziale del sistema "Lo", dei potenziali di flusso "Px" e del tempo intercorso "t".

E' da questa relazione che emerge il concetto di suolo-essere vivente!

Un variegato microcosmo, permeato da una miriade di forme vitali in cui ognuna è collegata alle altre talora strenuamente talaltra in modo molto debole. Micro e macro elementi organici ed elementi minerali concorrono, attraverso vari meccanismi, allo svolgersi dei cicli energetici, originando, istante per istante e ad ogni livello, mutamenti o diversificazioni, specializzazioni o complicate interdipendenze (Richter J., 1987).

Un sistema dinamico quindi, aperto ed in continua trasformazione, a volte veloce ma sovente lenta, che riceve un continuo flusso di energia e di materiali, generando nuove strutture e nuove dinamiche. Nel suolo si instaurano "fenomeni di autoregolazione interni e di equilibri con l'ambiente esterno molto delicati e governati da ferree leggi naturali. E' luogo di una incessante circolazione di flussi di energia all'interno del sistema stesso e con i sistemi circostanti, il che comporta una precisa dinamica partecipando, come fattore esso stesso, non solo alla sua intima evoluzione ma anche alla modifica di alcuni elementi ambientali quali la copertura vegetale, il microclima, l'intensità di erosione" (Fierotti G., 1988).

### **Biodiversità e Pedodiversità**

Si intuisce come non esiste il "suolo" ma "una miriade di suoli" in dipendenza delle molteplici azioni, reazioni e trasformazioni di energia che avvengono in essi per addizione, perdita, trasformazione e traslocazione di materia.

I differenti tipi di suolo rappresentano dei modelli unici che sono il risultato dell'infinita possibilità di combinazione dei fattori della pedogenesi e dei processi di formazione del suolo e ciascuno è associato con un gruppo ben definito di bioti, caratteristici per molti versi di un dato tipo di suolo (Szabolcs I., 1991).

I suoli diventano elementi primari nella biosfera, indispensabili e centrali negli equilibri naturali con la litosfera, l'idrosfera e l'atmosfera. Dell'ecosistema generale, sono particolari ecosistemi in continua trasformazione che, generalizzando, possono essere paragonati agli organismi viventi che nascono crescono e muoiono (Fierotti G., 1980). Devono essere quindi considerati come "membri della comunità che hanno bisogno di essere interpretati non meno degli animali e delle piante, hanno bisogno di cure amorevoli ed intelligenti per farsi fertili dispensatori di raccolti" (Hausmann G., 1964).

E ogni suolo è dotato di una propria configurazione evolutiva, di una propria "attività" che contribuisce a differenziarlo da un altro. Ne deriva una "diversità pedologica" o pedodiversità" che negli equilibri naturali risulta di fondamentale importanza così come lo è la diversità biologica o biodiversità.



Oggi vari gridi di allarme sono stati lanciati nel mondo a difesa della biodiversità, ma ciò è avvenuto solo dopo aver appurato che, a causa dell'attività antropica, entro la fine del XXI secolo potrebbero andare perdute diverse migliaia di specie di piante e che solo in Europa sono già scomparse metà di tutte le specie di animali domestici che esistevano all'inizio del secolo, ed un terzo delle 770 specie che sono rimaste potrebbero andare perdute entro i prossimi 20 anni.

La varietà rappresenta uno degli elementi caratteristici e distintivi della vita sulla terra. Trasmessa con i geni offre ad ogni specie la capacità di adattarsi alle spinte ambientali. Tuttavia i diversi metodi di riproduzione controllata, puntando sulla uniformità genetica, hanno determinato, soprattutto nel panorama agricolo, una notevole uniformità causando una "erosione genetica" che è più evidente laddove si aveva la maggiore diversità biologica. Attualmente il 90% delle necessità alimentari del genere umano sono soddisfatte solo da 25 specie vegetali e da 5 specie animali. Si tratta di una enorme diminuzione della biodiversità che finisce per avere un impatto negativo nel mantenimento della piena funzionalità degli ecosistemi.

Inoltre l'intensità con cui i suoli sono coltivati deprime le comunità degli organismi edafici che, essendo in stretta relazione con i differenti tipi pedologici, sono stati indicati come bioindicatori dello stato di salute dei suoli dai pedo-biologi.

Oggi si sta cercando di correre ai ripari, nella consapevolezza che il patrimonio genetico che ogni essere vivente possiede è una risorsa che deve essere mantenuta e trasmessa alle generazioni future.

Molti Paesi, assumendo coscienza del problema, hanno già emanato apposite leggi per la protezione delle specie a rischio e a difesa della biodiversità.

Poco o nulla si fa a difesa della "pedodiversità", cioè delle caratteristiche distintive dei diversi tipi di suolo, che pure hanno bisogno di maggiore attenzione poiché, a differenza degli organismi viventi animali e vegetali, il suolo non procrea e non trasmette proprietà e caratteristiche.

E' qui che sta la grande e fondamentale differenza con il mondo vivente. Le fasi di evoluzione e di formazione del suolo richiedono tempi molto lunghi, misurabili nell'arco dei secoli. Anche nella migliore delle ipotesi, quando i sedimenti si accumulano rapidamente, perché si formino pochi centimetri di suoli occorrono diversi anni, e quando si origina a poco a poco dalla roccia dura, perché si formi un centimetro possono occorrere centinaia, se non migliaia di anni.

Purtroppo fattori naturali o artificiali possono facilmente invertire questo processo: il suolo si può infatti degradare in una frazione molto ridotta rispetto al tempo che impiega a formarsi, mentre la fase della scomparsa, sia per cause naturali che antropiche, è quasi sempre rapida ed improvvisa.

### **La Entisolizzazione**

Numerose aree del mondo sono oggi interessate da un processo di "entisolizzazione" alla cui base è l'attività dell'uomo (Fannings D.S., Fanning M.C., 1989).

Il problema ovviamente non è da imputare al puro e semplice "boom demografico" ma, soprattutto, alle spinte consumistiche che portano circa un miliardo di individui a fruire di un super benessere basato su stili di vita che esercitano una fortissima pressione sull'ecosistema globale. Questo consumismo è a sua volta legato all'ampliamento delle conoscenze tecnologiche e delle disponibilità energetiche che consentono di usare e di abusare di sempre maggiori quantità di risorse naturali, fino al punto di portarle all'estinzione.

Ogni anno numerose aree di terreno produttivo dal punto di vista agricolo vengono cementificate o assegnate allo sviluppo. I nostri paesaggi vengono deturpati con montagne sempre più alte di rifiuti, alcuni dei quali tossici. Aree vergini vengono rivoltate con l'ara-

tro, anche se, nel migliore dei casi, la maggioranza di esse ha importanza solo marginale. Dal punto di vista della pedogenesi la distruzione e/o la creazione del suolo operata dall'uomo attraverso la manipolazione fisica di "materiali terrosi" sono eventi catastrofici che riportano il suolo al tempo "t<sub>0</sub>" e quasi sempre l'area di Entisuoli di nuova creazione ottenuta tramite movimenti di terra è all'incirca uguale all'area di suoli più sviluppati che viene distrutta (Fannings D.S., Fanning M.C., 1989).

Sono questi gli eventi più appariscenti che avvengono durante la costruzione di strade e autostrade, ma vi sono esempi meno appariscenti ma altrettanto pericolosi per la salvaguardia della pedodiversità; è il caso degli Entisuoli creati per seppellire rifiuti di varia origine e natura.

Il sistema tassonomico dell'USDA (Soil Survey Staff, 1982) non ha ancora recepito questo problema anche se alcune proposte sono state avanzate (Fannings D.S., Fanning M.C., 1989). Maggiore attenzione invece è stata posta al problema dalla FAO che nell'ultima versione della Revised Legend della Soil Map of the World ha introdotto gli Anthrosol (FAO-UNESCO, 1990).

Sono tuttavia legate all'agricoltura le attività che più delle altre minacciano la pedodiversità e che conducono ad una "entisolizzazione" dei suoli e ad una omogeneizzazione spinta delle loro caratteristiche che può, a tutti gli effetti, essere considerata alla stessa stregua dell'erosione genetica che restringe il campo di variabilità ed omogeneizza gli esseri viventi.

Così ad esempio vaste aree della Sicilia occidentale, centrale e sud-orientale sono state e sono interessate da un processo di questo tipo. Splendidi esempi di Petrocalcic Palexeralfs, di Typic Haploxeralfs, di Typic Rodoxeralfs, di Calcixerollic Xerochrepts, Typic Xerochrepts, di Calcic Haploxerolls, di Entic Haploxerolls, di Typic Haploxerolls e anche di Typic Xerorthents sono stati così profondamente ed intensamente rimaneggiati con potentissimi mezzi meccanici per essere destinati a vigneto da non poter più distinguere in essi alcun frammento degli orizzonti originari!

Nel suolo così ottenuto non si nota più alcuna logica distribuzione degli elementi organici e minerali ed ogni connessione fra questi, legata allo svolgersi nel suolo dei flussi di energia endogenici, viene completamente perduta. Si originano così suoli, ma sarebbe più corretto parlare di masse terrose che rappresentano, secondo il sempre valido assioma di Glinka (Boulaine J., 1989), dei substrati pedologici classificabili come Entisuoli secondo il sistema dell'USDA. Questa pressione abnorme esercitata sull'ecosistema suolo porta a sconvolgimenti di altra natura: il suolo così violentato si offre indifeso all'erosione.

Sotto questi vigneti, infatti, ogni anno tonnellate di suolo vengono portate via dal vento o finiscono in mare attraverso ampi solchi d'erosione che, a mano a mano che si formano, vengono riempiti con materiale terroso trasportato da altri luoghi ove vi sono suoli che presentano ancora una propria configurazione.

E' quanto si verifica, anno dopo anno, già da diversi anni.

In queste condizioni è chiaro che l'elasticità del suolo (soil resilience), cioè la capacità di riprendere la propria configurazione a seguito di una azione di disturbo, sintetizzata da Szabolcs (Szabolcs I., 1994) nell'equazione:

$$SR = BC_{ph} + BC_{ch} + BC_b + \int_{t_1}^{t_2} \frac{dPSF}{dT} + \int_{t_1}^{t_2} \frac{dAF}{dT} *$$

- \* SR = elasticità del suolo (soil resilience)
- BC<sub>ph</sub> = capacità tampone della componente fisica
- BC<sub>ch</sub> = capacità tampone della componente chimica
- BC<sub>b</sub> = capacità tampone della componente biologica
- PSF = flussi di energia endogenici nel suolo
- AF = flussi di energia antropogenici nel suolo

è minima e in alcuni casi (p. es. nei paleosuoli) nulla, poiché i flussi di energia esogeni, a seguito dell'intervento umano, superano di gran lunga ogni soglia critica.

Data la situazione sarebbe saggio raddoppiare la nostra cura verso la risorsa suolo che ci garantisce il benessere materiale. Invece si verifica proprio il contrario.

E' molto probabile che nell'attuale decennio disboscheremo molte più foreste, sfrutteremo per il pascolo più praterie, elimineremo più terre per favorire lo sviluppo urbano ed eroderemo più suolo fertile che nel decennio trascorso. Nell'arco di tempo che ci separa dalla fine del millennio potremo infliggere all'ecosistema della terra danni ancora più gravi di quelli prodotti nel passato.

Lungi dall'usare con cautela la risorsa suolo, la stiamo consumando come se avessimo un pianeta di riserva parcheggiato nello spazio.

Occorre allora fare di tutto per fare emergere dal profondo della nostra coscienza quell'antico vincolo che ci lega al suolo e che faceva dire ad un vecchio capo indiano della tribù di Seattle: "Se l'uomo sputa sul suolo sputa su se stesso. Non è la terra che appartiene all'uomo ma l'uomo alla terra. Non è l'uomo che ha tessuto la ragnatela della vita; lui ne è solo un filo. Ciò che fa alla ragnatela lo fa a se stesso".

E' qualcosa di meraviglioso il suolo. Anche se a volte può apparire spoglio e monotono, questo strato sottile che ricopre la superficie del pianeta è la base della biosfera, la nostra risorsa primaria. Brulicante com'è di miriadi di forme di vita, merita di essere considerato già di per sé un ecosistema o meglio un insieme di vari ecosistemi.

Pertanto, la prossima volta che calpesteremo il suolo, guardiamo per un attimo cosa c'è sotto i nostri piedi!

### **Bibliografia**

- AA.VV., 1990. World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation. Working Paper 90/7 ISRIC-UNEP.
- Amundson R., Jenny H., 1991. The place of Humans in the state factory theory of Ecosystems and their soils. Soil Science vol.151, n.1.
- Anderson I.M., 1984. Functional attributes of Biodiversity in Land Use System. In Greenland D.J., Szabolcs I. (Eds) Soil resilience and Sustainable Land Use. CAB International.
- Boulaine J., 1989. Histoires des Pedologues et de la Science des Sols. INRA.
- Bagarello V., Dazzi C., Ferro V., Fierotti G., Giordano G., Santoro M., 1992. Indagine sull'erosione idrica "potenziale" del bacino del fiume Belice. Atti del XXVIII Convegno Nazionale dell'AIC. Bollettino AIC Agosto.
- Chisci G., Fierotti G., Dazzi C., 1986. Italian report on aspects of impact of agriculture on the environment. Workshop on "Aspects of impact of agriculture on the environment. Copenhagen; Quaderni di Agronomia n.11, settembre.
- Dazzi C., 1989. La valutazione del suolo come risorsa ambientale. Quaderni di Agronomia n.12, ottobre.
- Dazzi C., 1992. Erosion phenomena in Sicily due to recent rainstorm. ESSC Newsletter 1/92.
- Dazzi C., 1993. Erodibility factor-K values of Belice watershed soils. Workshop on "Soil erosion in semi-arid mediterranean areas". ESSC 28-30 oct 1993 Taormina, Italy (in press).
- Elliot L.F., Lynch J.M., 1994. Biodiversity and Soil Resilience. In Greenland D.J., Szabolcs I. (Eds) Soil resilience and Sustainable Land Use. CAB International.
- Fannings D.S., Fanning M.C., 1989. Soil Morphology, Genesis and Classification. Wiley.
- FAO-UNESCO, 1990. Soil Map of the World. Revised legend. World Soil Resources Report 60. Rome.

- Fierotti G., 1980. Il suolo: fattore primario nell'equilibrio dell'ambiente. Atti: Incontri Internazionali Suolo-Vegetazione-Fauna. 6-11 ottobre, Palermo.
- Fierotti G., 1983. La valutazione del territorio: criteri informativi e rapporti fra suolo ed ambiente. Convegno "Metodologie di rilevamento e rappresentazione cartografica per la valutazione del territorio". Palermo 12-15 ottobre 1982. "Sviluppo Agricolo" anno XVII n.8-9.
- Fierotti G., 1988. La degradazione del suolo: cause ed effetti. Accademia Economico-Agraria dei Georgofili, Vol. XXXIV, Serie settima. Firenze.
- Fierotti G., Dazzi C., Raimondi S., 1989. La valutazione delle terre a fini agricoli: principi, metodi ed applicazioni. Quaderni di Agronomia n.12, ottobre.
- Gardner W.R., 1991. Soil science as a basic science. Soil Science vol. 151, n.1.
- Greenland D.J., 1991. The contributions of soil sciences to Society: past, present and future. Soil Science vol. 151, n.1.
- Hausmann G., 1964. La terra e l'uomo. Boringhieri.
- Lal R., 1994. Sustainable Land Use System and Soil Resilience. In Greenland D.J., Szabolcs I. (Eds) Soil resilience and Sustainable Land Use. CAB International.
- Menzel R.G., 1991. Soil Science: the environmental challenge. Soil Science vol. 151, n.1.
- Philip J.R., 1991. Soils, natural science and models. Soil Science vol. 151, n.1.
- Richter J., 1987. The soil as a reactor. Catena Verlag.
- Simonson R.W., 1968. Concept of soil. Advances in Agronomy, vol.20.
- Soil Survey Staff, 1982. Keys to Soil Taxonomy. SMSS tech. mon. n.19. Pocahontas Press.
- Szabolcs I., 1991. Soil salinity and Biodiversity. The biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture. Ed. by D.L. Hawksworth. CAB International.
- Szabolcs I., 1992. Salinization and desertification. ACTA Agronomica Hungarica, Vol.41 (1-2).
- Szabolcs I., 1994. The concept of soil resilience. In Greenland D.J., Szabolcs I. (Eds) Soil resilience and Sustainable Land Use. CAB International.
- Ugolini F., 1991. The role of proton donors in pedogenesis as revealed by soil solution studies. Soil Science vol. 151, n.1.

# L'EROSIONE NEI TERRENI PERCORSI DA INCENDI

**G. Giovannini, Istituto per la Chimica del Terreno, CNR, Pisa.**

## **Riassunto**

Per spiegare le grandi e disastrose erosioni che si riscontrano nei terreni forestali percorsi da incendi è stata intrapresa questa ricerca che partendo da studi di laboratorio sull'effetto del riscaldamento sui parametri chimico-fisici del suolo ha permesso di ipotizzare una soglia di rischio erosivo intorno ai 500°C.

La esecuzione di incendi sperimentali a differente intensità ha consentito di verificare la correttezza di tale ipotesi per cui si può predire che solo incendi che sviluppino al suolo temperature dell'ordine di grandezza di tale soglia possano indurre condizioni favorevoli allo sviluppo di forti erosioni.

Si è potuto inoltre stabilire che in questi casi la erosione dipende solo marginalmente dalla copertura vegetale mentre è essenzialmente determinata dalle trasformazioni chimico-fisiche subite dal suolo durante il passaggio del fuoco.

## **Introduzione**

La frequenza degli incendi boschivi, specialmente nella stagione estiva, diventa di anno in anno sempre più alta sia in Italia che negli altri paesi del bacino del Mediterraneo. Questi incendi, oltre a distruggere grandi estese boschive sono la causa di gravi erosioni che hanno luogo in concomitanza con le prime intense piogge della stagione autunnale.

La percezione comune è che tali erosioni si sviluppano perchè il fuoco ha distrutto la copertura vegetale che pertanto non protegge più il suolo sia mitigando la aggressività di impatto della pioggia sia opponendosi al ruscellamento e allo scorrimento superficiale dell'acqua.

Questa percezione è ovviamente giusta, ma non totalmente esauriente perchè, per esempio, non dà conto della bassa erosione sofferta da terreni, non percorsi dal fuoco, ma protetti solo da una ridotta copertura vegetale. La spiegazione esauriente deve quindi risiedere nelle trasformazioni che ha subito il suolo a seguito del passaggio del fuoco.

Per chiarire esaurientemente questo punto abbiamo intrapreso una ricerca con lo scopo di definire con chiarezza e senza equivoci le modificazioni subite dal suolo al passaggio di un incendio per poi cercare di correlarle con le erosioni effettivamente subite dallo stesso suolo. Bisogna ora tuttavia considerare che un incendio forestale è un fenomeno molto complesso in cui molti fattori si sovrappongono, eventualmente avvenendo contemporaneamente o appena sfalsati nel tempo, per cui studiare direttamente gli effetti di un incendio forestale senza aver acquisito alcune conoscenze di base può risultare un esercizio che genera ulteriori confusioni invece di risolvere quelle iniziali. Una strada operativa corretta potrebbe essere quella di uno studio accurato di laboratorio per valutare quali trasformazioni subisce un terreno sottoposto ad un riscaldamento artificiale controllato ed il livello quantitativo di tali trasformazioni (Betremieux et al. 1960). Solo dopo aver chiarito senza ombra di dubbio questo aspetto si può passare alla esecuzione di incendi sperimentali condotti su piccoli appezzamenti di terreno forestale di cui siano stati determinati i valori di tutti i parametri chimico-fisici prima del passaggio del fuoco per poi poter fare la determinazione qualitativa e quantitativa delle variazioni prodotte su di essi dal fuoco

stesso. Determinando quindi la erosione che tali terreni subiscono in occasione degli eventi di pioggia, si può cercare di arrivare alla determinazione di un rapporto sequenziale e causale tra incendio forestale ed erosione del suolo.

### **Il riscaldamento del suolo**

Preparare un programma di riscaldamento artificiale del suolo, che possa in qualche modo simulare quello effettivamente sofferto durante il passaggio di un incendio, può risultare molto difficile. La letteratura riporta infatti valori di temperatura, realmente misurati in campo, estremamente variabili: dai 170°C della bruciatura di stoppie fino agli 850°C misurati durante alcuni incendi forestali (Rasmussen et al. 1986, Biederbeck et al. 1980, Cook 1939, Masson 1949, Floyd 1966, De Bano 1979).

Da questi dati si vede come sia difficile o praticamente impossibile preparare un programma di riscaldamento artificiale che possa riprodurre e simulare situazioni reali, per cui il modo più appropriato sembra quello di prepararne uno abbastanza esteso da coprire tutte le varie situazioni realmente riscontrate. Alcuni ricercatori (Nishita et al. 1970 e 1972, Sertsu et al. 1978, Kang et al. 1980, Kitur et al. 1983) hanno utilizzato programmi di riscaldamento artificiale pensati in questo modo, ma li hanno applicati con incrementi di temperatura fissi di 50° o 100°C; un siffatto modo di agire implica che il suolo reagisca in modo lineare al crescere della temperatura. I terreni, al contrario, danno luogo a ben chiare e distinte reazioni termiche all'aumentare della temperatura a cui sono sottoposti.

Praticamente tutti i terreni sottoposti ad Analisi Termica Differenziale danno luogo alle seguenti reazioni termiche:

- una reazione endotermica, nell'intervallo di temperatura compreso tra 25° e 170°C, dovuta alla perdita di acqua dal campione, sia igroscopica che costituzionale;
- un'altra reazione endotermica, nell'intervallo 170°-220°C, dovuta alla disidratazione dei gel;
- una reazione esotermica, nell'intervallo compreso tra 220° e 460°C, dovuta alla combustione della sostanza organica;
- una reazione endotermica, nell'intervallo di temperatura 550°-700°C, dovuta alla perdita di gruppi ossidrilici dalle argille;
- ed infine, per i suoli calcarei, una ulteriore reazione endotermica, nell'intervallo tra 700° e 900°C, dovuta alla distruzione dei carbonati.

Sulla base di queste conoscenze abbiamo quindi preparato un programma di riscaldamento basato sugli intervalli di temperatura sopra definiti e che agisca per un tempo definito di un'ora, che risulta più realistico rispetto alle sei, ventiquattro e quarantotto ore usate da altri ricercatori (Sertsu et al. 1978, Kang et al. 1980, Kitur et al. 1983).

Nei vari campioni di suolo così riscaldati alle temperature di 170°, 220°, 460°, 700°, e 900°C, tenendo il campione a 25°C come testimone, sono stati determinati i parametri chimico-fisici che in qualche modo caratterizzano la cosiddetta "Qualità del suolo".

I risultati ottenuti sono stati sempre molto chiari e sostanzialmente univoci, permettendo di riassumerli e discuterli raggruppandoli in tre distinte sezioni:

- il riscaldamento fino a 220°C
- il riscaldamento compreso tra 220° e 450°C
- il riscaldamento a temperature superiori a 460°C.

### **Gli effetti del riscaldamento**

Il riscaldamento fino a 220°C produce la disidratazione del suolo e delle forme gel, ha un effetto abbastanza trascurabile sulle caratteristiche di plasticità ed elasticità, sulla granu-

lometria, sulla stabilità di struttura degli aggregati e sulla porosità, quindi su quasi tutti i parametri fisici. Anche l'effetto sui parametri chimici è abbastanza ridotto, con una piccola diminuzione del pH (Coles et al. 1930) e della capacità di scambio cationica mentre aumenta la solubilità di alcuni cationi e la disponibilità per le piante di Ammonio e Fosforo. Gli effetti di un riscaldamento di questa entità possono essere considerati quindi come generalmente benefici per la "Qualità del Suolo".

Il riscaldamento tra 220°C e 460°C provoca la combustione della sostanza organica del suolo, la volatilizzazione di molti componenti azotati, la mineralizzazione del Fosforo organico e la diminuzione della capacità di scambio cationica; ma molti elementi nutritivi che prima erano legati alla sostanza organica vengono rapidamente liberati e resi disponibili per le piante. Il riscaldamento a 460° appare quindi sostanzialmente benefico da un punto di vista chimico e nutrizionale. Le qualità fisiche del suolo invece, a causa della combustione della sostanza organica, cominciano a deteriorarsi. Il terreno perde la sua plasticità ed elasticità, le particelle di argilla cominciano ad aggregarsi in particelle più grosse della dimensione delle sabbie e poichè in questo intervallo di temperature si hanno tutte le varie trasformazioni degli ossidi di ferro e di alluminio (Giovannini et al. 1976a, b) si può dire che il suolo subisce un fenomeno di laterizzazione (Sivara et al. 1962), mentre la porosità di alcuni suoli comincia a diminuire. Il riscaldamento fino a 460°C produce quindi effetti contrastanti, ma se consideriamo che la quantità di sostanza organica di un terreno può essere reintegrata artificialmente o naturalmente in pochi anni (Giovannini et al. 1987) e che tutte le trasformazioni indotte non sono irreversibili si può dire che un riscaldamento fino ai 460°-500°C può essere tollerato dal terreno.

Il riscaldamento a temperature superiori ai 460°C produce la perdita degli ossidrilici dalle argille e la distruzione dei carbonati, c'è quindi un collasso delle strutture spaziali e cristallografiche dei componenti minerali del suolo e tali trasformazioni sono del tutto irreversibili. Le caratteristiche chimiche dei terreni riscaldati a queste temperature li rendono praticamente inadatti per la nutrizione delle piante (Lewis 1974). Tali terreni appaiono fortemente alcalini, la capacità di scambio cationica è ridotta al minimo, non c'è più sostanza organica, le forme azotate si sono sostanzialmente volatilizzate ed il Fosforo è tutto mineralizzato e non contribuisce più alla nutrizione delle piante (Peech et al. 1974, Olsen et al. 1954). A queste temperature il terreno è praticamente fuso e molti elementi nutritivi sono intrappolati nella matrice fusa, non più solubili e non più disponibili per la nutrizione delle piante. Anche le caratteristiche fisiche appaiono fortemente deteriorate. I suoli praticamente non sono più plastici ed elastici, la porosità è fortemente diminuita, le particelle del terreno mostrano una granulometria sempre più grossa e le singole particelle risultano molto dure perchè fortemente cementate al loro interno ma non sono più collegate tra di loro e questa è una situazione ad alto rischio di erosione (Middleton 1930). Un riscaldamento del terreno a questi livelli e che produce trasformazioni irreversibili di degradazione della fertilità e con forte aumento della erodibilità deve essere considerato fortemente dannoso e deve essere totalmente evitato.

Sulla base di questi risultati si può stabilire una sorta di "Soglia di Rischio" a 460°-500°C e prevedere che un incendio che sviluppi, alla superficie del suolo, una temperatura inferiore alla soglia non indurrà situazioni di pericolo di erosioni ma che anzi in qualche modo potrà creare alcune condizioni favorevoli, mentre un incendio che sviluppi, alla superficie del suolo, temperature superiori alla soglia di rischio creerà situazioni di forte degrado della qualità del suolo e indurrà condizioni ad alto rischio di pericolose erosioni.

### **L'incendio sperimentale**

Normalmente la quantità di calore sviluppato durante un incendio forestale è molto intensa ma di breve durata e solo una sua frazione è trasferita al suolo mentre buona parte si

disperde nella atmosfera. Conseguentemente la superficie del suolo è esposta ad alte temperature per intervalli di tempo non troppo lunghi e poichè il suolo non è un buon conduttore di calore, si forma un rapido gradiente di temperatura tra la superficie e le diverse profondità (Humphreys et al. 1965).

Il trasferimento di calore all'interno del suolo avviene essenzialmente per conduzione (Rose, 1966) e la conduttività aumenta con il contenuto di umidità (De Vries 1966). Pertanto il passaggio di un incendio su di un suolo secco produrrà una più alta temperatura alla superficie ma una minor penetrazione all'interno della massa del suolo rispetto al passaggio del fuoco su un suolo umido. Questa è la ragione per cui la letteratura riporta valori di temperatura estremamente variabili da 93°C (Bentley et al. 1958) a 720°C (Masson 1954).

Questa grande variabilità e la necessità di verificare la validità della soglia di rischio a 500°C, sopra ipotizzata, ci ha convinto a preparare due esperimenti diversi, cioè di dar luogo a due incendi sperimentali caratterizzati da diversa intensità, ottenibile variando opportunamente le quantità di combustibile.

Gli incendi sperimentali sono stati condotti su piccole parcelle di terreno attrezzate anche per la misura della erosione. Le parcelle erano originariamente ricoperte dalla tipica vegetazione della macchia mediterranea con una densità media di biomassa verde in piedi di 4,3 Kg/m<sup>2</sup>, anche se con variabili quantità di lettiera secca sparsa al suolo. Per ottenere il cosiddetto "Fuoco leggero" abbiamo asportato totalmente tutta la lettiera morta, mentre per ottenere il cosiddetto "Fuoco forte" abbiamo uniformemente aggiunto alle piante verdi in piedi una quantità di biomassa secca pari a 13 Kg/m<sup>2</sup>, che è il valore massimo realmente riscontrato in alcuni punti della macchia originale. Il fuoco fu appiccato agli inizi di autunno in una giornata assolutamente priva di vento e con una umidità del suolo del 23%.

Il "Fuoco leggero" ha sviluppato alla superficie del suolo una temperatura massima di 180°C, che è rimasta maggiore di 100°C per 7 minuti, alla profondità di 2,5 cm la temperatura ha raggiunto 50°C mentre alla profondità di 5 cm non c'è stato incremento di temperatura.

Durante il "Fuoco forte" invece si è raggiunta una temperatura massima di 475°C, che è rimasta più alta di 100°C per circa 1 ora, alla profondità di 2,5 cm la temperatura raggiunge i 90°C mentre a 5 cm solo 40°C.

### **Gli effetti dell'incendio sperimentale**

Gli effetti indotti dal passaggio dell'incendio sperimentale sui parametri che caratterizzano la "Qualità del suolo" (Tab. 1) sono in buonissimo accordo con quelli ottenuti a seguito del riscaldamento artificiale, e confermano che le più marcate modificazioni dei vari parametri chimico-fisici si riscontrano nei terreni percorsi dal "Fuoco forte". In questo caso, infatti, la porosità diminuisce del 40%, la frazione granulometrica argillosa diminuisce del 30% perchè aggregandosi va a formare particelle più grosse della dimensione della sabbia che infatti aumenta di circa il 30%, i nuovi aggregati sono più duri del 32% ma il terreno non ha più capacità plastiche ed elastiche.

La quantità di sostanza organica del suolo diminuisce del 52% a seguito del "Fuoco forte" e solo del 15% a seguito del "Fuoco leggero" e conseguentemente la capacità di scambio cationico diminuisce del 30% e 12% rispettivamente.

Il "Fuoco forte" causa la volatilizzazione del 60% sia dell'azoto totale che di quello ammoniacale, mentre il "Fuoco leggero" raddoppia e triplica il contenuto delle due forme azotate a causa della incorporazione nel suolo di particelle di carbone solo parzialmente combuste.

Solo il "Fuoco forte" sviluppa una temperatura abbastanza alta per mineralizzare il 62% del fosforo organico e per aumentare del 37% la frazione disponibile per le piante.



Un fenomeno molto interessante è stato notato nei terreni percorsi dal "Fuoco forte": dopo il passaggio del fuoco negli strati subsuperficiali del terreno abbiamo riscontrato un aumento del contenuto di sostanza organica del 38%, il raddoppio del contenuto di azoto totale che ammoniacale e lo sviluppo di caratteri di idrorepellenza. Il passaggio del fuoco ha causato cioè una traslocazione di sostanza organica dagli strati di suolo superiori a quelli inferiori e come noi stessi avevamo già dimostrato (Giovannini et al. 1984) la sostanza organica così traslocata ha forti caratteri di idrorepellenza.

### La formazione degli strati idrorepellenti

La problematica della formazione di strati idrorepellenti subsuperficiali è stata lungamente studiata da De Bano (1966, 1970, 1979, 1981) che partendo dalla constatazione che dopo gli incendi la infiltrazione dell'acqua era molto rallentata, ha sviluppato una ipotesi sulla formazione di strati idrofobi sia superficiali che subsuperficiali.

La formazione di strati idrorepellenti superficiali dipende da una classe di composti chimici derivanti dalla decomposizione delle lettiere fresche (Giovannini et al. 1984, Scholl 1971 e 1975), nel suolo questi composti si mescolano intimamente con le parti minerali del suolo rendendo idrorepellenti i pori interstiziali e formando uno strato superficiale che risulta impermeabile all'acqua. Al passaggio del fuoco, se si sviluppa una forte temperatura come i 475°C da noi misurati, lo strato idrorepellente superficiale viene totalmente distrutto (Giovannini et al. 1984), i costituenti chimici che lo compongono in parte evaporano e sono bruciati, eventualmente alimentando la fiamma, in parte diventano sempre più fluidi e si muovono verso il basso lungo il profilo del suolo dove si è formato il gradiente di temperatura, quando incontrano zone abbastanza fredde si ricondensano di nuovo dando luogo ad un nuovo strato idrorepellente ma subsuperficiale.

Una situazione di questo tipo presenta un forte rischio di erosione nei suoli in pendenza. Infatti in caso di pioggia l'acqua si infiltra nello strato superficiale che dopo il passaggio del fuoco risulta perfettamente bagnabile, ma è anche impoverito di sostanza organica, non è più plastico ed elastico, le particelle di terreno sono molto indurite ma scollegate le

	<u>Strato Superficiale</u>		<u>Strato Subsuperficiale</u>	
	Fuoco Forte	Fuoco Leggero	Fuoco Forte	Fuoco Leggero
Porosità	- 40%	- 15%	=	=
Argilla	- 30%	- 14%	=	=
Limo	=	=	=	=
Sabbia	+ 30%	+ 13%	=	=
Stabilità Strutturale	+ 32%	+ 12%	+ 47%	=
Sostanza Organica	- 52%	- 15%	+ 38%	=
Capacità Scambio	- 30%	- 12%	+ 20%	=
Azoto Totale	- 60%	+ 200%	+ 200%	=
Azoto Ammoniacale	- 60%	+ 300%	+ 200%	=
Fosforo Organico	- 62%	- 10%	=	=
Fosforo Assimilabile	+ 37%	+ 7%	=	=
Idrorepellenza	No	No	Si	No

Tab. 1 - Effetti prodotti dal passaggio di incendi sperimentali sui parametri chimico-fisici del suolo.

une dalle altre; quando l'acqua arriva allo strato idrorepellente l'infiltrazione viene rallentata o impedita e lo strato soprastante, già abbastanza incoerente, si satura rapidamente. Inizia così a causa della pendenza un flusso laterale interno che sommandosi allo scorrimento superficiale, non più rallentato dalla copertura vegetale, causerà in breve tempo lo scivolamento e l'asportazione dello strato di terreno superficiale. Questa ipotesi è stata largamente confermata dai risultati della erosione misurata a seguito dei nostri incendi sperimentali.

### L'erosione dopo l'incendio sperimentale

Nell'area degli esperimenti erano state ricavate parcelle rettangolari di m 4x17 con 27% di pendenza. Alcune di queste parcelle servivano per la raccolta di campioni di suolo e/o piante per le misure di laboratorio dopo i vari trattamenti e/o tipi di incendio, mentre altre, su cui venivano ripetuti gli stessi esperimenti, erano state attrezzate per la misura della erosione (Tab. 2).

Una di queste parcelle è rimasta ricoperta dalla vegetazione originaria, costituendo pertanto il testimone con cui confrontare tutte le varie misure. In questa parcella è stata misurata una erosione che su base annua ammonta a circa 31 Kg/ha.

In un'altra parcella invece era stata tagliata tutta la vegetazione ma lasciando inalterato il suolo. La erosione misurata in questa parcella è risultata tre volte più alta rispetto al testimone, ma solo per i primi tre mesi dopo il taglio della vegetazione; dopo tale periodo la quantità di terreno asportata è risultata quasi del tutto identica al testimone pur essendo i livelli di copertura vegetale e protezione del suolo ovviamente profondamente diversi.

Nella parcella percorsa dal "Fuoco leggero" che aveva sviluppato una temperatura massima alla superficie del suolo di 180°C, e quindi molto inferiore alla soglia di rischio, si è rilevata una erosione, in base annua, di 144 Kg/ha che è quindi circa cinque volte più alta rispetto alla parcella testimone e rispetto a quella in cui era stata tagliata la vegetazione, anche se il livello di ricopertura vegetale era abbastanza simile a quest'ultima.

Nella parcella percorsa dal "Fuoco forte" caratterizzato da una temperatura massima al suolo di 475°C, cioè dell'ordine della soglia di rischio, si è misurata una erosione, in base annua, di 1472 Kg/ha cioè circa cinquanta volte superiore a quella della parcella testimone e a quella in cui era stata tagliata la vegetazione, anche se la copertura vegetale era, nel frattempo, ricresciuta al livello di quest'ultima.

Tempo	Pioggia mm	Testimone	Vegetazione Tagliata	Fuoco Leggero	Fuoco Forte
1° Trimestre	87	1.0	3.0	20.0	443.0
2° Trimestre	180	1.5	1.5	2.5	86.0
3° Trimestre	190	1.5	1.5	63.5	447.0
4° Trimestre	562	27.0	28.0	58.0	496.0
<b>Annuale</b>	<b>1019</b>	<b>31.0</b>	<b>34.0</b>	<b>144.0</b>	<b>1472.0</b>

Tab. 2 - Erosione nelle parcelle sperimentali (Kg/ha).

## Conclusioni

I risultati ottenuti con la esecuzione degli incendi sperimentali dimostrano la validità della ipotesi di "Soglia di rischio a circa 500°C" che avevamo avanzato alla fine della serie di esperimenti in laboratorio, per cui solo incendi che sviluppano al suolo una temperatura di quel livello possono indurre situazioni di rischio per rilevanti erosioni, mentre ciò non accade con incendi che sviluppano temperature inferiori a tale soglia.

Essi inoltre dimostrano chiaramente che nei terreni percorsi da incendi la erosione dipende solo marginalmente dalla copertura vegetale mentre è dovuta principalmente alle trasformazioni chimico-fisiche subite dal suolo e che tali trasformazioni sono più pronunciate e più determinanti quanto più alta è l'intensità dell'incendio.

Da queste conclusioni può discendere anche una ipotesi di intervento per ridurre la disastrosità di un incendio che coinciderà con tutti quegli interventi tendenti a ridurre la intensità di futuri e probabili incendi. Tale riduzione può essere ottenuta riducendo la lettiera ed il combustibile morto alla superficie del suolo sia attraverso una accurata opera di pulizia e disboscamento manuale sia attraverso la esecuzione di "incendi prescritti" che condotti in condizione controllata non sviluppano intensità tali da indurre pericoli di erosione e/o degrado del suolo.

## Bibliografia

- Bentley, J.R. and Fenner, R.L. 1958. Soil temperatures during burning related to postfire seedbeds on woodland range. *J. For.* 56, 737-774.
- Betremieux, R., Le Borgne, E. and Monnier, G. 1960. Evolution de certaines propriétés du sol sous l'influence du chauffage. *C.R. Acad. Sci. Paris* 251, 2753-2755.
- Biederbeek, U.O., Campbell, C.A., Bowren, K.E., Schnitzer, M. and McIver, R.N. 1980. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 103-111.
- Coles, H.G. and Morrison, C.G.T. 1930. Dehydration and soil acidity. *Soil Sci.* 29, 59-70.
- Cook, L. 1939. A contribution to our information on grass burning *South African Journal of Science* 36, 270-282.
- Daubenmire, R. 1968. The ecology of fire in grasslands. *Adv. Ecol. Res.* 5, 209-266.
- De Bano L.F. and Krammes, J.S. 1966. Water repellent soils and their relation to wild fire temperature. *Int. Assoc. Sci. Hydrol. Bull.* 2, 14-19.
- De Bano L.F., Mann L.D. and Hamilton D.A. 1970. Translocation of hydrophobic substances into soil by burning organic litter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34, 130-133.
- De Bano L.F., Rice M.R. and Conrad C.E. 1979. Soil heating in chaparral fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion and runoff. Res. Paper PSW 145. U.S.D.A. Forest Serv. Berkeley.
- De Bano L.F. 1981. Water repellent soils: a state of the art. Gen. Tech. Rep. PSW 46. U.S.D.A. Forest Serv. Berkeley.
- De Vries, D.A. 1966. Thermal properties of soils. Ch. 7. In: *Physics of Plant Environment*. 2nd edn. (W.R. van Wijk Ed.). North-Holland Publishing Co., Amsterdam.
- Floyd, A.G. 1966. Effect of fire upon weed seeds in the wet sclerophyll forests of northern N.S.W. *Aust. J. Bot.* 14, 243-247.
- Giovannini, G., and Sequi, P. 1976a. Iron and aluminum as cementing substances of soil aggregates. I. Acetylacetone in benzene as an extractant of fractions of soil iron and aluminum. *J. Soil Sci.* 27, 140-147.
- Giovannini, G., and Sequi, P. 1976b. Iron and aluminum as cementing substances of soil aggregates. II. Changes in stability of soil aggregates following extraction of iron

- and aluminum by acetylacetone in a non polar solvent. *J. Soil Sci.* 27, 148-153.
- Giovannini, G. and Lucchesi, S. 1983. Effect of fire on hydrophobic and cementing substances of soil aggregates. *Soil Sci.* 136, 231-236.
- Giovannini, G. and Lucchesi, S. 1984. DTA and IR investigations on soil hydrophobic substances. *Soil Sci.* 137, 457-463.
- Giovannini, G., Giachetti, M. and Lucchesi, S., 1987a. The measurement of zeta potential in concentrated suspension of clayey soil. *Agrochimica* 31, 152-159.
- Giovannini, G., Lucchesi, S., and Giachetti, M. 1987b. The natural evolution of a burned soil: a three-year investigation. *Soil Sci.* 143, 220-226.
- Giovannini, G., Lucchesi, S., and Giachetti, M. 1988. Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Sci.* 146, 255-262.
- Humphreys, F.R. and Lambert, M.J. 1965. Soil temperature profiles under slash and log fires of various intensities. *Aust. For. Res.* 1, 23-29.
- Kang, B.T. and Saiipongse, A. 1980. Effect of heating on properties of some soil from southern Nigeria and growth of rice. *Plant and Soil* 55, 85-95.
- Kitur, B.K. and Frye, W.W. 1983. Effects of heating on soil chemical properties and growth and nutrient composition of corn and millet. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 91-94.
- Lewis, W.M. 1974. Effects of fire on nutrient movement in a South Carolina pine forest. *Ecology* 55, 1120-1127.
- Middleton, H.E. 1930. Properties of soils which influence soil erosion. *Tech. Bull.* 178, U.S.D.A.
- Masson, H. 1948. La temperature du sol au cours d'un feu de brousse au Senegal. *Agr. Trop. Nogent* 3, 194-212.
- Nishita, H., Haug, R.M., Hamialton, M. and Alexander, G.V. 1970. Influence of soil heating on the growth and elemental composition of bean plants. *Soil Sci.* 110, 61-70.
- Nishita, H. and Haug, R.M. 1972. Some physical and chemical characteristics of heated soils. *Soil Sci.* 113, 422-430.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Wataamabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. *Circ.* 939. U.S.D.A.
- Peech, M.A., Alexander, L.T., Dean, L.A. and Reed, J.F. 1947. Methods of soil analysis for soil-fertility investigations. *Circ.* 757. U.S.D.A.
- Rose, C.W. 1966. The physical environment of agriculture. In: *Agricultural Physics*. Pergamon Press, London.
- Rasmussen, P.E., Rickman, R.W. and Douglas, C.L. 1986. Air and soil temperatures during spring burning of standing wheat stubble. *Agron. J.* 78, 261-263.
- Scholl, D.G. 1971. Soil wettability in Utah Juniper stands. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35, 344-345.
- Scholl, D.G. 1975. Soil wettability and fire in Arizona chaparral. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39, 356-361.
- Sertsu, S.M. and Sanchez, P.A. 1978. Effects of heatin on some changes in soil properties in relation to Ethiopian land management practice. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 940-944.
- Sivara Jasingham, S., Alexander, L.T., Cady, J.G. and Cline, M.G. 1962. Laterite. *Advances in Agronomy* 14, 1-56.
- Viro, P.J. 1974. Effects of forest fire on soil. In: *Fire and Ecosystems*. T.T. Kozlowski and C. E. Ahlgren (Eds.). Academic Press (Chapter 2).
- Wells W.G. 1981. Some effects of brushfire on erosion processes in coastal Southern California. I.A.H.S. Publ. 132. Christchurch.

# CONSUMO DEL SUOLO E MODIFICAZIONI INDOTTE DALL'URBANIZZAZIONE NELLA FASCIA COSTIERA ORIENTALE DI PALERMO

**S. Raimondi, C. Dazzi, G. Fierotti, Istituto di Agronomia Generale  
e Coltivazioni Erbacee, Università di Palermo**

## Riassunto

Si riferisce su di una indagine volta a definire il consumo di suolo nell'area costiera settentrionale della Sicilia compresa fra capo Zafferano e capo Plaia, estesa 5689.0 ettari. Nel 1955, anno di riferimento, 388.2 ettari, pari al 6,82 %, erano già soggetti ad urbanizzazione. Nel 1983 tale percentuale era già passata al 17,51% (996.0 ettari) e nel 1994 al 38,49 % (2189.7).

Con riferimento a questi dati è stata stimata la perdita di suolo relativa ad ogni tipo pedologico. Nell'ordine le unità pedo-cartografiche maggiormente urbanizzate sono risultate: Typic e Vertic Xerofluvents; Typic e Lithic Rhodoxeralfs - Typic Haploxeralfs; Typic Haploxeralfs - Arents poi seguono le altre. E' stata elaborata anche la "Carta dell'Intensità di Urbanizzazione" e valutato l'indice di Potenzialità Agronomica del territorio.

## Premessa

La degradazione del suolo è un processo che "una volta iniziato difficilmente si arresta, anzi sovente continua fino a raggiungere livelli oltre i quali vi è solo la totale e definitiva scomparsa del suolo" (Fierotti, 1988). E' un concetto molto vasto che comprende, oltre all'erosione, all'inquinamento e alla salinizzazione, anche la sottrazione di suoli dovuta all'attività edilizia.

In questi ultimi decenni il notevole sviluppo urbanistico verificatosi in tutto il mondo ha spinto alcuni studiosi italiani ad occuparsi dei suoi effetti sui suoli e sulla loro conservazione (Dugoni et al., 1980; Saltini, 1981; Aru et al., 1983; Grillenzoni, 1983; Raimondi, 1995).

Per l'Italia, stime provenienti da diverse fonti, indicano che mediamente nel trentunennio 1950-1980 per varie cause, prima fra tutte il fenomeno dell'urbanizzazione si è avuta una perdita netta di circa 1.000.000 di ettari. Tenuto conto che è proprio la pianura quella che subisce di più il fenomeno, si intuisce immediatamente la vastità, complessità e pericolosità del problema per il nostro sistema agrario ed economico, ulteriormente aggravato dal fatto che per ogni ettaro di terreno urbanizzato, si calcola che almeno un altro e talvolta due limitrofi sono sottratti all'agricoltura attiva (Fierotti, 1984).

In Sicilia il fenomeno dell'urbanizzazione ha interessato in particolare le aree costiere e dell'immediato retroterra ove i suoli, sia per alcuni aspetti morfologici, sia per gli aspetti climatici, come pure per le intrinseche caratteristiche pedologiche, rappresentano una risorsa importante per l'agricoltura.

Nell'ambito di questa problematica si inserisce il presente lavoro che riporta i risultati di una analisi volta ad evidenziare e quantificare in termini sia di superficie che di Potenzialità Agronomica, le perdite di suolo verificatesi nel periodo 1955-1994 in un'area

costiera della Sicilia.

### L'Ambiente

L'area di studio comprende la zona costiera settentrionale siciliana che si estende da Capo Zafferano a Capo Plaia, interamente compresa entro i limiti amministrativi della Provincia di Palermo. Risulta estesa 5.689 ettari e interessa: il comune di S. Flavia e le sue frazioni di Porticello, S. Elia e Solunto; il comune di Altavilla; il comune di Trabia con la sua frazione S. Nicola l'Arena; il comune di Termini Imerese e il comune di Campofelice di Roccella.

Presenta un clima da subumido a subarido (Tab. 1; Raimondi, 1991, 1993), e mostra ampie superfici pianeggianti in prossimità di Altavilla Milicia, e tra S. Nicola l'Arena e Trabia, la vasta piana di Buonfornello e i fondivalle dei fiumi Milicia, S. Michele, S. Leonardo, Torto, Imera settentrionale o Grande, e Roccella. Questi, in prossimità del mare, spesso si aprono a delta, costituendo aree più o meno ampie da tempo acquisite all'agricoltura.

I fianchi della valle del Fiume Torto si presentano lievemente ondulati con lunghi pendii degradanti verso il letto del fiume. Gli altri torrenti presentano, invece, i fianchi molto ripidi e con pendenze elevate. L'agricoltura vi è comunque praticata grazie a sistemazioni quali terrazzamenti e ciglionamenti.

Le zone più interne della costa, tra Trabia e Termini Imerese e del tavolato a ridosso della Piana di Buonfornello, presentano rispettivamente una morfologia tipicamente montana e collinare, con forme aspre e dolci, spesso smorzate da tratti piani relativamente estesi.

In coincidenza con le aree colluviali formatesi ai piedi dei rilievi montuosi, si riscontrano

Mesi	Palermo (Ist. Castelnuovo)			Cefalù (PA)		
	54 m s.l.m. (periodo 1951-1983)			30 m s.l.m. (periodo 1951-1982)		
	P (mm)	T (°C)	Clima *	P (mm)	T (°C)	Clima*
Settembre	43	22.5		52	24.3	
Ottobre	94	18.6		100	20.7	
Novembre	90	14.8		95	17.0	
Dicembre	92	12.0		84	14.0	
Gennaio	99	10.5		98	12.3	
Febbraio	83	10.8		80	12.8	
Marzo	68	12.2		69	13.8	
Aprile	63	14.3		55	15.8	
Maggio	21	18.1		30	18.8	
Giugno	10	22.0		12	23.2	
Luglio	3	24.4		8	25.9	
Agosto	18	24.7		21	26.5	
<b>MEDIA</b>	<b>684</b>	<b>17.1</b>	<b>C1B3's2a'</b>	<b>704</b>	<b>18.8</b>	<b>C1B3'sa'</b>

\* Classificazione secondo Thornthwaite (ST=100 mm): C1 clima da subumido a subarido; B3' Terzo Mesotermico; s moderata eccedenza idrica in inverno; s2 forte eccedenza idrica in inverno; a' concentrazione estiva dell'efficienza termica < 45%.

Tab. 1. Precipitazioni, temperature e classificazione climatica per le stazioni considerate.

aree sistemate a terrazze, sede di una interessante agrumicoltura.

La maggior parte del territorio è gestito in irriguo.

Dal punto di vista litologico l'area compresa fra capo Zafferano e Termini Imerese, è caratterizzata da numerosi affioramenti di rocce carbonatiche mesozoiche, da terrazzi di età quaternaria di natura detritico organogena (calcareniti), da depositi sabbiosi pliocenici e da formazioni argillose ed arenacee del Flysch Numidico del Miocene inferiore. Lungo le valli fluviali sono presenti i depositi alluvionali. Da Termini Imerese a capo Plaia invece prevalgono depositi detritici di origine alluvionale (piana di Buonfornello, di Campofelice di Roccella, di Lascari) e marina, che ricoprono formazioni di età Miocenica e Pliocenica, affioranti lungo i pendii più scoscesi. In alcune aree emergono le argille del Miocene inferiore, spesso interessate da frane.

I suoli (Tab. 2 e 3) afferiscono agli Ordini degli Entisuoli, degli Inceptisuoli e degli Alfisuoli. Nell'Ordine degli Entisuoli ricadono suoli poco evoluti e a bassa potenzialità agronomica (Typic e Lithic Xerorthents) e suoli a potenzialità elevata o buona (Typic e Vertic Xerofluvents). Gli Inceptisuoli sono invece suoli ad evoluzione pedologica più avanzata rispetto agli Entisuoli e con caratteristiche fisico-chimiche che ne determinano una buona potenzialità (Calcixerollic e Vertic Xerochrepts).

Gli Alfisuoli infine presentano una potenzialità agronomica generalmente bassa in asciutto ma che si esalta con l'ausilio dell'irrigazione (Typic e Lithic Rhodoxeralfs - Typic Haploxeralfs). In questi suoli l'uso prevalente è l'agrumeto (in cui domina il limone), seguito dal frutteto (nespolo, pero, susino, albicocco e mandorlo), dall'oliveto e dall'orto (orti suburbani e colture ortive di pieno campo). Nell'ambito di quest'area insiste la superficie colturale più importante dell'isola di nespole del Giappone (Nespolone di Trabia) e di carciofo (Violetto Spinoso).

## Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto mediante interpretazione delle riprese aeree in bianco e nero, a scala 1:10.000, effettuate nel 1955 e nel 1983. Sono stati individuati e delimitati i centri urbani, le costruzioni rurali, la viabilità principale, la rete idrografica e le spiagge. Nel 1994, attraverso una serie di sopralluoghi è stata aggiornata la superficie sottratta all'attività agricola. Il confronto delle cartografie realizzate ha consentito di mettere in evidenza l'entità, in termini di superficie, della perdita di suolo nell'arco di tempo esaminato, sia come incremento di area sottratta, sia come numero indice \* (ponendo pari a 100 i valori riferiti al 1995). Per quantizzare il danno agronomico prodotto dal cambiamento di destinazione delle superfici, le cartografie relative al 1983 e al 1994 sono state sovrapposte alla Carta dei Suoli.\*\*

Ciò ha consentito di:

- valutare la distribuzione dell'intera area sottratta per urbanizzazione nelle diverse unità pedo-cartografiche (Tab. 5);
- valutare in termini di incremento, la perdita di suolo subita da ogni unità dal 1983 al 1994, ponendo pari a 100 i valori percentuali riferiti al 1983 (Tab.5).

\* Il Numero Indice (N.I.) è uno strumento statistico che consente di misurare le variazioni di intensità di un fenomeno rispetto all'intensità che lo stesso aveva nel periodo assunto come base.

\*\* La Carta dei Suoli a scala 1:25.000 è frutto di un rilevamento pedologico semidettagliato realizzato alla fine degli anni '70. Durante i sopralluoghi in campagna nel 1994 sono state ricontrollate le unità cartografiche e riclassificati i suoli secondo il sistema U.S.D.A. (Soil Survey Staff, 1992).

Caratteristica	Xerorthents		Xerofluvents		Rhodoxeralfs			Haploxeralfs	Arents	Xerochrepts	
	Lithic	Typic	Typic	Vertic	Typic	Lithic	Typic	Typic		Vertic	Calcixerollic
<i>Morfologia</i>	Montana	Collinare	Valliva o litora.	Valliva o litora.	Montana	Pianeg-giante	Pianeg-giante	Pianeggiante	Terrazze	Collinare	Collinare
<i>Substrato</i>	Calcari	Argille	Depos. alluvio.	Depos. alluvio.	Calcari	Calcareniti	Calcareniti	Calcareniti	Calcare e calcaren.	Argille	Calcare
<i>Profilo</i>	A-R	A-C	Ap-C	Ap-C	A-Bt-C	Ap-Bt-C	Ap-Bt-C	Ap-Bt-C	Ap-C	Ap-Bw-C	A-Bw-Ck
<i>Profondità (cm)</i>	< 10	20-50	> 90	> 90	> 50	< 50	50 - 70 e più	50 - 70 e più	40 - 70	> 60	> 60
<i>Colore</i>	10YR 2/2	2,5Y 4/4	2,5Y 6/2	2,5Y 4/2	2,5YR 3/6	2,5YR 3/6	2,5YR 3/6	7,5YR 3/2	Variabile	2,5Y 4/2	10YR 3/3
<i>Scheletro</i>	Abbondante	Scarso	Scarso, abbon.	Ass., comune	Abbondante	Ass., abbon.	Ass., abbon.	Ass., abbon.	Ass., abbon.	Scarso, abbo.	Com., abbo.
<i>Tessitura</i>	F.A.S.	Argillosa	S., F.S.A.	F.S.A., A.	A.	F.A.S., A.	F.A.S., A.	F.A.S., A.	F.A.S., A.	F.A., A.	F.A.S.
<i>Carbonati</i>	Medii o Percal.	Medii	Medii o Percal.	Medii o Percal.	Acal. o ipocal.	Acal. o calc.	Acal. o calc.	Ipoc., calcarei	Acalcarei, calcarei.	Medii, abbon.	Abbondanti
<i>Reazione</i>	Subalcalina	Subalcalina	Subalcalina	Subalcalina	Subac., neutri	Subac., subalc.	Subalcalina	Subalcalina	Subalcalina	Subalcalina	Subalcalina
<i>Uso del suolo</i>	Pascolo	Pascolo	Orto, Arboreto	Orto, Arboreto	Pascolo	Arboreto	Arboreto	Arboreto	Arboreto	Seminativo	Oliv., Arbor.
<i>Classe d'Irrigab.</i>	6 <sup>^</sup>	6 <sup>^</sup>	1 <sup>^</sup>	1 <sup>^</sup>	6 <sup>^</sup>	2 <sup>^</sup>	1 <sup>^</sup>	1 <sup>^</sup>	4 <sup>^</sup>	2 <sup>^</sup> e 3 <sup>^</sup>	2 <sup>^</sup> e 3 <sup>^</sup>

Arboreto = Agrumeto (limone) e frutteto (nespolo del Giappone, pero, susino, albicocco e mandarlo).

Tab. 2. Caratteristiche dei suoli presenti nel territorio investigato.



Unità Cartografica	Classificazione	Composizione (%)	Superficie (ha)	Incidenza (%)
A	Rock outcrop - Lithic Xerorthents	70-30	166.1	2,9
B	Lithic Xerorthents	100	130.7	2,3
C	Typic Xerorthents	100	33.0	0,6
D	Typic e Vertic Xerofluents	60-40	2473.6	43,5
E	Typic Rhodoxeralfs-Lithic Xerorthents-Rock outcrop	35-35-30	205.5	3,6
F	Typic e Lithic Rhodoxeralfs, Typic Haploxeralfs	30-30-40	717.2	12,6
G	Typic e Lithic Rhodoxeralfs-Arents	35-35-30	176.1	3,1
H	Typic Haploxeralfs	100	414.8	7,3
I	Typic Haploxeralfs-Arents	70-30	471.1	8,3
L	Calcixerollic Xerochrepts-Typic Xerorthents	70-30	95.6	1,7
M	Vertic Xerochrepts (pianeggianti)	100	217.9	3,8
N	Vertic Xerochrepts (morfologia ondulata)	100	138.4	2,4
O	Vertic Xerochrepts-Arents	70-30	147.7	2,6
P	Vertic Xerochrepts-Arents (scheletro abbondante)	60-40	18.3	0,3
----- Altro (spiaggia, centri urbani, ecc.)		100	283.0	5,0
<b>TOTALE</b>			<b>5689.0</b>	<b>100,0</b>

Tab. 3. Estensione ed incidenza percentuale delle diverse unità cartografiche pedologiche individuate.

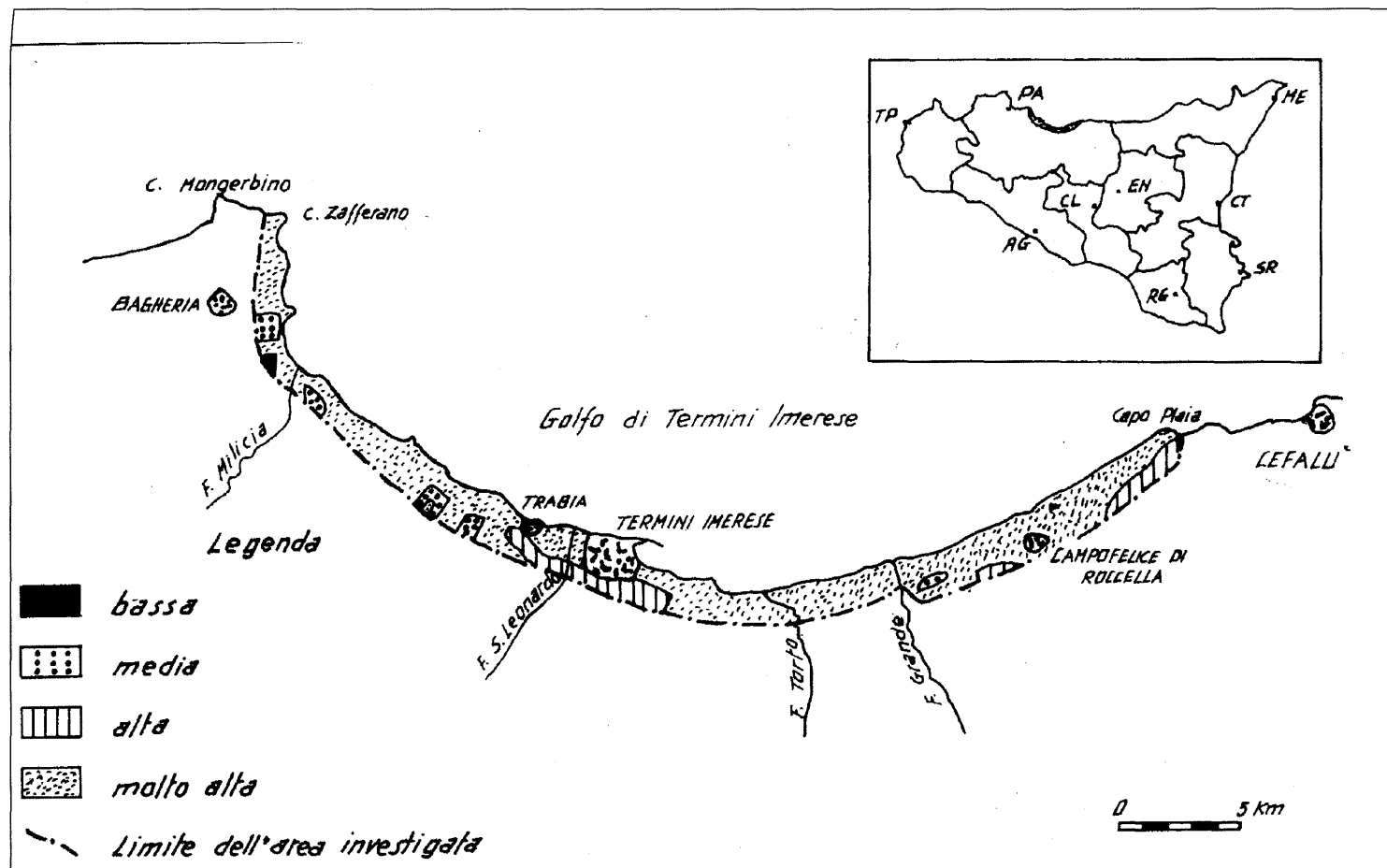


Fig. 1. - Carta della intensità di urbanizzazione

Inoltre, al fine di evidenziare la distribuzione spaziale dell'intensità del fenomeno nel 1994, è stata elaborata la "Carta della Intensità di Urbanizzazione", utilizzando una base cartografica al 250.000 (Tab. 6 e Fig. 1).

Infine, per quantificare la diminuita capacità produttiva di ogni unità pedo-cartografica e di tutto il comprensorio nel suo complesso, è stato determinato l'indice di Potenzialità Agronomica (Ronchetti, 1966; Fierotti et al., 1989), sia con i dati del 1983 che con i dati del 1994 (Tab. 7).

## Risultati

Dall'esame della Tab. 4 si evince che sempre nel 1955, la superficie urbanizzata complessivamente (centri abitati, viabilità e fabbricati rurali) occupava 388.2 ettari ed incideva per il 6,82% sulla superficie totale. Nel 1983 raggiungeva i 996.0 ettari, pari ad una incidenza del 17,51% e nel 1994 i 2189.7 ettari, pari al 38,49% della superficie totale. Nell'intervallo di tempo 1955-1983 la superficie utilizzata per usi extra-agricoli è aumentata di 607.8 ettari pari ad un incremento del 10,69%, mentre nell'intervallo 1983-1994 l'incremento registrato è stato di ben 1193.7 ettari, pari al 20,98% della superficie totale. Assumendo come base l'area urbanizzata nel 1955, i numeri indici relativi al 1983 ed al 1994 risultano rispettivamente pari a 257 e a 564.

Nella Tab. 5 si riporta la perdita di suolo distribuita nelle unità pedo-cartografiche. Da essa scaturisce che nel 1983 i suoli maggiormente interessati risultavano gli Xerofluvents (unità D) con 399.0 ettari, 7,01% dell'area totale; seguiti dai Typic Haploxeralfs - Arens (unità I) con 122.0 ettari (2,14%) e dai Typic Haploxeralfs (unità H) con 80.0 ettari (1,41%).

Nel 1994 gli Xerofluvents (unità D) sottratti all'attività agricola ammontavano a 979.0 ettari, 17,21% dell'area totale; a questi seguono i Rhodoxeralfs - Haploxeralfs (unità F) con 338.0 ettari, (5,94%); quindi i Typic Haploxeralfs - Arens (unità I) con 161.0 ettari, (2,83%). Piccole superfici sono distribuite nelle altre unità cartografiche.

L'elaborazione dei numeri indici (N.I.) a partire dai dati percentuali di urbanizzazione riferiti al 1983 (Tab. 5) mostra che nel 1994 l'unità N ha subito la maggiore sottrazione di area (N.I. 1033). A questa seguono l'unità G (Rhodoxeralfs-Arens) con N.I. pari a 567 e la unità A (Rock outcrop-Lithic Xerorthents) con N.I. pari a 509. Seguono via via le altre unità con N.I. decrescenti.

L'analisi della incidenza percentuale di urbanizzazione per unità cartografica riferita al 1994 (Tab. 5), mette in evidenza valori pari al 48,27% per l'unità G (Rhodoxeralfs-Arens), del 47,13% per l'unità F (Rhodoxeralfs-Haploxeralfs), del 45,43% per l'unità M (Vertic Xerochrepts), del 39,58% per l'unità D (Xerofluvents) e del 37,47% per l'unità E (Rhodoxeralfs-Xerorthents-Rock outcrop). Seguono le altre unità con valori decrescenti fino al valore più basso (3,83%), relativo all'unità P (Vertic Xerochrepts - Arens con scheletro abbondante).

La valutazione della intensità di urbanizzazione secondo le classi riportate nella Tab. 6 (Fig. 2), evidenzia come la maggior parte del territorio rientri nella classe di intensità di urbanizzazione molto alta (>30%) con 5124.3 ettari (90,1%). Seguono la classe di intensità di urbanizzazione alta (15-30%), con una superficie di 364.7 ettari (6,4%) e quindi le classi di intensità di urbanizzazione media (5-15%), con 181.7 ettari (3,2%) e bassa (<5%) con 18.3 ettari (0,3%).

Infine la Tab. 7 mette in evidenza l'evoluzione dell'indice di Potenzialità Agronomica delle unità pedo-cartografiche e del territorio (come media ponderata) nel periodo 1983-1994. Da essa si rileva che le unità D (Xerofluvents) ed F (Rhodoxeralfs-Haploxeralfs) sono quelle che hanno subito la maggiore diminuzione della capacità produttiva (dalla 1<sup>a</sup> alla 3<sup>a</sup> classe di Potenzialità). Le minori variazioni si sono avute nell'unità P (Vertic

Ripartizione Superficie	1955		1983		1994		Incremento, ha		Incremento %		Numero indice	
	ha	%	ha	%	ha	%	1955-83	1983-94	1955-83	1983-94	1983	1994
Urbanizzata	388.2	6,82	996.0	17,51	2189.07	38,49	607.8	1193.7	10,69	20,98	257	564
Agricola	5300.8	93,18	4693.0	82,49	3499.3	61,51						
TOTALE	5689.0	100,0	5689.0	100,0	5689,0	100,0						

Tab. 4. Perdita di suolo nei tre momenti considerati e loro numeri indici (superficie in ettari nel 1955 = 100).

Unita' Cartografica	1983		1994		% Urbaniz./ U.C. nel 1983	Numero Indice	% Urbaniz./ U.C. nel 1994
	ha	%	ha	%			
A	11.0	0,19	56.0	0,98	6,62	509	33,71
B	14.3	0,25	33.0	0,58	10,94	231	25,25
C	2.0	0,04	4.0	0,07	6,06	200	12,12
D	399.0	7,01	979.0	17,21	16,13	245	39,58
E	33.0	0,58	77.0	1,35	16,06	233	37,47
F	74.0	1,30	338.0	5,94	10,32	457	47,13
G	15.0	0,26	85.0	1,49	8,52	567	48,27
H	80.0	1,41	128.0	2,25	19,29	160	30,86
I	122.0	2,14	161.0	2,83	25,90	132	34,18
L	6.0	0,11	22.0	0,39	6,28	367	23,01
M	65.0	1,14	99.0	1,74	29,83	152	45,43
N	3.0	0,05	31.0	0,54	2,17	1033	22,40
O	6.0	0,11	11.0	0,19	4,06	183	7,45
P	0.7	0,01	0.7	0,01	3,83	100	3,83
Q	0.0	0,00	0.0	0,00	0,00	0	0,00
R	0.0	0,00	0.0	0,00	0,00	0	0,00
Totale	831.0	14,61	2024.7	35,57	14,61	244	35,59

Tab. 5. Ripartizione della perdita di suolo nelle unità pedo-cartografiche e loro numero indice (% di Urbanizzazione/U.C. nel 1983=100).

Classe di urbanizzazione	Intensità di Urbanizzazione (%)	Valutazione	Estensione ha	Incidenza %
I	< 5	Bassa	18.3	0,3
II	5 - 15	Media	181.7	3,2
III	15 - 30	Alta	364.7	6,4
IV	> 30	Molto alta	5124.3	90,1
Totale			5689.0	100,0

Tab.6. Estensione ed incidenza percentuale delle classi d'intensità di urbanizzazione.

Unità Cartografica	IP°	IP al 1955			IP al 1983			IP al 1994		
		Parziale	Totale	C°°	A°°°	Totale	C	A	Totale	C
A. Rock outcrop	0	0								
Lithic Xerorthents	14	4.2	4.2	6^	11.0	3.9	6^	56.0	2.8	6^
B. Lithic Xerorthents	14	14	14.0	5^	14.3	12.5	5^	33.0	10.5	5^
C. Typic Xerorthents	14	14	14.0	5^	2.0	13.2	5^	4.0	12.3	5^
D. Typic Xerofluvents	90	54								
Vertic Xerofluvents	80	32	86.0	1^	399.0	72.1	1^	979.0	52.0	3^
E. Typic Rhodoxeralfs	80	28								
Lithic Xerorthents	14	4.9								
Rock outcrop	0	0	32.9	4^	33.0	27.6	4^	77.0	20.6	5^
F. Typic Rhodoxeralfs	90	27								
Lithic Rhodoxeralfs	60	18								
Typic Haploxeralfs	90	36	81.0	1^	74.0	72.6	1^	338.0	44.5	3^
G. Typic Rhodoxeralfs	90	31.5								
Lithic Rhodoxeralfs	60	21								
Arents	60	18	70.5	2^	15.0	64.5	2^	85.0	36.5	3^
H. Typic Haploxeralfs	90	90	90.0	1^	80.0	72.6	1^	128.0	62.2	2^
I. Typic Haploxeralfs	90	63								
Arents	60	18	81.0	1^	122.0	60.0	2^	161.0	53.3	2^
L. Calcixe. Xerochrepts	60	42								
Typic Xerorthents	14	4.2	46.2	3^	6.0	43.3	3^	22.0	35.6	3^
M. Vertic Xerochrepts	60	60	60.0	2^	65.0	42.1	3^	99.0	32.7	4^
N. Vertic Xerochrepts	45	45	45.0	3^	3.0	44.0	3^	31.0	34.9	4^
O. Vertic Xerochrepts	45	31.5								
Arents	45	13.5	45.0	3^	6.0	43.2	3^	11.0	41.6	3^
P. Vertic Xerochrepts	40	24								
Arents	40	16	40.0	3^	0.7	38.5	3^	0.7	38.5	3^
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Q. Spiaggia	0	0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
R. Centri abitati	0	0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
<b>TERRITORIO</b>			<b>70.2</b>	<b>2^</b>		<b>58.9</b>	<b>2^</b>		<b>43.3</b>	<b>3^</b>

IP°= Indice di Potenzialità Agronomica (%).  
A°°°=Area urbanizzata (ha)  
C°°= Classe di Potenzialità Agronomica.

Tab. 7. Indice di Potenzialità Agronomica delle unità pedo-cartografiche e del territorio.

Xerochrepts-Arents con scheletro abbondante) (3<sup>a</sup> classe di Potenzialità Agronomica) e nell'unità A (Rock outcrop-Lithic Xerorthents) (6<sup>a</sup> classe di Potenzialità). La stessa valutazione riferita come media ponderata all'intero territorio fa rilevare una netta diminuzione della sua capacità produttiva. Si passa infatti da un indice pari a 70,2% nel 1955 ad un indice del 58,9% nel 1983 ad un indice del 43,3% nel 1994.

### Conclusioni

L'indagine svolta ha messo in evidenza come nell'area in esame e nel periodo considerato vi sia stata una notevole urbanizzazione, in conseguenza soprattutto dello sviluppo dell'edilizia privata e industriale.

Infatti, fino al 1955 il processo di sottrazione dei suoli per urbanizzazione era imputabile prevalentemente allo sviluppo dei centri urbani e delle infrastrutture viarie al servizio dell'attività agricola. Dal 1955 al 1983, il fattore più importante è stato lo sviluppo industriale che ha interessato i suoli migliori (Xerofluvents) e, nel periodo 1983-1994 l'abnorme sviluppo dell'edilizia abitativa stagionale che ha interessato anche le superfici a potenzialità agronomica nulla o quasi. Ciò ha comportato una diminuzione della capacità produttiva dei suoli del comprensorio che complessivamente considerato dalla 2<sup>a</sup> classe di Potenzialità Agronomica è passato nella 3<sup>a</sup> classe. In modo visivo è quanto emerge nella "Carta della Intensità di Urbanizzazione" che, sia pure a media scala (1:250.000), consente di cogliere il fenomeno in tutta la sua gravità. Risulta infatti che ben il 90,1% del territorio e cioè 5124.3 ettari su 5689.0 presenta una intensità di urbanizzazione molto alta e ciò in conseguenza del notevole mutamento del paesaggio che da agricolo è diventato sempre più un paesaggio antropizzato con ripercussioni quasi sempre negative sulla qualità dell'intero ambiente.

### Bibliografia

- Aru A., Baldaccini P., Malquori A., Melis R. T., Vacca S.. 1983. Il consumo delle terre a causa della espansione urbana del territorio intorno a Cagliari. Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia Fisica, Cagliari.
- Amadesi E.. 1977. Fotointerpretazione e aerofotogrammetria. Pitagora editore, Bologna.
- Dugoni F., Rasio R.. 1980. Utilizzazione e consumo del suolo agrario nella provincia di Mantova. Genio Rurale n. 4.
- Fierotti G.. 1984. Moderne vedute sulla valutazione del territorio a fini agrari e forestali. Atti del convegno nazionale "Il suolo come risorsa". Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza.
- Fierotti G.. 1988. La degradazione del suolo: cause ed effetti. Accademia Economico-Agraria dei Georgofili. Vol. XXXIV - Serie settima, Firenze.
- Fierotti G., Dazzi C., Raimondi S.. 1989. La valutazione delle terre a fini agricoli: principi, metodi ed applicazioni. Quaderno di Agronomia n. 12, Palermo.
- Grillenzoni M.. 1983. Sulla valutazione delle risorse ambientali. Genio Rurale n.10.
- Isidoro R., Conte G., Ricci F. M.. 1981. Analisi e prospettive di sviluppo agricolo per un piano regolatore generale comunale. Genio Rurale n. 10.
- Nola L.. 1981. Tutela dello spazio agricolo: tre legislazioni a confronto. Genio Rurale n. 9.
- Raimondi S.. 1991. L'impiego dei dati termopluviometrici in pedologia: il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentennio 1921-1950. Atti del convegno "Agrometeorologia e Telerilevamento". Palermo 19-20 aprile.
- Raimondi S.. 1993. Il clima ed il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentaduenno

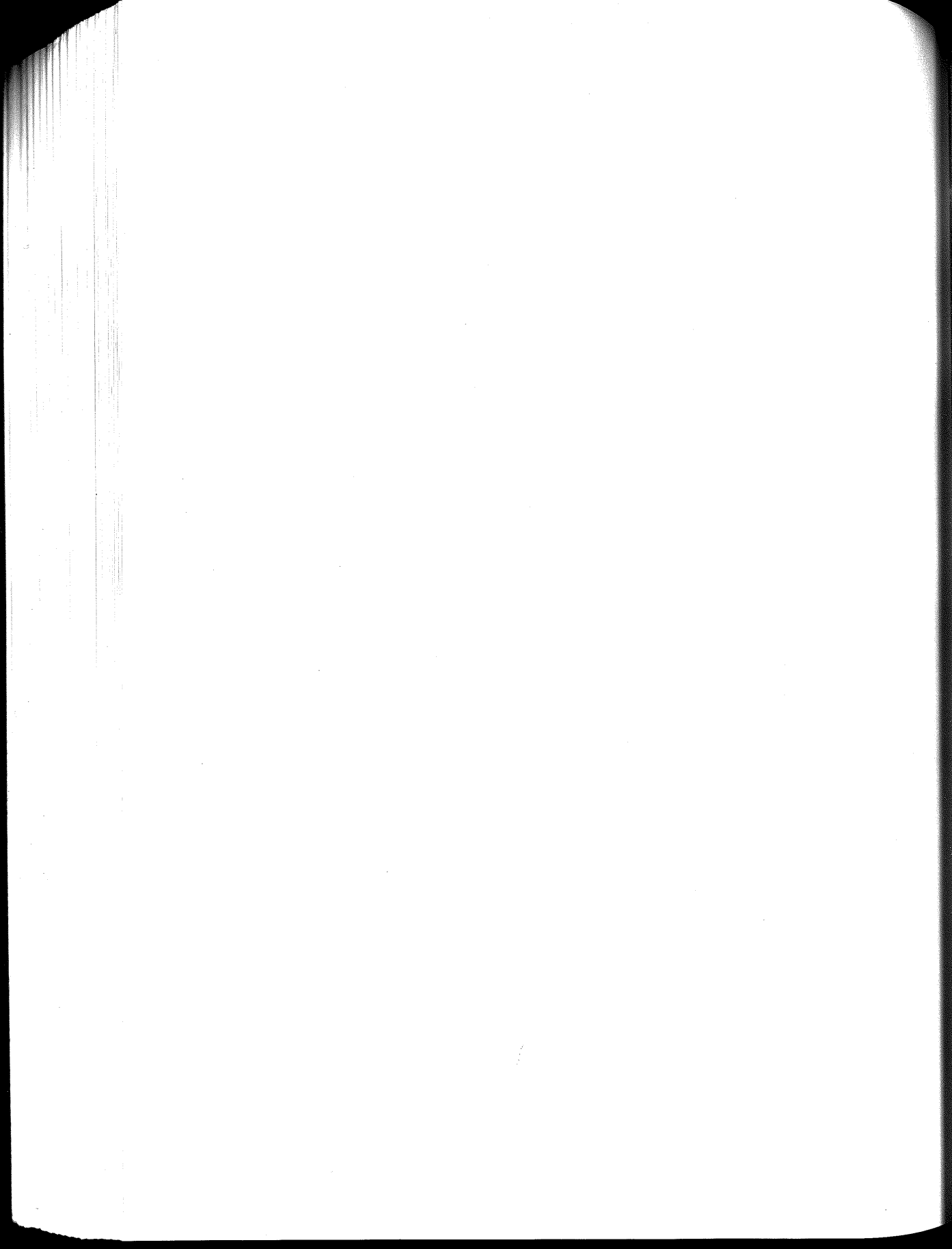
1951-1982. Quaderno di Agronomia n. 13. Palermo.

Raimondi S.. 1995. L'espansione urbanistica nel comune di Villabate (PA). Atti del convegno "Il ruolo della Pedologia nella Pianificazione e Gestione del Territorio. Cagliari 6-9 giugno 1995.

Ronchetti G.. 1966. - Sui criteri per determinare la potenzialità dei suoli. L'Italia Forestale e Montana n. 5.

Saltini A.. 1981. - Sviluppo economico e sottrazione di spazi agricoli. Genio Rurale n. 6.

Soil Survey Staff. 1992. Keys to Soil Taxonomy. U.S.D.A., quinta edizione.





# **L'INDAGINE PEDOLOGICA NEI PROBLEMI LEGATI ALL'EROSIONE DEL SUOLO. LO STUDIO DI UN CASO NEL BACINO TERZIARIO PIEMONTESE.**

**A. Giordano, Univ. degli Studi di Torino, Istituto di Idraulica Agraria**

**F. Cassi, E. Quaglino, E. Rusco, Timesis srl, San Giuliano Terme, Pisa**

**S. Ferrari, Univer. degli Studi di Torino - Istituto di Idraulica Agraria**

**C. Benone, C.S.I. Piemonte**

## **1. Riassunto**

A seguito degli eventi climatici eccezionali verificatisi in Piemonte nel novembre 1994, l'interesse scientifico-pratico si è andato concentrando sulle modalità di valutazione dei danni subiti dalle terre nelle pianure alluvionali e sulle cause del dissesto presente nella parte media ed alta dei bacini idrografici. Questi ultimi, impostati per lo più su formazioni geologiche tenere del Bacino Terziario Piemontese, sono maggiormente predisposti a fenomeni erosivi, anche profondi, che contribuiscono ad aumentare il trasporto solido nei corsi d'acqua, ad innalzare i letti fluviali e, di conseguenza, ad aggravare il rischio delle alluvioni.

La CEE, avendo riconosciuto nelle colline delle Langhe piemontesi condizioni di elevata pericolosità, ha incaricato un gruppo di lavoro composto dalla Soc. Hydrodata, dall'Università di Torino (Istituto di Idraulica Agraria), dall'Università di Atene, da CSI Piemonte, da JRC-IRSA Ispra, da GSC Parigi e da Gamma 4 Atene, per un progetto dal titolo: "Natural processes inducing slope instability and erosion in two geographic regions of the mediterranean basin in Italy and Greece. Study data processing, creation of an interactive data bank finalized to hazard mapping, and introduction imagery for large scale monitoring".

## **2. Introduzione e finalità**

All'interno dei gruppi collinari delle Langhe ci si è concentrati particolarmente sull'area campione di Somanò (Cn), affrontando il problema della previsione dei fenomeni di degradazione del suolo (movimento di massa ed erosione), attraverso l'analisi della geomorfologia, del clima, della pedologia e dell'uso delle terre. Affinché queste indagini siano tra loro coerenti, occorre che siano collegate in uno spazio geografico di cui si conoscano le diverse componenti (unità di terre). Queste, costituite dai principali fattori della pedogenesi, rappresentano per un verso la sintesi ambientale in cui si può avere la percezione diretta dei fenomeni di degrado, per un altro, i fattori analitici da esaminare sia isolatamente che in relazione tra loro, per l'identificazione delle cause predisponenti il degrado stesso. Una più completa risposta alla conoscenza del degrado del suolo deve essere però fornita a livello delle stazioni, che come è risaputo, rappresentano aree relativamente omogenee dal punto di vista vegetazionale e pedologico.

### 3. Descrizione dell'area di studio

L'area di studio (4800 ha) comprende l'alto corso del Torrente Rea, affluente di destra del fiume Tanaro, ben rappresentativo dei problemi legati all'erosione del suolo e all'instabilità dei versanti. Per una migliore comprensione del paesaggio si è operata una suddivisione del territorio individuando una serie di ambienti appartenenti alla Bassa Langa, caratterizzati da una più intensa attitudine vitivinicola, e paesaggi dell'Alta Langa in cui non vi è più un orientamento colturale prevalente.

Sotto il profilo climatico l'area si presenta relativamente omogenea, con una distribuzione delle precipitazioni di tipo equinoziale, in cui i massimi pluviometrici si registrano nel periodo autunnale (102-104 mm in novembre) e primaverile (97-98 mm in maggio) su una media annua di circa 750-800 mm. Per quanto riguarda le temperature, molto alte nel trimestre estivo, si segnalano i 24° (media) di luglio per la stazione di Somano e i 22° (media) registrati nello stesso periodo a Bossolasco e a Dogliani.

L'area è geomorfologicamente ancora molto attiva, ed il reticolo idrografico e la maggioranza delle forme ad esso connesse, quali la scarsa consistenza di depositi alluvionali recenti od attuali nei fondovalle, indicano che l'erosione, con conseguente approfondimento delle aste fluviali, rappresenta la fase evolutiva attuale.

L'elemento morfologico di maggior rilievo, che caratterizza il paesaggio della parte centro-settentrionale dell'area di indagine, è dato dalle formazioni a *cuestas* e cioè una forte disimmertia dei versanti che alterna ripetitivamente un versante in sinistra idrografica a franapoggio ("dorso"), il più delle volte coltivato, con morfologia dolcemente ondulata e pendenze generalmente pari o di poco superiori a quelle della stratificazione litologica, e un versante in destra idrografica a reggipoggio ("fronte"), molto più ripido e scosceso (Biancotti A., 1981 - Biancotti A., Franceschetti B., 1979)

Nel versante a franapoggio, la ripetitiva alternanza degli strati di marne ed arenarie favorisce la presenza di soluzioni di continuità tra gli stessi e di conseguenza la genesi di piani di scorrimento profondo che, soprattutto in concomitanza di periodi ad elevata piovosità, possono innescare fenomeni di scivolamento planare. Si rammenta la frana che nel inverno 1972-74 ha interessato la frazione di Altavilla (Govi M., Sorzana P.F., 1981 - Sorzana P.F., 1980).

Le aree non caratterizzate da morfologia a *cuestas* presentano una meno accentuata disimmertia dei versanti. L'azione erosiva ha portato ad una conformazione a V delle valli e ad un consistente approfondimento del talweg. In particolare la valle del Rea si è modellata a partire dall'incisione del paleo Belbo, che prima di piegare verso SSW-NNE, presentava, nel tratto iniziale del suo corso, una direzione verso SSE-NNW. Tracce di questo passaggio, antecedente alla cattura, sono i lembi di terrazzi fluviali che si possono rinvenire lungo l'asta fluviale del corso attuale del Rea: in particolare modo presso l'abitato di Dogliani (Biancotti A., Franceschetti B., 1979)

### 4. Metodologia

La prima fase del progetto è consistita nella realizzazione della carta delle Unità di Terre (Giordano, 1989) supporto nella fase di campagna, per la produzione della carta pedologica. Le unità di terre permettono infatti una migliore comprensione dei fenomeni legati all'erosione del suolo e rendono più sicura la scelta dei siti ove effettuare le prove di erodibilità con il simulatore di pioggia. Tali prove saranno eseguite nella seconda fase della ricerca.

Il rilevamento, di tipo semi-sistematico, con l'appoggio della fotointerpretazione, è stato condotto con lo standard di 0.5 osservazioni per cm<sup>2</sup> di carta. I suoli sono stati classificati secondo la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994), al livello tassonomico della fami-

glia. Le analisi di laboratorio sui campioni prelevati dai profili sono state effettuate secondo le metodologie proposte dalla Società Italiana di Scienza del Suolo (S.I.S.S., 1985). L'identificazione delle più ampie suddivisioni del paesaggio dell'area (sistemi di terre) e in particolar modo dei suoi caratteri geomorfologici, è avvenuta utilizzando anche immagini da satellite (LANDSAT e SPOT pancromatico dell'agosto '89, ottobre '92 e gennaio '95). La fotointerpretazione di dettaglio è stata effettuata sui fotogrammi a colori del volo della Regione Piemonte del settembre 1979 (1:12.000) e del volo del novembre 1994 (B/N - 1:33.000).

La definizione delle unità di terre è stata diretta all'identificazione di aree caratterizzate da una omogeneità degli aspetti fisici che ne condizionano soprattutto la gestione. Gli aspetti considerati sono stati in particolare:

- aspetti morfologici: pendenza del versante, caratteristiche del reticolo idrografico, morfologia del versante;
- aspetti climatici: esposizione del versante, fascia altitudinale;
- utilizzazione del suolo;
- presenza di forti interventi antropici quali terrazzamenti, urbanizzazione, viabilità.

All'interno delle unità di terre, in base ai risultati derivati dal rilevamento, sono state delineate le unità cartografiche della carta pedologica che in alcuni contesti si avvicinano notevolmente al concetto di stazione; ma, non essendo sempre mantenuta tale similitudine, le singole unità cartografiche della carta dei suoli devono essere più correttamente definite come *complexi* di stazioni.

## 5. Risultati

### 5.1 Carta dei suoli

La carta dei suoli fornisce la sintesi delle informazioni dedotte dalla fotointerpretazione, dall'indagine di campagna, e dall'elaborazione dei dati.

Essendo questa memoria un estratto di un lavoro a più ampio respiro si è deciso di limitare l'approfondimento a quella unità di terre che comprende parte del tipico paesaggio dell'Alta Langa (*cuestas*). Della Carta dei suoli viene infatti offerto uno stralcio cartografico (scala 1:10.000) di una porzione sufficientemente significativa, (si veda stralcio in ultima pagina) di cui è offerta una descrizione analitica dei caratteri identificativi.

#### 5.1.1 Unità di terre A2

*Altitudine:* 340-770 m s.l.m. *Pendenza:* 11-35 % (classe 2-3).

*Esposizione:* prevalentemente NW e W, più raramente N.

*Geologia:* Formazione del Miocene medio: - Sabbie giallo rossastre e talora arenarie alternate a marne siltose grigie (*Formazione di Lequio*) del Tortoniano-Serravalliano; marne grigio cenere intercalate ad arenarie grigie (*Formazione di Murazzano*) del Serravalliano-Langhiano; sabbie grigio giallastre alternate ad arenarie grigie con livelli subordinati di marne argillose grigio gialline (*Formazione di Cassinasco*) del Serravalliano-Langhiano.

Orientazione degli strati prevalentemente a franapoggio.

*Aspetti superficiali:*

Pietrosità superficiale sporadicamente presente.

Presenza sporadica di affioramenti rocciosi, di limitato sviluppo, in corrispondenza delle nicchie di distacco delle frane di maggiore estensione (5-10 m).

*Copertura del suolo:*

Ampie aree agricole (seminativi, prati stabili e nocioleti, raramente vigneti) sono alternate alle aree forestali (in prevalenza cedui di castagno) che sono localizzati nei tratti a maggiore pendenza. Presenza di nuclei abitativi di piccola estensione e di isolati cascinali.

*Vegetazione:*

Boschi mesofili di castagno, frassino, nocciolo.

*Aspetti del paesaggio:*

campi ampi (frequentemente anche di superficie superiore all'ettaro) di forma quadrata o rettangolare, non disposti secondo una direzione preferenziale.

*Degradazione delle terre:*

erosione superficiale idrica limitata nelle aree a prato stabile e a bosco, da moderata a elevata nelle aree a suolo nudo. Erosione per movimenti di massa. Versanti soggetti a fenomeni di scivolamento planare anche estesi (frana di Somano) che possono rivoluzionare l'assetto e l'aspetto delle pendici, la geometria del reticolo stradale e le linee di confine dei fondi agrari. Le aree recentemente franate sono state sottoposte a ingenti movimenti di terra per ricostituire superfici agricole utilizzabili.

*Caratteristiche della gestione agricola:*

Le lavorazioni avvengono preferenzialmente a cavalcapoggio con rovesciamento della zolla a valle.

*5.1.2 Complessi di stazioni*

L'unità di terre risulta composta da tre complessi di stazioni. Il primo raggruppa le porzioni di territorio che sono state interessate solo marginalmente da movimenti di massa e che hanno, inoltre, un reticolo idrografico evidente. In queste aree l'uso delle terre alterna boschi misti di latifoglie mesofile a superfici agricole coltivate a nocciolo e seminativi vari. Il secondo complesso di stazioni raggruppa quelle porzioni che sono state, al contrario, interessate, anche recentemente, da fenomeni di scivolamento planare (ad es. la frana di Altavilla - Somano). L'ultimo complesso comprende i versanti a pendio moderato. Al primo complesso appartengono le unità cartografiche 2, 3, 4, 5; al secondo le unità 6, ed al terzo l'unità 7.

Unità cartografica 2

Unità non molto estesa ubicata sui versanti a franapoggio, caratterizzata da una consociazione di suoli molto evoluti (*Typic Hapludalfs fine loamy, mixed, mesic*), probabilmente ascrivibile all'interglaciale Riss-Wurm. Si può considerare un vetusuolo a profilo A-Bt, molto profondo. Il substrato, molto alterato, caratterizzato da una matrice rossastra (7,5YR 5/4) con glosse grigie (10YR 7/2), è completamente decarbonatato. La reazione, sub-acida, diviene gradualmente neutra in profondità. La struttura è poliedrica angolare, fortemente sviluppata.

Unità cartografica 3

E l'unità cartografica tipica delle aree forestali della zona di studio. Si tratta di una consociazione di suoli evoluti (*Typic Hapludalfs fine, mixed, mesic*); nelle aree a minor pendenza sono state osservate delle inclusioni di suoli con condizioni di idromorfia temporanea (*Oxyaquic Hapludalfs fine, mixed, mesic*).

Il concetto centrale di quest'unità si riferisce ad Alfisuoli profondi o molto profondi, a profilo A-Bt-C con un orizzonte argillico moderatamente sviluppato a tessitura argillosa.

Unità cartografica 4

Unità cartografica localizzata sui versanti ad ovest dall'abitato di Somano sovrastanti il Cimitero. E caratterizzata da una consociazione di suoli mediamente evoluti (*Typic Hapludalfs fine loamy, mixed, mesic*) sviluppatasi a partire da materiali sabbioso-arenacei. Sono suoli molto profondi con sequenza degli orizzonti A-Bt-C caratterizzati da tessiture moderatamente grossolane con elevata frazione sabbiosa e frazione argillosa generalmente inferiore al 25%. L'orizzonte argillico, (non sempre perfettamente espresso) presenta pellicole di argilla prevalentemente lungo i pori e raramente lungo le facce degli aggrega-

ti. Sono presenti inclusioni di *Dystric Entrochrepts coarse loamy, mixed, mesic*.

#### Unità cartografica 5

E' caratterizzata da suoli parzialmente decarbonatati considerabili come intergradi fra Inceptisuoli ed Alfisuoli. L'unità occupa generalmente aree agricole poco interessate da recenti eventi franosi e modesti lembi di aree boscate presenti sulle porzioni centrali dei dorsali delle formazioni a *cuestas*. Si tratta di una consociazione di suoli moderatamente evoluti (*Typic Entrochrepts fine loamy, mixed mesic*) con inclusioni di suoli più evoluti (*Typic Hapludalfs fine, mixed, mesic*) e più argillosi (*Typic Entrochrepts fine, mixed mesic*). Non sono rari fenomeni di scivolamento o colluvionamento che portano a sottili ricoprimenti degli strati superficiali con una successiva ricarbonatazione degli orizzonti sottostanti. Nelle parti inferiori del profilo sovente si può osservare un orizzonte di accumulo di carbonati secondari con presenza di concrezioni calcaree dure o soffici. La presenza di rare figure pedogenetiche (*cutans*), prevalentemente distribuite lungo i pori, lascia supporre che il processo di lisciviazione delle argille avvenga in tempi relativamente brevi e che comunque possa avere inizio anche senza una totale decarbonatazione dal profilo.

#### Unità cartografica 6

Unità cartografica tipica dei versanti a franapoggio interessati da recenti ed ingenti movimenti di massa: (eventi del 1972-74 o del novembre 1994) con movimenti di massa e conseguente rotolamento a valle del materiale disaggregato (Fontana del Boglietto - C.na Valanche). Si tratta di un complesso di suoli poco o moderatamente evoluti: *Typic Entrochrepts fine silty, mixed, mesic* e *Typic Udorthents fine loamy, mixed, (calcareous), mesic*, con inclusioni di suoli più evoluti, *Typic Hapludalfs fine, mixed, mesic*.

#### Unità cartografica 7

E' costituita da un complesso di suoli moderatamente evoluti, *Typic Entrochrepts fine silty e fine loamy, mixed, mesic*. Sono presenti inclusioni di *Typic Hapludalfs fine loamy, mixed, mesic*, soprattutto nelle zone a maggiore copertura forestale. I suoli rappresentano delle fasi di pendenza dei *Typic Entrochrepts fine loamy, mixed, mesic* dell'unità cartografica 5 e dei *Typic Entrochrepts fine silty, mixed, mesic* dell'unità cartografica 6.

### **5.2 Copertura delle terre (Land cover)**

Una carta della copertura delle terre si è resa indispensabile, ai fini di questo studio, in quanto considera i due aspetti che maggiormente possono influire sui fenomeni erosivi: la copertura vegetale (spontanea o coltivata) e l'attività umana. Per la stesura di un documento di questo tipo, l'interpretazione dei dati telerilevati (immagini da satellite e fotografie aeree) fornisce, quindi, un valido aiuto all'identificazione e descrizione dei diversi tipi di vegetazione. In particolare, le scansioni da satellite, grazie alle caratteristiche di multispettralità e multitemporalità, hanno permesso il monitoraggio del territorio in periodi successivi evidenziando le diverse risposte spettrali dei medesimi oggetti (suolo nudo, seminativi, aree forestali). La carta delle coperture, rilevata alla scala 1:10.000 e poi restituita alla scala 1:25.000, è stata confrontata con la carta dei suoli evidenziando i rapporti, non indifferenti, esistenti tra la copertura e i fenomeni di dissesto. I compositi rivelatisi particolarmente utili a tale interpretazione sono stati: *componenti principali, 4-5-3, e 7-5-2 (fig.1)*; questi insieme alle fotografie aeree e ad opportuni controlli a terra, hanno mostrato una copertura eterogenea strettamente connessa alle caratteristiche morfologiche del paesaggio.

## 6. Discussione

Un primo aspetto che pare opportuno evidenziare, riguarda la definizione del regime di umidità dei suoli: diverse elaborazioni (Newhall Simulation Sistem, Billeaux) hanno definito, sulla base dei dati delle stazioni termo-pluviometriche, regimi di umidità compresi tra lo xerico e l'ustico. Se queste elaborazioni possono trovare affermazione più che attendibile in ambiente agricolo, anche in relazione alle effettive precipitazioni annuali e temperature medie mensili - molto alte nel trimestre estivo - di difficile applicazione ed attendibilità sono al contrario in ambiente forestale. Tralasciando qualsiasi approfondimento che sarebbe troppo lungo per il contesto attuale, si sottolinea come l'evapotraspirazione di un versante boscato a nord sia fortemente dissimile in esposizione meridionale; lo stesso dicasi per la sezione di controllo che, se può esser considerata un utile termine di riferimento in ambiente agricolo, perde parzialmente di validità in ambito forestale, dove le radici hanno un volume di suolo esplorabile molto maggiore di quello stimato. Partendo da queste considerazioni potrebbe essere utile fare riferimento a diversi regimi di umidità a seconda delle differenti condizioni di assolazione. Per esempio, il regime di umidità udico sembra più probabile rispetto ad altri nelle aree forestali in esposizioni fresche. Per tali motivi appare particolarmente utile avvalersi delle immagini da satellite che forniscono una precisa delimitazione delle aree boschive e dei campi agrari.

Un ulteriore spunto alla discussione viene dall'analisi dello strumento utilizzato nel presente lavoro: la carta dei suoli strutturata in unità di terre. Partendo da questa e dall'insieme di informazioni deducibili dai dati di campagna e di laboratorio, è possibile affrontare in maniera unitaria i problemi relativi alla stabilità dei versanti e sull'erosione dei suoli, anche in attesa dei dati sperimentali delle prove con il simulatore di pioggia.

## 7. Conclusioni

L'insieme delle considerazioni fin qui effettuate permette di trarre le prime conclusioni e di ipotizzare alcune soluzioni ai problemi che affliggono le Langhe e nello specifico l'area in esame.

Considerando le aree più erose si osserva come la pedogenesi è limitata nel suo procedere dalla instabilità latente dei versanti, ma si osserva, altresì, come gli stessi processi pedogenetici, laddove riprendono la loro azione, avvengano in tempi relativamente rapidi anche su materiale praticamente inalterato.

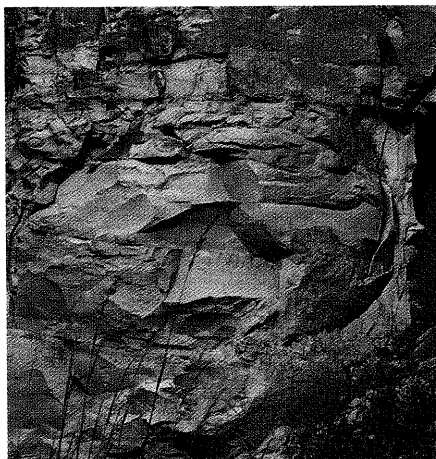
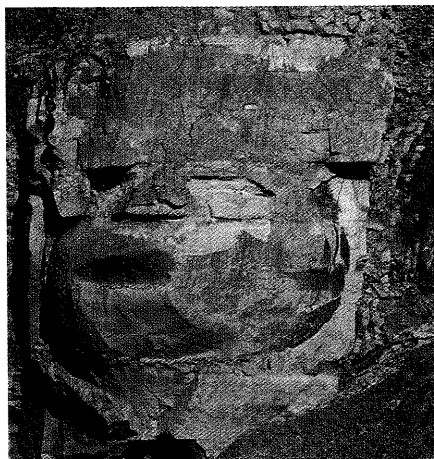
Il substrato tenero e gli agenti atmosferici (soprattutto gelo e disgelo) favoriscono pertanto una rapida genesi di orizzonti diagnostici anche in porzioni di versante che sono state sottoposte a movimenti di massa in tempi recenti; la stessa diffusione di orizzonti lisciviati o di orizzonti che comunque presentano una certa quantità di pellicole di argilla lungo i pori o lungo gli aggregati strutturali conferma che, oltre ad una veloce alterazione fisica del materiale, i processi di argilluviazione si succedono rapidamente ed hanno probabilmente inizio anche senza una totale decarbonatazione dal profilo.

L'alternanza stagionale è quindi uno dei fattori che più influenzano la pedogenesi; si porta ad esempio l'elevato grado di disgregazione raggiunto dalle marne nel corso di una sola stagione invernale. Si tratta di materiale litoide esposto all'aria a seguito delle frane dell'autunno 1994, (loc. C.na Valanche, U.C. 6 - fig. 2).

Dai primi dati in nostro possesso, ma ancora da confermare con le prove di simulazione, emerge che, almeno per quel che concerne l'erosione superficiale, elevati contenuti in argilla riducono l'incidenza del fenomeno; al contrario, la stabilità dei versanti sembra da collegare maggiormente alle caratteristiche morfologiche e all'uso delle terre. Le frane del novembre 1994, così come quelle del 1972-74 non hanno interessato il suolo ma gli strati marnosi arenacei in profondità. Se quindi lo scorrimento delle acque profonde incide sul-



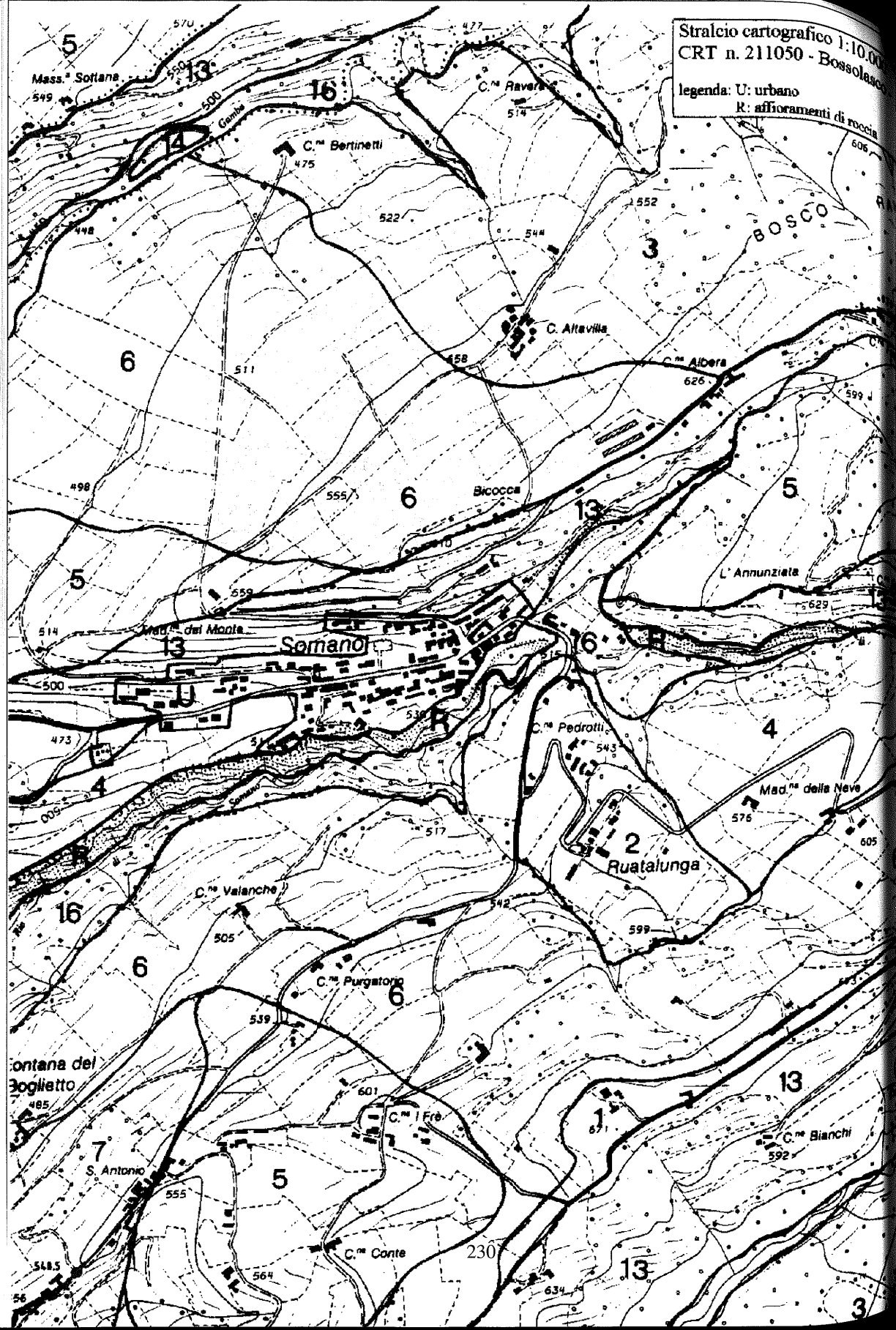
*Fig. 1*



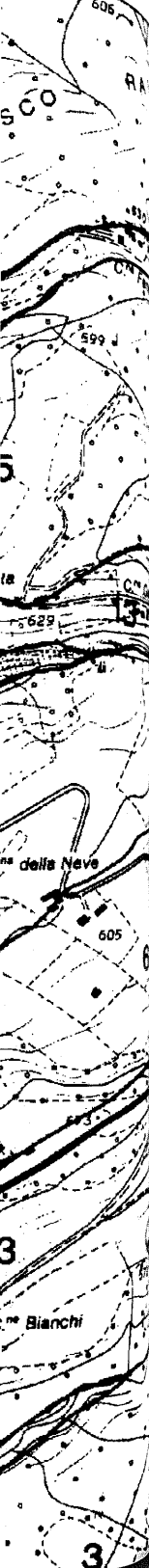
*Fig. 2*

Stralcio cartografico 1:10.000  
CRT n. 211050 - Bossolasco

legenda: U: urbano  
R: affioramenti di roccia







la coesione fra gli strati litologici trasformando ogni versante a franapoggio in un pendio potenzialmente suscettibile a movimenti di massa, la previsione del fenomeno e la prevenzione dello stesso deve intervenire direttamente sull'uso delle terre, modificando, o meglio adeguando, la gestione agronomica alle caratteristiche del territorio.

Si è potuto osservare come a seguito del progressivo abbandono delle terre, si sia conseguentemente allentata la cura dei canali di deflusso delle acque superficiali, che non più regimate, esplicano la loro azione sia con una maggiore erosione superficiale (laminare od incanalata) e sia penetrando in profondità fra gli strati.

Un altro fattore predisponente il dissesto, è sicuramente da collegare all'avvento di una meccanizzazione gommata e a lavorazioni a scolmare lungo le curve di livello. Nel primo caso, l'utilizzo di trattori sovradimensionati rispetto alle reali necessità può causare la compattazione degli strati superficiali di suolo e quindi innescare fenomeni erosivi superficiali; nel secondo, il ricorso ad una aratura che rivolti la zolla a valle, favorisce sul lungo periodo uno spianamento del suolo con la parte alta del fondo che progressivamente si abbassa mentre la parte distale viene continuamente incrementata dall'apporto di nuovo materiale. Si creano quindi i presupposti per un ristagno delle acque anche su versante, che percolando negli strati profondi aumentando il rischio di scivolamento cui si è già accennato. Questa scelta gestionale, effettuata prevalentemente su base economica, in quanto rivoltare la zolla a valle richiede minori consumi di carburante e minor usura macchina di quanto si avrebbe con una lavorazione a colmare (zolla a monte) o con una lavorazione a ritocchino (lungo la massima pendenza), si è dimostrata una scelta errata se riferita alla conservazione delle terre. Al limite, può essere addirittura più conservativa una lavorazione lungo la massima pendenza che, pur favorendo una più intensa erosione superficiale, consente lo scolo delle acque a valle e limita la percolazione delle stesse negli strati profondi.

La gestione a seminativo richiede, pertanto, particolari attenzioni per la salvaguardia del territorio, ma gli stessi usi delle terre che a tutt'oggi sembrano essere conservativi possono innescare tutta una serie di fenomeni degenerativi. Un particolare interesse riveste, proprio per la sua diffusione, la gestione a prato; questa limita l'infiltrazione negli strati profondi del suolo, ma ha effetti negativi nel caso in cui il ruscellamento superficiale si scarichi su seminativi a valle senza che le acque siano opportunamente incanalate.

In alcuni casi si è consigliata la gestione del vigneto inerbito proprio per limitare ruscellamenti intensi e conseguente erosione; questa scelta, seppure ottimale sotto il profilo conservativo, può trovare forti resistenze, nella sua applicazione, da parte dei viticoltori. Questo sia per una mancanza di abitudine alla pratica, come invece si osserva in altre zone viticole italiane, e sia perché, al momento, non si conoscono, se esistono, le variazioni sulle caratteristiche organolettiche del vino prodotto.

In conclusione, i due aspetti dell'erosione superficiale e delle frane pongono complessi problemi di conservazione delle terre, talora in contraddizione tra loro: se per il primo aspetto è negativo operare per un aumento dello scorrimento superficiale delle acque meteoriche, per il secondo è positivo. La ricerca delle soluzioni che aumentino la quota di ruscellamento limitandone i danni non è certo facile.

Di certo si sa che la risposta migliore per risolvere i problemi sopra citati deve tendere ad incrementare la presenza e l'attività dell'uomo sul territorio; se si pensa che almeno fino all'inizio del 1900 la vite era diffusa fino a Bossolasco, è desolante constatare come attualmente, alla regressione di questa coltura nell'Alta Langa (per ovvi motivi climatici), si associ un abbandono più o meno generalizzato in tutta l'area.

E pur vero che le condizioni socio-economiche spingono l'impiego e la destinazione delle risorse economiche verso altri obiettivi strategici e che qualsiasi intervento richiede cospicui investimenti finanziari, ma è altrettanto vero che soluzioni diverse da un ritorno al presidio del territorio da parte dell'uomo non sembrano avere lo stesso effetto.

## Bibliografia

- Anselmo V., 1978 - Considerazioni idrologiche sugli eventi del febbraio 1972 e 1974 nel Bacino Terziario Piemontese. Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina, 15, 4. Torino
- Biancotti A., 1981 - Geomorfologia dell'Alta Langa. Mem. Soc. It. Sc. Nat., 22, 3. Milano.
- Biancotti A., 1981 - Geomorfologia delle Langhe sud occidentali. - Annali Accad. delle Scienze, Torino, 3-21.
- Biancotti A., Cortemiglia G.C., 1982 - Morphogenetic evolution of the river system of southern Piedmont (Italy). - Geogr. Fis. Dinam. Quatern., 5, 10-13.
- Biancotti A., Franceschetti B., 1979 - Analisi dell'ambiente fisico del Bacino del Torrente Rea (Alta Langa). Studi IRES sui piani di sistemazione idrogeologica. Regione Piemonte, Assessorato Tutela Ambiente. Torino.
- Giordano A., 1989 - Il telerilevamento nella valutazione delle risorse naturali. Istituto Agronomico per l'Oltremare, Firenze.
- Govi M., Sorzana P.F., 1982 - Frane di scivolamento nelle Langhe cuneesi, Febbraio-Marzo 1972, Febbraio 1974. Estratto da: Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina, Anno XIX, n.1-2. Torino.
- Newhall F., 1972 - Calculation of soil moisture regimes from the climatic record, s.l. Regione Piemonte, 1982 - La capacità d'uso dei suoli del Piemonte ai fini agricoli e forestali. Ed. L'Equipe, Torino.
- Servizio Geologico d'Italia, 1931 - Carta geologica d'Italia, Foglio 80 (Cuneo). Roma.
- Servizio Geologico d'Italia, 1970 - Carta geologica d'Italia, Foglio 81 (Ceva). Roma.
- S.I.S.S., 1985 - Metodi normalizzati di analisi del suolo. Edagricole, Bologna.
- Soil Survey Staff, 1994 - Keys to soil taxonomy. Sixth edition. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington D.C.

# **STUDI PEDOLOGICI E TERRITORIALI PER L'ADEGUAMENTO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE AL PIANO TERRITORIALE PAESISTICO NEL COMUNE DI ASSEMINI (SARDEGNA MERIDIONALE)**

**F. Fantola - Geologo libero professionista - Cagliari**

**S. Loddo - Geologo libero professionista - Cagliari**

**R. Puddu - Geologo libero professionista - Assemini**

**Coordinatore: Prof. A. Aru - Dipartimento Scienze della Terra - Cagliari**

## **Premessa**

La presente relazione riguarda lo studio dei suoli e della loro suscettività d'uso nel territorio comunale di Assemini, limitatamente alle aree di pianura, realizzato per la stesura del Piano Urbanistico Comunale di Assemini in fase di adeguamento ai Piani Territoriali Paesistici secondo la normativa regionale vigente (L.R. 45/89).

Secondo le direttive regionali (circolare n°1 del 9/12/94, in cui vengono date le indicazioni per la delibera di incarico ai professionisti redattori del Piano) si richiede, tra gli altri elaborati cartografici tematici, una Carta della Suscettività d'Uso dei Suoli, che risulta necessariamente subordinata alla realizzazione di una Carta dei Suoli, ed alla determinazione delle classi di suscettività d'uso in cui rientrano le varie tipologie pedologiche. In assenza di una codifica di precise procedure e metodologie di lavoro, non indicate nella normativa, viene presentata una metodologia di base, in fase di realizzazione anche in altri comuni isolani, affinché si possa giungere ad una omogeneità concettuale nella stesura della cartografia tematica e, soprattutto, al raggiungimento di risultati fondati quanto più possibile su basi oggettive e scientifiche.

La metodologia seguita è basata sull'analisi degli usi attuali del territorio e sull'analisi degli usi potenziali del suolo attraverso la realizzazione di schemi di valutazione per usi specifici (Land Suitability Evaluation).

La cartografia e la relazione pedologica diventano, in tal senso, documenti concreti di progettazione che rispondono ai requisiti richiesti da una pianificazione razionale del territorio, con la finalità primaria di salvaguardare, conservare e valorizzare le risorse disponibili.

## **1. Metodologia di lavoro**

Lo studio effettuato ha richiesto le seguenti fasi di lavoro:

- inquadramento geomorfologico;
- studio e cartografia degli usi attuali del territorio;
- redazione della carta pedologica attraverso la fotointerpretazione e il rilevamento di campagna con osservazioni puntuali (trivellate e profili);

## 2. Inquadramento geomorfologico

L'area in esame, prevalentemente pianeggiante, è costituita quasi totalmente da depositi quaternari di origine alluvionale e, in minor misura, di natura fluvio-lacustre e marino-lagunare. Tali coperture possono essere distinte in tre ordini di terrazzi, corrispondenti a differenti episodi di deposizione da parte dei principali corsi d'acqua, in un periodo compreso tra il Pleistocene inf. e l'Olocene.

L'individuazione dei limiti tra i terrazzi appare di difficile determinazione a causa sia della morfologia (forme piatte con profilo pressoché uniforme), sia del diffuso degrado dato dalla concomitante azione erosiva naturale ed antropica. Solo il settore orientale presenta superfici leggermente ondulate e i terrazzi più antichi sono delimitati da deboli rotture di pendio, non nette, ma ugualmente distinguibili agli orli, e possono essere inquadrate in una fascia altimetrica ben precisa, con quote variabili tra i 30 e i 60 metri.

Alle quote inferiori, la superficie degrada verso la laguna di Santa Gilla con pendenze debolissime, dell'ordine del 2%, ed una reale delimitazione dei terrazzi appare problematica. Le alluvioni conglomeratiche più antiche (Pleistocene inferiore), sono caratterizzate da un'alterazione molto spinta dei ciottoli, ben costipati e spesso cementati da una matrice anch'essa fortemente alterata. La natura litologica degli elementi che le costituiscono può variare in funzione del substrato su cui poggiano: nel settore più a nord queste derivano dallo smantellamento dei rilievi metamorfici del Paleozoico e vulcanici del Terziario, mentre nel settore meridionale le alluvioni mostrano una relativa abbondanza di elementi marnoso-arenacei in quanto sovrastano, prevalentemente e a diverse profondità, i depositi continentali pliocenici, costituiti da un potente complesso conglomeratico a ciottoli di rocce mioceniche a giacitura caotica (per gli Autori "Formazione di Samassi"). Tale formazione affiora in superficie solamente in un'area assai limitata, in prossimità del limite comunale tra Assemini, Sestu ed Elmas lungo il versante eroso di una collina a debolissima pendenza (Villa Asquer).

La sequenza alluvionale continua con i depositi conglomeratici del Pleistocene medio e superiore. L'età più recente di tali depositi è dimostrata da un minor grado di costipamento e di cementazione e dal più debole arrossamento della matrice. Anche lo stato di alterazione dei ciottoli è complessivamente minore e le dimensioni sono di poco inferiori (clasti da minuti a mediamente grossolani), se si esclude una fascia a granulometria più fine nei pressi del centro abitato derivata probabilmente da una fase di colmata successiva. Le alluvioni oloceniche, infine, costituiscono accumuli ciottolosi, per lo più incoerenti o poco costipati, a matrice grigio-bruna, con dimensioni variabili da medie a minute e litologicamente riflettono i caratteri delle precedenti.

Di limitata estensione sono invece i depositi quaternari in facies salmastra, localizzati unicamente ai bordi della Laguna di S. Gilla e alla foce del Rio Flumini Mannu in un'area morfologicamente depressa. Essi costituiscono il passaggio tra terraferma e palude e rappresentano l'ultima fase di colmata dello stagno, in corrispondenza di un generale innalzamento del livello marino nel tardo Pleistocene, e vari episodi di sedimentazione delizia in età olocenica.

Da un punto di vista morfologico, come si è già accennato, il livellamento delle forme e la morfologia complessivamente piatta e monotona rappresentano la caratteristica principale dell'area.

E' importante sottolineare come l'intenso grado di antropizzazione del territorio in esame costituisca il fattore morfogenetico dominante. Le forme del paesaggio, infatti, sono state condizionate dalle esigenze dell'uomo, legate all'urbanizzazione e ad altre scelte d'uso, subendo talora una spinta obbligata verso dinamiche evolutive estranee agli agenti di modellamento naturale.

L'esempio più significativo è dato dai processi fluviali in atto i quali, in seguito alle opere di canalizzazione realizzate nei principali alvei, si manifestano soprattutto nel cambia-

mento delle direttrici di esondamento dei corsi d'acqua e nella conseguente variazione del regime di erosione e sedimentazione da monte a valle.

Tra i processi di versante, infine, sono individuabili segni di erosione diffusa nell'area orientale, in corrispondenza del terrazzo alluvionale più alto. L'agente morfogenetico è rappresentato sia dalle acque di scorrimento superficiale sia dalle arature profonde operate dall'uomo. Le deboli pendenze, tuttavia, non consentono un effettivo approfondimento in solchi delle superfici erose e solo in alcune aree i segni del dilavamento si manifestano visibilmente (suoli a minor spessore, venuta a giorno di materiali del substrato).

### 3. Uso del suolo

L'uso delle aree di pianura, sin dal passato, è stato caratterizzato prevalentemente dall'agricoltura a vari livelli.

Sin da tempi lontani, il comune di Assemini ha avuto un importante ruolo nella produzione di uve da vino, particolarmente nelle aree con suoli caratterizzati da accumuli di carbonati e da orizzonti fortemente argillosi.

Gli allevamenti zootecnici si sviluppavano per lo più su suoli molto evoluti, acidi, privi di carbonati. Le colture orticole erano diffuse su suoli poco evoluti, derivati sia da substrati recenti che antichi, con differenti contenuti in argilla. Le colture frutticole erano limitate ai suoli più recenti con un buon grado di permeabilità. Le colture protette, diffuse nell'ultimo dopoguerra, sono impostate principalmente nelle aree con suoli ben drenati.

Negli ultimi decenni si è verificato un sostanziale cambiamento delle destinazioni d'uso, a causa di intensi fenomeni di urbanizzazione di tipo anche industriale, con una crescente domanda di aree per diverse tipologie urbanistiche, e di concessioni per nuove case anche nell'agro.

Gli insediamenti hanno determinato profonde trasformazioni. L'area di Macchiareddu, a sud-ovest dell'abitato, è stata occupata dal CASIC (Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale di Cagliari), con l'impianto di numerose industrie; alcune aree sono state occupate dagli impianti minerari della Silius, altre aree sono state interessate dall'attività di cava per l'estrazione dell'argilla per laterizi e dal proliferare indiscriminato di discariche abusive.

Poichè in questa sede vengono riportati i dati riguardanti unicamente il settore orientale del comune, comprendente il centro urbano e l'area agricola, viene di seguito riportato lo stralcio di legenda relativa alla carta dell'uso del suolo realizzata per l'intero territorio ed una breve sintesi dell'analisi svolta. Nell'ambito di tale area sono state definite tre grandi categorie ambientali comprendenti 22 classi.

#### A) AMBIENTE SUB - NATURALE

- 1) Aree idromorfe (Ai): in questa classe sono compresi i territori immediatamente adiacenti la Laguna di Santa Gilla, i bordi del rio Flumini Mannu e la sua foce. La vegetazione è caratterizzata da canneti, phragmites, tamerici, tifa, giunchi, arthrocnemum, salicornia etc.
- 2) Specchi d'acqua: comprende alcune superfici coperte dall'acqua, costituite principalmente da aree di cava dismesse in cui affiora la falda superficiale. Sebbene tali superfici siano artificiali, il loro inserimento in questa categoria ambientale è stato motivato da una discreta presenza di vegetazione naturale, ricostituitasi in seguito alla cessazione delle attività di sfruttamento, che ha caratterizzato l'evolversi di condizioni ecologiche favorevoli alla formazione di un habitat naturale per molte specie faunistiche tipiche delle zone umide.
- 3) Rimboschimenti di latifoglie (R1): sotto questa dicitura sono state indicate le aree, peraltro assai limitate, in cui è stata effettuata una piantumazione con specie varie di Eucaliptus.

- 4) Rimboschimenti di conifere (R2): altre aree rimboschite con *Pinus* sp.pl.. L'area più rappresentativa di questa classe si trova nella propaggine orientale del comune ed è adibita ad uso ricreativo.

#### B) AMBIENTE COLTURALE

- 5) Seminativi in irriguo talvolta associati al pascolo (S1): questa associazione include terreni interessati da colture irrigue e da coltivazioni erbacee con avvicendamento colturale. Per tale motivo sono stati inseriti anche quei terreni che al momento del rilevamento sottostavano al periodo di riposo. In tutti i casi tali colture fanno parte del comprensorio irriguo del Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale e vengono irrigate stabilmente e periodicamente. Solo in sporadici casi tali aree sono associate al pascolo, per lo più ovino.
- 6) Seminativi in asciutto associati al pascolo (S2): trattasi di colture seccagne (principalmente colture foraggere e cerealicole), esterne ai territori serviti dal Consorzio di Bonifica, frequentemente associate al pascolo. Nella stessa classe sono state comprese anche superfici irrigate sporadicamente durante i periodi siccitosi.
- 7) Colture ortive da pieno campo e industriali (Co): diffuse soprattutto nelle aree servite dalla rete di irrigazione consortile o da acque prelevate da pozzi. Infatti parte del Comune di Assemmini è interessata da una falda freatica abbondante e produttiva. Le colture sono rappresentate per lo più da colture industriali (pomodoro), carciofaie, ortive a foglia larga, finocchi etc., destinati al mercato di Cagliari e provincia. Questa attività rappresenta una discreta fonte di lavoro e di ricchezza nell'ambito del Comune.
- 8) Frutteti (F): diffuse soprattutto nell'area più settentrionale della zona agricola, su suoli ben drenati, le colture frutticole sono assai diversificate e si suddividono principalmente in peschi, agrumi e meli.
- 9) Colture promiscue ortofrutticole (Of): sotto questa voce sono comprese aree adibite a colture annuali (colture ortive) in associazione con colture permanenti (frutteti) sulla stessa superficie, quando le particelle a frutteto comprese all'interno delle colture annuali rappresentino meno del 25% della superficie totale.
- 10) Vigneti (Vg): tali colture sono attualmente in fase di diminuzione per far posto a colture più produttive. In passato erano ben più rappresentate, soprattutto sui suoli caratterizzati da accumuli di carbonati, ossia sui terrazzi alluvionali antichi del settore orientale dell'area.
- 11) Oliveti (Ol): superfici piantate ad olivo, comprese le particelle a coltura mista di olivo e seminativo.
- 12) Vivai (Vi): anche l'attività vivaistica ha avuto negli ultimi anni una notevole espansione e numerosi ed estesi vivai si ritrovano disseminati entro l'area agricola frequentemente associati agli impianti serricoli.
- 13) Colture protette (Cp): l'attività serricola ha svolto sempre un ruolo fondamentale sin dall'immediato dopoguerra, con vantaggi economici ed occupazionali molto importanti. Il buon esito di queste colture è dovuto alla ottima ubicazione delle serre ed alla notevole abilità degli addetti (imprenditori e operai). Le colture sono date dalle ortive (pomodori, lattughe, peperoni, cetrioli), floricole (garofani, rose, gerbere), ornamentali etc.
- 14) Giardini (G): sotto questa denominazione si sono voluti inserire quegli spazi ricoperti di vegetazione mista, spesso compresi nel tessuto urbano o dispersi entro aree edificate extraurbane, che non rientrano in specifiche unità colturali. Nell'area rilevata rientra in questa classe unicamente l'area adiacente Villa Asquer, in prossimità del limite amministrativo tra i comuni di Sestu ed Elmas.
- 15) Incolti (I): superfici isolate, perlopiù di piccole dimensioni, non destinate a nessun uso specifico.

### C) AMBIENTE URBANIZZATO

- 16) Nucleo urbano continuo (U1): comprende gli spazi strutturati dagli edifici e dalla rete viaria con una densità superiore all'80% della superficie totale
- 17) Nucleo urbano discontinuo (U2): caratterizzato dalla presenza di edifici sparsi e alternati a superfici coltivate o con suolo nudo, con una densità totale inferiore all'80% della superficie totale. Tali aree sono generalmente marginali al centro abitato e rappresentano le più recenti direttrici d'espansione edilizia.
- 18) Aree edificate extraurbane (U3): sono stati inseriti in questa categoria sia gli aggregati industriali con le loro principali infrastrutture, sia le attività commerciali e artigianali (aziende agricole e zootecniche, piccole imprese) e residenze secondarie disperse negli spazi agricoli.
- 19) Allevamenti zootecnici (Az): sono compresi in questa classe gli allevamenti, principalmente avicoli, localizzati in località Campaidali.
- 20) Impianti sportivi (Is): vengono ivi comprese le superfici utilizzate per scopi ricreativi ed attività sportive non comprese nel tessuto urbano.
- 21) Cave dismesse: in questa classe sono stati inseriti gli scavi a cielo aperto variamente dislocati nell'area agricola, superfici residue di passate attività di cava e attualmente destinate a vari usi (discarica, ripristino dell'ambiente naturale, attività agricole) o del tutto abbandonate.
- 22) Discariche (D): con la stessa simbologia sono state indicate in carta diverse tipologie di discarica, quali le discariche abusive, le discariche controllate di materiali inerti (tipo 2A), la discarica comunale di rifiuti solidi urbani, i depositi di sterili derivati dalle lavorazioni industriali.

### 4. I suoli

L'ambiente pedologico del territorio deve essere visto in relazione soprattutto alle formazioni geolitologiche presenti, ai loro diversi aspetti morfologici, vegetazionali, climatici ed al loro uso (presente e passato).

Pertanto i suoli, nell'ambito del Comune, sono stati studiati innanzitutto in funzione della roccia madre dalla quale derivano e quindi della morfologia e della loro utilizzazione. Il livello tassonomico raggiunto nella classificazione (Soil Taxonomy) è quello del sottogruppo.

Per ciascun tipo di suolo sono state esaminate le caratteristiche più importanti sia sotto l'aspetto genetico che per la sua utilizzazione.

Le tipologie prevalenti ricadono negli ordini degli Alfisuoli e degli Inceptisuoli e subordinatamente negli ordini degli Entisuoli e Vertisuoli.

#### LE UNITA' CARTOGRAFICHE

Le 18 unità cartografiche riconosciute nel territorio in esame, che racchiudono suoli con caratteristiche simili, vengono descritte di seguito sulla base dei paesaggi su cui si originano.

#### *Paesaggi su conglomerati marnoso-arenacei del Pliocene*

##### • Unità cartografica A1

E' un'unità limitata al settore orientale del territorio e affiora esclusivamente in prossimità di Villa Asquer, su un versante debolmente ondulato.

Sono suoli a profilo A-C e A-Ck, poco profondi, a tessitura da franco-sabbio-argillosa ad argillosa, con scheletro moderato e con drenaggio da normale a lento. Sono classificati come Calcic Xerorthents (se presentano un alto contenuto di carbonati derivato dall'alterazione del substrato) e Typic Xerorthents.

L'uso attuale è rappresentato da una pineta con presenza di sottobosco prevalentemente a lentischio, localmente ben sviluppato. L'attitudine di questi suoli all'uso agricolo è buona, così come non esistono limitazioni agli usi edilizi.

L'area in esame, grazie alla presenza della succitata pineta, può avere una fruizione di tipo ricreativo, eventualmente con la realizzazione di servizi di ricezione per il visitatore.

#### *Paesaggi sulle alluvioni conglomeratiche del Pleistocene inferiore*

##### *• Unità cartografica B1*

Questa unità cartografica è localizzata nella parte nord-orientale del territorio; si rileva sulle alluvioni conglomeratiche di più antica formazione, su morfologie pianeggianti, incise trasversalmente dai corsi d'acqua di più recente impostazione.

Essa riunisce suoli a profilo A-Btkm-Ckm e, subordinatamente, A-Bt-Ck, con profondità che superano anche i 100 cm, con tessitura da franca negli orizzonti superficiali ad argillosa o franco-argillosa negli orizzonti profondi, a scheletro moderato, con drenaggio da normale a lento, o addirittura impedito, in profondità. Tassonomicamente sono inseriti nei Petrocalcic Palexeralfs e, subordinatamente, nei Calcic Palexeralfs, con locali limitazioni per l'uso agricolo dovute principalmente all'eccesso di scheletro e alla presenza di orizzonti cementati per l'accumulo dei carbonati, che impediscono o rallentano notevolmente il deflusso idrico in profondità.

L'uso è prevalentemente agricolo (seminativi e colture ortive), ma sono diffusi anche gli incolti soggetti generalmente al pascolamento. Su questi suoli pascolati si è osservato un elevato grado di costipazione superficiale, che riduce la capacità d'infiltrazione idrica e di conseguenza la fertilità intrinseca dei suoli.

I suoli di questa unità cartografica non hanno limitazioni per l'uso edilizio sia abitativo che commerciale.

Nell'ambito di una pianificazione generale, dovendo ampliare la vicina area commerciale di Truncu Is Follas, questa unità cartografica potrebbe essere scelta come futura sede per le infrastrutture industriali, escludendo quelle zone dove esiste un contesto agricolo ben avviato. Questa scelta potrebbe risparmiare il consumo per uso edilizio di suoli con più elevate attitudini agricole.

#### *Paesaggi sulle alluvioni conglomeratiche del Pleistocene medio-superiore*

##### *• Unità cartografica C1*

I suoli di questa unità cartografica si sono formati sulle alluvioni conglomeratiche antiche; anch'essi si osservano su superfici pianeggianti, ma a quote leggermente inferiori rispetto ai suoli dell'unità B1. L'unità occupa vaste superfici, estendendosi su una buona parte della piana agricola di Assemmini incisa più o meno profondamente dai corsi d'acqua che scorrono verso lo stagno di Santa Gilla.

I suoli presentano profili di tipo A-Bt-Btk-Ck e, subordinatamente, A-Btkm-Ckm; sono quindi caratterizzati da un orizzonte argillico con accumuli di carbonati di formazione secondaria, sia come polvere farinosa o concrezioni più o meno indurite sferoidali, sia come crostoni cementati e induriti. Sono suoli profondi o molto profondi, franco-sabbiosi in superficie e franco-argillosi in profondità con drenaggio normale in superficie, ma lento o molto lento negli orizzonti più profondi soprattutto quando è presente l'orizzonte petrocalcico. Sono classificati come Calcic Palexeralfs e, subordinatamente, Petrocalcic Palexeralfs.

L'uso attuale è prevalentemente agricolo. Nel complesso i suoli di questa unità presentano modeste limitazioni all'uso agricolo e buona attitudine all'agricoltura intensiva e precisamente per le colture erbacee; sono invece mediamente idonei per alcune colture arboree e serricole.

Gli interventi da attuare sono gli spietramenti, i drenaggi sia superficiali che sotterranei, e l'irrigazione razionale, per evitare i frequenti ristagni d'acqua.



• Unità cartografica C2

I suoli di questa unità cartografica si sono formati sul medesimo substrato dell'unità precedente, ma si distinguono per la minor presenza di carbonati: mancano infatti gli orizzonti con le cementazioni carbonatiche indurite.

Sono suoli con profilo A-Btk-C e A-Bt-C, con caratteristiche fisiche simili ai suoli dell'unità C1, tranne che per il drenaggio del suolo che si presenta da normale a lento in profondità solo localmente. Anche qui l'uso attuale è agricolo, ed i suoli non presentano serie limitazioni per tale uso. Potrebbero però essere necessari dei drenaggi profondi dove la permeabilità dei suoli è più scarsa.

*Paesaggi sulle alluvioni conglomeratiche del Pleistocene superiore*

• Unità cartografica D1a

I suoli di questa unità occupano estesamente la parte ad Est dell'abitato di Assemini.

Presentano profilo di tipo A-Bt-C e A-Bw-C, sono da mediamente profondi a profondi, da franco-sabbiosi a franco-sabbio-argillosi, con drenaggio normale in superficie e lento in profondità, scheletro da elevato a molto elevato. Sono classificati come Typic Palexeralfs e Typic Haploxeralfs e, subordinatamente, come Typic Xerochrepts. Presentano una elevata attitudine per gli usi agricoli intensivi, sia per colture erbacee che arboree, ed in particolar modo, per le colture serricole ed ortive da pieno campo.

Gli usi attuali rispecchiano le attitudini naturali di questi suoli con una netta prevalenza dei frutteti e delle colture protette in serra. Per questa unità cartografica si indica la conservazione dell'uso agricolo, e la sua incentivazione con opere di miglioramento come spietramenti, irrigazione a bassa intensità oraria e istantanea, e drenaggi.

• Unità cartografica D2a

L'unità si rileva su morfologie pianeggianti, nel settore limitrofo al centro abitato, confinante col territorio del comune di Decimomannu; l'uso è prevalentemente agricolo.

Essa riunisce suoli a profilo A-Bt-C e subordinatamente A-Bw-C, da mediamente profondi a profondi, con tessitura da franco-sabbiosa a franco-sabbio-argillosa, ricchi in scheletro, con drenaggio normale in superficie e lento in profondità.

I suoli sono classificati come Typic Haploxeralfs e Typic Xerochrepts, con poche limitazioni per l'uso agricolo dovute principalmente all'elevato scheletro.

Si consiglia la conservazione degli usi attuali, di carattere prevalentemente agricolo specializzato (colture frutticole e serricole).

• Unità cartografica D2b

I suoli presentano caratteristiche simili ai suoli dell'unità precedente, ma hanno subito un maggiore degrado dovuto all'intensa polverizzazione della proprietà per l'espansione urbana spontanea.

Sussistono alcuni usi agricoli come le colture viticole e ortive, ma gli appezzamenti coltivati sono spesso circondati e compromessi dalle aree edificate; ciononostante questi suoli hanno ancora potenzialità agricole meritevoli di valorizzazione.

Per tale area viene consigliato, perciò, un completamento della infrastrutturazione urbana con incentivazione dell'agricoltura part-time con colture anche ad alto reddito (frutteti, orti e vigne) e la realizzazione di aree a verde pubblico.

• Unità cartografiche D3

Questa unità è limitata unicamente ad alcune aree caratterizzate da una morfologia depressa, a volte in corrispondenza di zone di impluvio (località Su Laccu Mannu e Su Garroppu). Queste aree fungono da collettori delle acque di scorrimento superficiale e nei periodi di abbondanti precipitazioni presentano, pertanto, problemi di drenaggio e di ristagni idrici.

I suoli hanno profilo A-Bt-C, con presenza dell'orizzonte argillico che ne limita il drenaggio profondo, presentano una tessitura franco-argillosa o argillosa, sono media-

mente profondi, e possono presentare abbondante pietrosità superficiale. Sono stati classificati come Aquic Haploxeralfs e Typic Haploxeralfs.

L'uso è caratterizzato da colture arboree (prevalentemente agrumi), da colture ortive e qualche seminativo. I fenomeni di allagamento verificatisi in occasione di intensi eventi piovosi hanno arrecato ingenti danni alle colture, soprattutto alle colture arboree per l'immersione prolungata dell'apparato radicale.

Data l'alta suscettività all'uso agricolo di questi suoli, si deve intervenire con la realizzazione di opportune opere di drenaggio sia sotterranee (tubi drenanti lungo la direzione di deflusso con pendenza opportunamente studiata per lo smaltimento delle acque in aree a maggior drenaggio) che superficiali (cunette laterali alle strade con adeguata pendenza, modellamenti artificiali che livellino le superfici più depresse).

#### *Paesaggi sui depositi marnoso-calcarei e/o argillosi del Tirreniano*

##### *• Unità cartografiche E1*

Questa unità presenta una maggiore estensione nel territorio del comune adiacente (Elmas), nelle aree prospicienti lo stagno, ritrovandosi, all'interno del comune di Assemini come propaggine terminale.

I suoli di questa unità derivano da sedimenti arenacei e marnosi di ambiente salmastro, e presentano profilo A-Bt-Ck, ossia orizzonti ricchi di argilla e con significativi tenori di calcare, derivati dall'alterazione del substrato. La profondità è modesta, la tessitura va da franco-argillosa ad argillosa e il drenaggio è lento in profondità. Questi suoli sono caratterizzati da una stagionale risalita della falda idrica nei periodi piovosi, fenomeno che limita le colture arboree, peraltro presenti.

Per poter migliorare la produttività di queste colture è opportuno intervenire con opere di bonifica per abbassare la falda e migliorare il drenaggio e l'ossigenazione del suolo. Con questi interventi si possono creare condizioni di idoneità anche per le colture sericole.

#### *Paesaggi sulle alluvioni fini dell' Olocene*

##### *• Unità cartografica F1*

L'unità è ubicata ad Ovest dell'abitato, sui sedimenti alluvionali recenti e attuali; la morfologia è pianeggiante. L'uso prevalente è quello orticolo.

I suoli sono profondi e molto profondi, argillosi e con drenaggio da normale in superficie a lento in profondità dove aumenta il contenuto di argilla. Sono stati classificati come Typic Haploxererts; le limitazioni maggiori sono dovute al drenaggio imperfetto e quindi al frequente ristagno d'acqua.

L'utilizzazione agricola attuale, a colture erbacee (ortive e cerealicole), rispecchia le potenzialità naturali di questi suoli, che viceversa non presentano idoneità alle colture arboree.

In ogni caso, per migliorare la produttività agronomica, si consiglia di irrigare a bassa intensità oraria e realizzare opere di drenaggio sia di superficie che di profondità.

Sono inoltre suoli che presentano elevate limitazioni all'edificazione sia di tipo abitativo che commerciale, a causa della loro bassa portanza, della loro facilità a formare crepe anche profonde, della superficialità della falda idrica.

##### *• Unità cartografica F2*

Questa unità cartografica si estende esclusivamente sotto l'abitato di Assemini ed è costituita da suoli derivati dalle alluvioni poco cementate depositate principalmente dal Rio Nuxedda, quando il suo corso d'acqua era ancora libero di divagare, esondando su vaste superfici.

Sono suoli a profilo A-Bw-C e A-C, da profondi a molto profondi, con drenaggio normale, tessitura da franca a franco-argillosa e scheletro moderato. Sono classificati come Fluventic Xerochrepts e Vertic e Typic Xerofluvents.

Sono suoli idonei a tutte le colture, sia erbacee che arboree, e presentano una buona attitudine anche alle colture protette (serricole).

Sono invece moderatamente idonei all'edificazione a causa della presenza della falda superficiale e al rischio di inondazione che si può presentare in occasione di precipitazioni anche non eccezionali.

E', perciò, importante la realizzazione di drenaggi superficiali e profondi di tipo tubolare, che permettano il deflusso delle acque.

• Unità cartografica F3

I suoli di questa unità cartografica si rilevano lungo le fasce golenali del Flumini Mannu e del Rio Cixerri, e in parte orlano i sedimenti fini dello stagno.

Sono suoli caratterizzati dalla presenza della falda superficiale che oscilla tra i 5-6 m nei periodi più asciutti fino al livello del piano di campagna durante il periodo umido.

Questo fenomeno si riscontra nella presenza nel suolo di screziature diffuse che testimoniano condizioni di idromorfia temporanea. Il profilo dei suoli è di tipo A-C e, subordinatamente A-Bw-C, sono generalmente profondi, a tessitura da franco-argillosa ad argillosa, il drenaggio è tendenzialmente lento in profondità. Sono classificati come Vertic Fluvaquents, Typic Fluvaquents e Vertic Halaquents.

Sono suoli utilizzati principalmente per l'agricoltura con colture ortive e seminativi spesso pascolati. Sono effettivamente idonei per le colture erbacee, mentre presentano forti limitazioni per le colture arboree, a causa della superficialità della falda idrica.

Si consigliano opere di drenaggio di superficie e profonde per evitare il ristagno idrico prolungato. Nelle aree golenali si consiglia l'impianto di specie arboree da legname quali frassini, pioppi e salici.

In alcune località si sono riscontrati gravi fenomeni di inquinamento da acque reflue provenienti dagli scarichi fognari a cielo aperto, che non subiscono alcun trattamento di depurazione in quanto l'impianto in località Su Pardu Nou non è in funzione. Nell'area di Is Corras-Terrasili-Laverie Silius, oltre all'inquinamento dagli scarichi fognari si segnala l'inquinamento da rifiuti solidi urbani della ex discarica comunale, dove i rifiuti sono stati abbancati e ricoperti con terra di riporto senza alcun intervento che limitasse l'impatto ambientale.

E' da segnalare che in tale area l'Ente Autonomo del Flumendosa sta realizzando la condotta sotterranea che porterà le acque dell' invaso del Cixerri a quello di Simbirizzi. Le tubature saranno a contatto diretto con i liquami, con inevitabili problemi di infiltrazione di acque inquinate all'interno delle condotte.

E' quindi urgente una completa bonifica dell'area, sia dai liquami che dai rifiuti solidi. Anche in località Sa Mitza si riscontra un grave inquinamento da liquami per la vicinanza di un canale fognario non impermeabilizzato. Oltre all'inquinamento della falda si assiste ad un grave inquinamento dei suoli che vengono attualmente coltivati e pascolati. Nella fascia che perimetra lo stagno si suggerisce la conservazione dello stato naturale e l'infittimento di specie arboree.

• Unità cartografica F4

Questa unità cartografica si rileva in un'area di estensione limitata, al margine occidentale del limite comunale, vicino all'argine destro del Rio Cixerri.

Sono suoli formati sui sedimenti alluvionali fini del Cixerri e del Flumini Mannu, nei quali vi è una forte influenza della falda superficiale salata, a causa dell'ingressione di acqua marina. Hanno profilo A-C, sono profondi e molto profondi, con tessitura argillosa e drenaggio lento. Inoltre presentano un tasso di salinità elevato (4,12 ms/cm di conducibilità); per questo motivo sono classificati come Typic Salaquents.

Sono suoli adatti alle colture erbacee, ma dopo abbondanti irrigazioni per eliminare gli accumuli di sale. Non sono idonei alle colture arboree. Non sono suoli edificabili in quanto presentano le stesse caratteristiche dinamiche dei suoli dell'unità F1 (Vertisuoli).

### *Paesaggi sulle alluvioni ciottolose dell' Olocene*

#### *• Unità cartografica G1*

Questa unità è limitata ai corsi d'acqua principali. Il substrato è infatti rappresentato da alluvioni recenti o attuali a tessitura varia. La morfologia è sempre pianeggiante o anche depressa con influenza più o meno netta della falda freatica. In qualche caso sono possibili anche apporti alluvionali attuali durante le piene più importanti dei vari corsi d'acqua.

I suoli che compongono l'unità appartengono ai sottogruppi dei Typic Xerofluvents e dei Typic Xerorthents, presentano profilo A-C, profondità superiori ai 100 cm, tessitura variabile da franca a sabbioso-franca e sono ben drenati. In generale i suoli che si originano dai sedimenti più vicini al corso dei principali fiumi presentano una percentuale spesso elevata in scheletro (medio e minuto), e classi tessiturali sabbiose o argilloso-sabbiose.

Sono idonei generalmente per tutte le colture, anche se possono presentare localmente una elevata pietrosità superficiale alla quale si può ovviare con gli spietramenti.

Non sono suoli edificabili per l'alto rischio di inondazione, che comunque è meno frequente da quando i corsi d'acqua sono stati regimati e canalizzati. In ogni caso, a causa della completa incuria delle opere idrauliche, si sono verificati episodi di inondazione in coincidenza di precipitazioni intense, ma è molto forte il rischio di fenomeni di alluvionamento di ben più vasta portata se non si effettua una seria gestione degli alvei (pulizia periodica).

### *Paesaggi sui sedimenti palustri dell'Olocene*

#### *• Unità cartografica H1*

E' l'unità estesa sulle forme pianeggianti o depresse prossime agli stagni, incolta o con vegetazione naturale alofila. I suoli sono classificati come Aquollic e Typic Salorthids, profondi, argillosi. Si tratta di suoli a severe limitazioni d'uso derivanti dall'elevata idromorfia profonda e dall'eccesso di salinità superficiale; il loro profilo è di tipo A-C, con tessitura argillosa e drenaggio da lento ad impedito. Sebbene in alcuni casi si possa ricorrere a onerosi interventi di bonifica e desalinizzazione, la non idoneità alle coltivazioni è da ritenersi permanente; si tratta comunque di un'unità ad elevato interesse paesaggistico per le alte valenze naturalistiche presenti (sia faunistiche che vegetazionali) e per le quali si auspica un'azione di salvaguardia che garantisca la totale conservazione dell'ambiente naturale.

## **5. La land evaluation**

In questo lavoro è stato seguito il metodo di valutazione territoriale di tipo *indiretto* o *potenziale*. Questo si basa sul principio che certe proprietà dei suoli o dell'area in esame influenzino in maniera ragionevole il successo di un particolare uso del suolo e che la qualità di un territorio possa essere dedotta dalla osservazione di queste.

Il primo passo nell'interpretazione di un territorio è mirato ad accertare quali proprietà siano destinate ad assumere una certa rilevanza, ad accertare se possano essere misurate o stimate senza difficoltà, ed in seguito a procedere alla loro stima. Dette proprietà sono state individuate durante il rilevamento e gli studi di base per la valutazione. Comprendono caratteri del suolo e del clima, caratteri morfologici e idrologici e quant'altro possa essere utile alla definizione delle unità del territorio ed alla loro classificazione.

Il processo di valutazione inizia quindi con la precisazione del tipo di utilizzazione e continua con il rilevamento dei caratteri e delle qualità del territorio e la definizione dei requisiti d'uso.

Do po avere stabilito lo scopo della valutazione, acquisito i dati per l'elaborazione e definito

i requisiti necessari per poter sviluppare un uso specifico nel territorio in esame, occorre procedere al trattamento di questi tre elementi per attribuire le classi di attitudine alle varie unità cartografiche. Questo obiettivo viene raggiunto mediante la realizzazione di una tabella di confronto (*matching table*). In questa tabella vengono confrontati i requisiti di un determinato tipo di utilizzazione con le qualità delle unità territoriali rilevate sul territorio, attribuendo ad ognuna di queste una classe che rappresenta, in maniera decrescente, il *valore* del territorio: le classi più basse rappresentano le condizioni migliori, le più alte le peggiori.

Esistono differenti metodi di classificazione nei procedimenti di Land Evaluation; nel caso del Comune di Assemmini ne sono stati adottati due.

La procedura comunemente adottata per stimare la capacità di un territorio a sostenere ampi sistemi agro-silvo-pastorali (Land Capability Classification) è stata utilizzata nell'ambito della classificazione dell'intero territorio.

La metodologia relativa alla valutazione delle *suscettività d'uso* di un territorio a specifiche pratiche (Land Suitability Classification) è stata applicata solamente nell'area di pianura.

A tal fine sono state redatti gli "schemi di classificazione" per l'attitudine dei suoli per i diversi usi che riportano le caratteristiche ambientali che possono influenzare quel tipo di uso ed i gradi crescenti di limitazione definiti dalle 5 classi (da S1 a N2). Le caratteristiche ovviamente variano in funzione dell'uso esaminato.

Sono state quindi realizzate le tabelle delle "classificazioni attitudinali del territorio" in funzione di un uso specifico. Per ciascuna unità cartografica è stato valutato il grado di idoneità relativo alle caratteristiche ambientali. La caratteristica col grado di idoneità più limitante definisce la classe di attitudine finale assegnata alle unità cartografiche.

Infine è stato elaborato uno "schema riepilogativo" delle classi finali attribuite a ciascuna unità cartografica. L'analisi di questo schema permette di identificare per ciascuna unità cartografica quali siano gli usi compatibili, definiti dalle classi S1-S2-S3, e quali quelli da evitare, definiti dalle classi N1-N2.

Inoltre poiché le singole unità cartografiche presentano, talvolta, dei caratteri (pendenza, pietrosità, ecc.) non perfettamente omogenei in ogni loro parte, la classe di attitudine finale non è singola, ma composta. Tale inconveniente può essere superato attraverso la realizzazione di una cartografia di maggior dettaglio, che permetta di scomporre l'unità in modo da ottenere una classe di attitudine maggiormente definita.

Per quanto concerne l'uso pascolativo le caratteristiche ambientali considerate e gli schemi di valutazione adottati, sono quelle consigliati per la Sardegna e già utilizzati in altre occasioni (Aru, Baldaccini, Loj, 1980).

Per quanto riguarda le caratteristiche ambientali considerate per l'uso insediativo residenziale, ed in parte anche per quello industriale e commerciale e per gli impianti sportivi, è necessario precisare che sono state prese in esame quelle che più frequentemente possono limitare una tale destinazione: la tessitura del suolo, la profondità della falda durante alcuni periodi dell'anno, il drenaggio del sito, il rischio di inondazione, la capacità dei suoli a contrarsi e rigonfiarsi (Cole).

Non sono state considerate, invece, le caratteristiche geotecniche, sia per la mancanza di dati specifici e precisi per tutte le litologie dell'area, sia perchè comunque è necessario richiedere le indagini e le prove geotecniche, sia per la realizzazione di opere pubbliche che private, secondo quanto disposto dal D.M.LL.PP. 11/3/88 (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione) tutt'ora totalmente inapplicato, sia nel campo dell'edilizia residenziale che, talvolta, nel campo delle opere pubbliche dalla maggioranza dei comuni della Sardegna.

Per motivi di sintesi, vengono di seguito riportati solo alcuni degli schemi di classificazione (*rating*) e delle tabelle utilizzate per l'attribuzione delle classi di attitudine ai vari

Caratteristiche ambientali	Classi di attitudine				
	S1	S2	S3	N1	N2
Profondità del suolo (cm)	>100	60 - 100	40 - 60	30 - 40	<30
Tessitura	F - FS - FSA	S - FA	A - ciottolosa	ciottolosa	ciottolosa
Profondità della falda (cm)	>150	100 - 150	50 - 100	<50	<30
Drenaggio interno	Normale	Normale	Lento	Molto lento	Impedito
Rischio di inondazione	Assente	Assente	Occasionale	Periodico	Costante
Pietrosità superficiale	Assente	Comune	Elevata	Elevata	Molto elevata
Profondità orizzonte petrocalcico (cm)	>100	80 - 100	40 - 80	>40	Superficiale
Pendenza (%)	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	<40
Velocità di disidratazione del suolo	Normale	Normale	Lenta Rapida	Molto lenta	Molto lenta

Tab. 1a. Schema di classificazione della attitudine dei suoli alle colture protette e vivaistiche

Caratteristiche ambientali	Classi di attitudine				
	S1	S2	S3	N1	N2
Tessitura	F - FS - FA - SF	S - A - AS ciottolosa	S - A espandibile	-	-
Profondità della falda (cm)	>300	300 - 200	200 - 100	<100	<50
Drenaggio del sito	Normale Rapido	Lento	Molto lento	Impedito	Impedito
Rischio di inondazione	Assente	Assente	Occasionale	Frequente	Costante
Pendenza (%)	0 - 8	8 - 20	20 - 30	>30	-
COLE	Scarso <0.03	Moderato 0.03 - 0.09 Suoli argillosi	Medio >0.09 Suoli organici e argillosi	Elevato	Elevato

Tab. 1b. Schema di classificazione della attitudine dei suoli all'uso edilizio abitativo

Unità cartografiche	Caratteristiche ambientali									CLASSE FINALE
	Tessitura	Profondità suolo (cm)	Profondità falda (cm)	Drenaggio del suolo	Rischio di inondazione	Pendenza %	Pietrosità %	Pres. or. petrocalcico		
A1	S1 - S3	S3 - N1	S1	S1 - S3	S1	S1	S1 - S2	S1	S3 - N1	
B1	S1 - S3	S1	S1	S3 - N1	S1	S1	S1 - S2	S2 - S3	S3 - N1	
B2	S1	S1 - S2	S1	S2 - S3	S1	S1	N1 - N2	S1	N1 - N2	
C1	S1 - S2	S1	S1	S2 - S3	S1	S1	S2 - S3	S3	S3	
C2	S1 - S2	S1	S1	S2 - S3	S1	S1	S2	S1	S2 - S3	
D1a	S1	S2	S1	S1 - S3	S1	S1	S2 - S3	S1	S2 - S3	
D1b	S1 - S2	S2	S1	S1 - S3	S1	S1	N1 - N2	S1	N1 - N2	
D2a	S1	S1 - S3	S1	S1 - S3	S1	S1	S3	S1	S3	
D2b	S1	S1 - S3	S1	S1 - S3	S1	S1	S3	S1	S3	
D3	S2 - S3	S2	S1	S3 - N1	S3	S1	S2 - S3	S1	S3 - N1	
D4	S2 - S3	S1 - S3	S1	S2 - S3	S1	S1	N1	S1	N1	
E1	S2 - S3	S2 - S3	S2	S2 - S3	S1	S1	S1	S1	S2 - S3	
F1	S3	S1	S2	S2 - S3	S1	S1	S1	S1	S3	
F2	S1 - S2	S1	S3	S1 - S2	S3	S1	S2	S1	S3	
F3	S2 - S3	S1	N1 - N2	S3	S3 - N1	S1	S1	S1	N1 - N2	
F4	S3	S1	S3 - N1	S3	S3	S1	S1	S1	S3 - N1	
G1	S1	S1	S2 - S3	S1	N1 - N2	S1	S2 - S3	S1	N1 - N2	
H1	S3	S1	N1 - N2	N2	N1	S1	S1	S1	N2	

Tab. 2b. Suscettività all'uso agricolo (colture protette e vivaistiche)

Unità cartografiche	Caratteristiche ambientali						CLASSE FINALE
	Tessitura	Profondità falda (cm)	Rischio di inondazione	Pendenza %	Drenaggio del sito	COLE	
A1	S1 - S2	S1	S1	S1	S1	S1	S1 - S2
B1	S1 - S2	S1	S1	S1	S1	S1	S1 - S2
B2	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
C1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
C2	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
D1a	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
D1b	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
D2a	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
D2b	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
D3	S1 - S2	S1	S3	S1	S3	S1	S3
D4	S1 - S2	S1	S1	S1	S1	S1	S1 - S2
E1	S1 - S2	S3	S1	S1	S1	S1	S3
F1	S2	N1 - N2	S3	S1	S1	N2	N2
F2	S1	N1 - N2	S3	S1	S1	S1	N1 - N2
F3	S1 - S2	N1 - N2	S3	S1	S2	S1	N1 - N2
F4	S2	N2	S1	S1	S2	S3	N2
G1	S1	N1 - N2	N1	S1	S1	S1	N1 - N2
H1	S2	N2	N1	S1	N1	N2	N2

Tab. 2a. Suscettività all'uso edilizio abitativo

UNITA' CARTO-GRAFICHE	USI AGRICOLI					
	Culture Arboree	Culture Ortive	Culture Cerealicole	Culture Protette	Viticole da Tavola	Viticole da Vino
A1	S3 - N1	S3	S2	S3 - N1	S3	S3
B1	S2 - N2	S3	S2	S3 - N1	S1 - S3	S2 - S3
B2	S3	S3 - N1	S3	N1 - N2	N1	N1
C1	S2 - N1	S3 - N1	S1 - S3	S3	S2 - S3	S2 - S3
C2	S2 - S3	S3	S2	S2 - S3	S2 - S3	S1 - S2
D1a	S3	S3	S3	S2 - S3	S3 - N1	S3 - N1
D1b	S3	N1	S3	N1 - N2	N1	N1
D2a	S3	S3	S3	S3	S3 - N1	S3 - N1
D2b	S3	N1	S3	S3	S3 - N1	S3 - N1
D3	S3 - N1	S3 - N1	S2 - S3	S3 - N1	S3	S3 - N1
D4	S3 - N1	N1	S3	N1	N1	N1
E1	S2 - S3	S3	S2	S2 - S3	S2 - S3	S3
F1	N1 - N2	S2	S1 - S2	S3	S2 - S3	S3
F2	N1 - N2	S3	S2	S3	S2	S3
F3	N1 - N2	S2	S1 - S2	N1 - N2	S3 - N1	N1 - N2
F4	N2	S3	S2	S3 - N1	S3 - N1	N1 - N2
G1	N1 - N2	S3 - N2	S3 - N1	N1 - N2	N1	N2
H1	N2	N1	N1	N2	N1	N2

Gradi di attitudine

S1: molto suscettivo                      S2: mediamente suscettivo                      S3: marginalmente suscettivo  
N1: temporaneamente non suscettivo (richiede interventi molto costosi)  
N2: permanentemente non suscettivo

Tab. 3. Schema finale delle classi di suscettività d'uso (Land Suitability Classification)

UNITA' CARTOGRAFICHE	ALTRI USI			
	Pascolativo	Edilizio Commerciale	Edilizio Abitativo	Impianti Sportivi
A1	S2 - S3	S2	S1 - S2	S3
B1	S1 - S3	S1 - S2	S1 - S2	S1 - S2
B2	S3 - N1	S1	S1	S3 - N1
C1	S1 - S3	S1	S1	S2 - N1
8C2	S1 - S3	S1	S1	S2 - S3
D1a	S3 - N1	S1	S1	S3 - N1
D1b	N1	S1	S1	S3 - N1
D2a	S3 - N1	S1	S1	S3 - N1
D2b	S3 - N1	S1	S1	S3 - N1
D3	S2 - S3	S3	S3	S3 - N1
D4	N1	S1 - S2	S1 - S2	S2 - S3
E1	S1 - S3	S3	S3	S2 - S3
F1	S3	N1 - N2	N2	S3
F2	S1 - S3	N1 - N2	N1 - N2	S3
F3	S3	N1 - N2	N1 - N2	S3
F4	S3	N2	N2	S3 - N1
G1	N1	N1 - N2	N1 - N2	S3 - N1
H1	N1	N2	N2	N1

Gradi di attitudine

S1: molto suscettivo      S2: mediamente suscettivo      S3: marginalmente suscettivo  
N1: temporaneamente non suscettivo (richiede interventi molto costosi)  
N2: permanentemente non suscettivo

Tab. 4. Schema finale delle classi di suscettività d'uso (Land Suitability Classification)

usi proposti per ciascuna unità cartografica, esemplificativi della metodologia adottata. Viene, invece, riportato integralmente lo schema riepilogativo delle classi di suscettività d'uso per l'intero territorio comunale.

### Conclusioni

Lo studio territoriale effettuato per la stesura del P.U.C. di Assemini, con l'analisi di alcune componenti del territorio (geomorfologia, uso del suolo e pedologia), ha portato ai seguenti risultati:

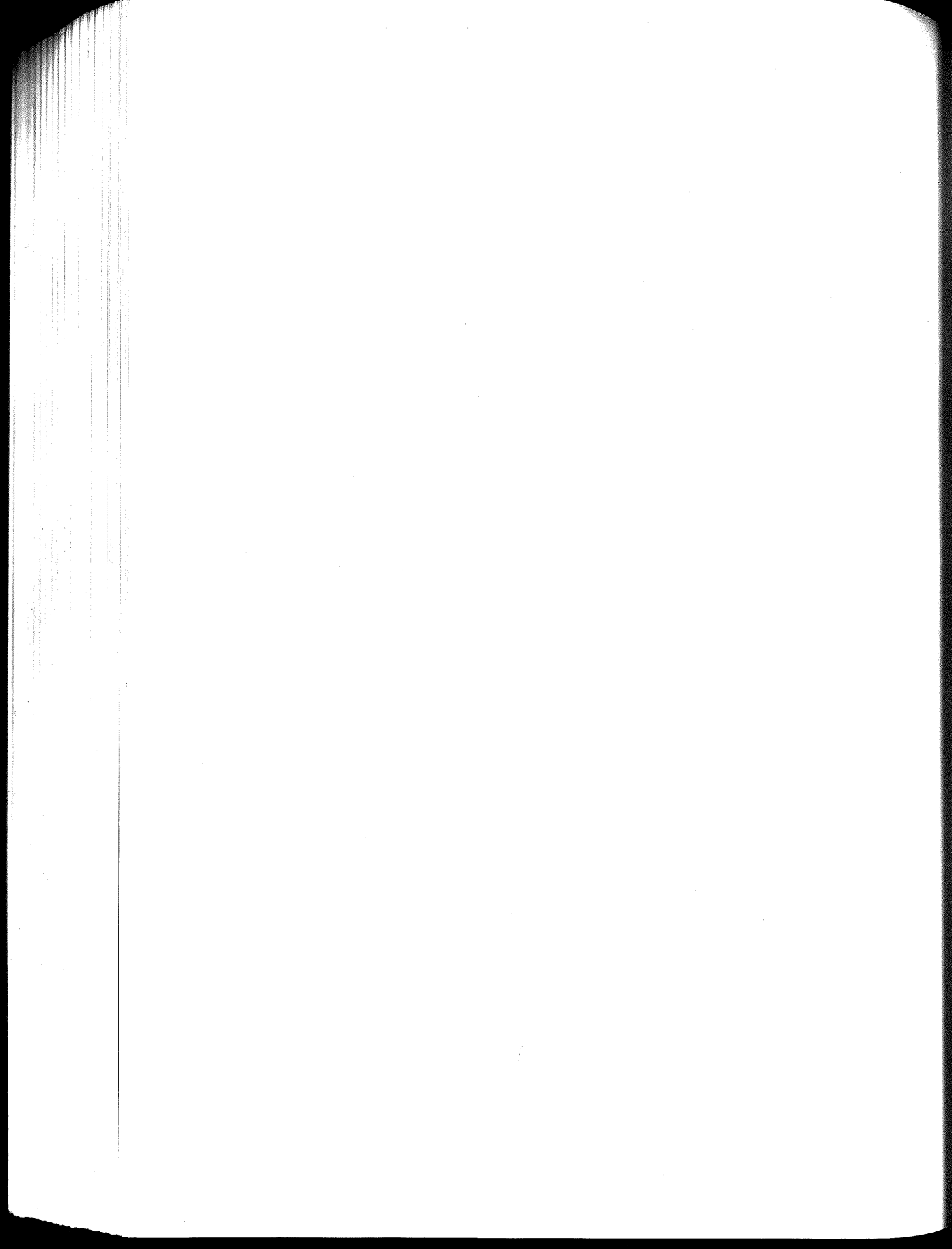
- individuazione e delimitazione delle diverse tipologie pedologiche;
- valutazione della suscettività dei suoli per usi diversi (agricolo, insediativo, pascolativo, etc.);
- individuazione delle aree ad elevata compromissione e ad alto rischio di degrado;
- individuazione delle aree più idonee all'espansione urbana in funzione anche della tipologia pedologica.

Sulla base di tali risultati e considerazioni, il Piano Urbanistico Comunale può essere indirizzato verso una pianificazione più completa in cui si tenga conto di tutti gli aspetti ambientali e produttivi, e grazie alla quale si arrivi ad un rapporto compatibile tra urbanizzazione, usi agricoli e di fruizione dell'ambiente.



## Bibliografia

- F. Arangino, A. Aru, P. Baldaccini & S. Vacca (1986) "I suoli delle aree irrigabili della Sardegna", con 25 fogli in scala 1:100.000 ed 1 carta in scala 1:250.000 Piano Generale delle Acque, (Regione Autonoma della Sardegna - Ente Autonomo del Flumendosa)
- A. Aru, P. Baldaccini, G. Loj (1980) "I suoli: caratteristiche che determinano la marginalità e la loro valutazione per il pascolo". Estr. da C.N.R., sistemi agricoli marginali. Lo scenario Marghine - Planargia. pagg. 29-52
- A. Aru, P. Baldaccini & A. Vacca (1991) "Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna" con una carta in scala 1:250.000 (Regione Autonoma della Sardegna - Università degli Studi di Cagliari)
- A. Aru, P. Baldaccini & S. Vacca (1978) "Metodologia di base per una corretta pianificazione territoriale" Atti del conv. La Sardegna nel mondo mediterraneo
- A. Cherchi, A. Marini, M. Murru & A. Ulzega (1978) "Movimenti neotettonici nella Sardegna meridionale" Memorie Soc. Geolog. Ital., n° 19 (1), pagg. 581-587
- F. Fantola & M.R. Lai (1994) "Il contributo della geopedologia nella pianificazione territoriale: il Piano Urbanistico del Comune di Quartu S.Elena Sardegna meridionale" Atti del VIII Congresso Nazionale dell'Ordine dei Geologi. Roma, Italia, 21-23 Gennaio 1994
- Guida Tecnica Progetto Corine-Land cover (1993). Pubbl. dalla CEE Direction générale, environnement, sécurité nucléaire et protection civile.
- M.R. Lai, S. Loddo, R. Puddu, A. Aru, P. Baldaccini (1994) "Geological, soil and environmental survey in the Rio Santa Lucia Catchment" Proceedings of the conference: "Land Use and Soil Degradation - MEDALUS in Sardinia" held in Sassari, Italy, 25 May, 1994
- S. G. Mc Rae & C. P. Burnham (1981) "Land Evaluation" Ed. Clarendon press - Oxford
- A. Pala (1983) "Studio geoidrologico della piana di Capoterra (Sardegna sud-occidentale)" Rend. Semin. Facoltà di Scienze Univ. di Cagliari, n° 53 (2), pagg. 171-196
- R. Puddu & M.R. Lai (1992) "Indagini pedologiche e geoambientali nel bacino del Rio S. Lucia (Sardegna meridionale)", Geologica Romana, Vol. XXX, pagg. 335-350
- Regione Autonoma della Sardegna (1993) "Disposizioni di omogeneizzazione e di coordinamento dei Piani Territoriali Paesistici - Testo aggiornato della L.R. 22.12.1989, n°45 e successive modificazioni ed integrazioni, recante: Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale" B.U.R.A.S. n° 44, 19.11.1993
- Regione Autonoma della Sardegna (1989) "Norme per l'istituzione e la gestione dei parchi, delle riserve e dei monumenti naturali, nonché delle aree di particolare rilevanza naturalistica ed ambientale. Testo della L.R. 7 Giugno 1989, n° 31" B.U.R.A.S. n° 22, 16.6.1989
- Seuffert O. (1970) - Die reliefentwicklung der grabenregion sardiniens (L'evoluzione del rilievo nel Campidano e nel bacino del Cixerri). Wurz. Geogr. Arb., vol. 24.
- J. Tricart, R. Raynal & J. Besancon (1972) "Cones rocheux, pédiments, glacis" Annales de Géographie, n° 443
- U.S.D.A. - Soil Conservation Service (1992) "Keys to Soil Taxonomy" ed. Pocahontas Press, Inc.



# **I SUOLI DELLE AREE INDUSTRIALI DISMESSE DEL GOLFO DI NAPOLI. CARATTERISTICHE, GENESI E CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DELL'ACCIAIERIA (ILVA) DI BAGNOLI.**

**C. Buondonno, Dip.to Scienze Chimico-Agrarie, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II"**

**A. Buondonno, Dip.to Scienze Chimico-Agrarie, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II"**

**A. Ermice, Facoltà di Scienze Ambientali, Seconda Università di Napoli, Caserta**

**M. Murolo, Dip.to Scienze Chimico-Agrarie, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II"**

**M.L. Pugliano, Dip.to Scienze Chimico-Agrarie, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Napoli "Federico II"**

**G. Caligiuri, N. Pascale, C. Tia, ILVA (in liquidazione), Napoli.**

## **1. Riassunto**

Le aree immediatamente ad oriente ed occidente di Napoli segnano profondamente lo sviluppo della città: già dall'ottocento, infatti, esse vengono scelte per dare a Napoli prospettive di metropoli industriale.

Con alterne vicende si giunge all'ultimo dopoguerra in una situazione di completo ribaltamento: queste aree che avevano svolto un importante ruolo di crescita economica, si rivelano, nelle mutate situazioni storiche, un ostacolo alle nuove esigenze di vivibilità.

Nel momento attuale su queste due aree è incentrato il dibattito e lo scontro tra le forze sociali per il futuro assetto urbanistico.

Nell'ambito del programma di ricerca, è stato avviato lo studio dei suoli dello stabilimento siderurgico ILVA in liquidazione, a Bagnoli, nell'area occidentale di Napoli.

I risultati della ricerca hanno messo in luce l'esistenza di caratteri dei suoli che non trovano pienamente riscontro nelle specificazioni previste dalla Soil Taxonomy.

Il dato più significativo è la dominanza di materiali di risulta dell'attività siderurgica nella costituzione dei profili di suolo.

Per classificare questi suoli in modo più aderente alla loro genesi ed alle loro caratteristiche, per alcuni di essi si propone l'introduzione del nuovo sottogruppo: "FOUNDRIC" Xerorthents.

## **2. Introduzione**

Consapevoli dell'importanza della questione della vivibilità dell'area metropolitana di Napoli, di interesse sovranazionale, e della necessità di ribadire il ruolo della Pedologia nella pianificazione e gestione del territorio, perché la valutazione delle attitudini dei suoli, basata su rigorosi criteri di classificazione pedologica, costituisce elemento essenziale

di un Piano Regolatore, si è avviato un programma di ricerche per la caratterizzazione dei suoli delle aree industriali dismesse del golfo di Napoli, a partire dai suoli dello stabilimento siderurgico ILVA in liquidazione, nell'area occidentale della città.

Considerando la natura degli insediamenti, l'obiettivo iniziale dello studio è stato la caratterizzazione dei suoli fatti o modificati dall'uomo.

La valutazione delle loro limitazioni ed attitudini all'uso, in considerazione dell'importanza che la destinazione dell'area di Bagnoli ha per lo sviluppo e l'assetto futuro della città, costituisce uno degli obiettivi del prosieguo della ricerca.

I suoli dello stabilimento siderurgico ILVA, ora in liquidazione, occupano quasi tutta la parte occidentale della piana di Fuorigrotta-Bagnoli, per complessivi 300 ettari circa, di cui 20 ettari (Parco Fossili) conquistati al mare, con colmata tra i pontili, per acquisire nuovi spazi mediante riempimenti a mare e costruire la grande piattaforma necessaria per il ricevimento delle materia prime, minerali ferrosi e i fossili destinati alla cokeria.

La storia dell'insediamento dell'impianto siderurgico è un elemento essenziale per l'interpretazione della genesi e delle caratteristiche dei suoli. Si è ritenuto pertanto utile presentare in questa comunicazione una sintesi dell'evoluzione storico-impiantistica dello stabilimento, ad integrazione dello studio pedologico.

### 3. Lo studio pedologico.

(C. Buondonno, A. Buondonno, A. Ermice, M. Murolo, M.L. Pugliano)

#### 3.1 Materiali e metodi

I suoli dello stabilimento siderurgico sono stati studiati secondo i criteri dell'Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975) e delle Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1992). Su campioni prelevati dagli orizzonti di ciascun profilo è stata eseguita la determinazione del pH in sospensione acquosa, in KCl 1 N secondo i metodi proposti dalla SISS (1985), e il pH in NaF 1 M con rapporto suolo soluzione 1:50. Il carbonio organico e l'azoto sono stati determinati secondo i metodi proposti dalla SISS (1985). La determinazione dell'alluminio e del ferro estraibili in ammonio ossalato a pH 3 è stata effettuata secondo il metodo di Schwertmann (1964); la determinazione dell'alluminio e del ferro in Na-pirofosfato è stata effettuata secondo il metodo SISS (1985); la ritenzione dei fosfati è stata eseguita secondo il metodo di Blakemore et al. (1987).

#### 3.2 Risultati e discussione

Nell'area studiata tutti i suoli sono "fatti o modificati dall'uomo".

I diversi suoli esaminati sono stati riferiti a tre gruppi principali:

- a. *Fase ricoperta di suoli naturali;*
- b. *Suolo artificiale su suolo naturale;*
- c. *Suolo di riporto su stratificazioni di materiali di risulta dell'attività industriale.*

La distinzione tra "suolo artificiale e suolo naturale si deve intendere basata sulla natura, origine e provenienza dei materiali, rispettivamente:

- da artefatti e/o intermedi industriali, materie prime e scorie dell'attività siderurgica;
- da materiali terrosi.

Nelle tabelle relative ai dati analitici non sono stati compresi, ai fini della presente comunicazione, tutti i risultati dell'indagine analitica sui metalli pesanti e sullo stato di alterazione dei materiali ferrosi e scorie, che sono oggetto del prosieguo dello studio.

#### a. *Fase ricoperta di suoli naturali.*

In questo raggruppamento sono stati inclusi i suoli con fasi di ricoprimento antropico ri-

spettivamente con materiali della ferriera e con fossili, riferibili ai due profili: Parco Minerali 1 e Parco Fossili.

Il Profilo Parco Minerali 1 è localizzato in un'ampia area destinata a deposito delle materie prime e dei prodotti intermedi dei processi di lavorazione. Il Parco è ancora in gran parte investito da alcuni di questi materiali e presenta vaste aree ricoperte da vegetazione spontanea pioniera prevalentemente erbacea.

Presenta una copertura dello spessore di 30-45 cm di materie prime, scorie e di materiale di risulta dei processi industriali, su materiale di chiara natura piroclastica dell'attività flegrea.

Il Profilo Parco Fossili è localizzato in un'area di riempimento a mare di circa venti ettari utilizzata per il deposito e stoccaggio di carbone fossile.

Presenta una copertura di carbone di spessore variabile tra i 5 e i 30 cm su materiale piroclastico flegreo rimaneggiato.

Entrambi questi profili vengono classificati come Vitrandic Xerorthent.

La descrizione dei profili e le analisi di laboratorio sono illustrate nelle tabelle relative.

**b. Suoli di riporto su stratificazioni di materiale di risulta dell'attività industriale.**

Questi suoli presentano in superficie un ricoprimento di materiali prevalentemente terrosi su una successione di strati costituiti in prevalenza da materiali di risulta dell'attività industriale.

In questo gruppo sono stati inclusi i suoli rappresentati dai profili:

- Laminatoio;
- Cementir, di cui si riportano la descrizione del profilo e i risultati analitici;
- Deposito bramme.

Nei suoli in questione vi sono segni di deposizioni e rimaneggiamento che potrebbero suggerire la classificazione del sottordine Fluvent o di sottogruppi fluventici.

Come già osservato da alcuni autori in situazioni rapportabili (J.R. Short et al. 1986; W.M. Schaffer et al., 1980; W.M. Schaffer, 1979;), il concetto centrale dei fluvent è quello di suoli formati dai sedimenti depositati dalle acque. Il contenuto variabile di sostanza organica, diagnostico per l'inquadramento tassonomico nel Fluvent e nei sottogruppi fluventici, è il risultato di ripetute deposizioni alluvionali con contenuti variabili di materiale organico. In alcuni profili possono essere anche trovati delle esili stratificazioni dei sedimenti trasportati dalle acque.

I suoli dello stabilimento siderurgico in esame sono formati da un miscuglio di materiali depositati dall'uomo in diversi periodi; essi non sono stati generati da depositi alluvionali e non esibiscono la stratificazione esile tipica dei sedimenti depositati dall'acqua.

**Profilo PARCO MINERALI 1 - Vitrandic Xerorthent -**

<i>oriz.</i>	<i>profon. (cm)</i>	<i>colore</i>	<i>scheletro</i>	<i>struttura</i>	<i>consistenza</i>	<i>limite</i>	<i>evidenze</i>
<b>C1</b>	0-1,5	5YR 3/4	abbondantissimo	pol-sub, debole	friabilissimo	lineare abrupto	prodotti di ferriera con radici fni abbondantissime
<b>C2</b>	1,5-20	2,5YR 3/4	abbondantissimo	pol-sub, med. resistente	molto resistente	lineare abrupto	prodotti di ferriera
<b>C3</b>	20-40	5Y 2/2	abbondantissimo		resistente	lineare abrupto	prodotti di ferriera
<b>C4</b>	40-43	10YR 5/8	abbondantissimo		resistente		prodotti di ferriera
		2,5YR 4/6					
		2,5YR 3/6					
		10R 3/4					
<b>A1</b>	43-70	2,5Y 4/4	molto frequente, pomiceo	pol-sub, debole	resistente	lineare abrupto	
<b>A2</b>	70-90	2,5Y 5/4	abbondantissimo, pomiceo	astrutturato	friabile	lineare abrupto	
<b>A3</b>	90-100	2,5Y 4/4	abbondante, pomiceo	pol-sub, ang, molto debole	med. resistente	lineare abrupto	
<b>A4</b>	100-120	2,5Y 4/4	comune, pomiceo	pol-sub, ang, molto debole	friabile	lineare abrupto	
<b>2C5</b>	120-140	2,5Y 4/4	abbondantissimo, pomiceo	astrutturato	friabile	lineare abrupto	
<b>3C6</b>	140-165/170	2,5Y 5/4	scarso	pol-sub, ang, debole	med. resistente	lineare chiaro	strato cineritico
<b>4C7</b>	165/170-200	2,5Y 5/2	abbondantissimo, pomiceo	astrutturato	med. resistente		strato misto di pomici e cenere

<i>Orizzonte</i>		<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>2C5</b>	<b>3C6</b>	<b>4C7</b>
<i>Profondità</i>	cm	0-1,5	1,5-20	20-40	40-43	43-70	70-90	90-100	100-120	120-140	140-165/170	165/170-200
<i>pH</i>	<i>H2O</i>	8,42	7,82	8,66	8,38	8,03	8,05	8,34	7,91	7,14	7,51	7,61
	<i>NaF</i>					8,92	8,47	8,68	8,49	7,82	8,47	7,94
	<i>KCl</i>	8,18	7,64	7,55	7,95	6,81	7,05	7,74	7,09	7,22	6,68	7,01
<i>Carbonio org.</i>	%	0,47	0,03	1,13	0,09	0,03	0,02	0,18	0,01	ass.	0,01	ass.
<i>Sost. Org.</i>	%	0,80	0,06	1,92	0,16	0,05	0,04	0,31	0,02	ass.	0,02	ass.
<i>Azoto tot.</i>	%	0,026	ass.	0,144	0,015	0,004	0,004	0,004	0,036	ass.	0,001	0,001
<i>C/N</i>		18,30		7,80	6,21	8,30	5,50	50,00	2,77		10,00	
<i>Ass. fosfati</i>	%	16,9	15,7	29,0	20,9	16,4	10,3	10,8	8,1	9,7	9,4	2,3
<i>Al (ox)</i>	%	0,08	0,08	0,25	0,17	0,15	0,03	0,11	0,12	0,09	0,06	0,19
<i>Fe (ox)</i>	%	0,26	0,25	1,09	0,20	0,40	0,21	0,14	0,06	0,04	0,18	0,10
<i>Al+1/2Fe (ox)</i>	%	0,21	0,21	0,80	0,27	0,35	0,14	0,18	0,15	0,11	0,15	0,24
<i>Al (pir)</i>	%	0,0265	0,0051	0,0066	0,0204	0,0248	0,0176	0,0112	0,0077	0,0069	0,0103	0,0090
<i>Fe (pir)</i>	%	0,0094	0,0033	0,0104	0,0429	0,0162	0,0156	0,0067	0,0083	0,0051	0,0083	0,0127

**Profilo PARCO FOSSILI - Vitrandic Xerorthent -**

<i>oriz.</i>	<i>prof.(cm)</i>	<i>colore</i>	<i>scheletro</i>	<i>struttura</i>	<i>consisten.</i>	<i>limite</i>	<i>evidenze</i>
<b>C</b>	0-5/30	5Y 2/2	abbondantissimo	astrutturato	molto friabile	ondulato	radici abbondantissime, molto fini
<b>A1</b>	5/30-50	2,5Y 4/4	abbondantissimo calcareo, pomiceo	pol-sub, piccola e media, debole	molto resistente	lineare abrupto	manufatti vari
<b>A2</b>	50-85/90	10YR 3/3	frequente, pomiceo	pol-sub, piccola e media, debole	resistente	ondulato	qualche radice media
<b>A3</b>	85/90-100	10YR 4/3	abbondante, pomiceo	pol-sub, piccola e media, molto debole	abbastanza friabile	lineare chiaro	qualche radice fine
<b>A4</b>	100-130	2,5Y 4/2	frequente, pomiceo	pol-sub	resistente	lineare chiaro	qualche radice media e manufatti
<b>A5</b>	130-140	2,5Y 3/2	comune, pomiceo	pol-sub, media, debole	friabile	lineare chiaro	radici assenti
<b>A6</b>	140-165	10YR 4/2	abbondante, pomiceo	pol-sub, media, molto debole	molto friabile	sconosciuto	manufatti vari
<b>A7</b>	165-200	2,5Y 3/2	abbondante	pol-sub, media, debole	molto friabile		radici assenti

<i>Orizzonte</i>	<b>C</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	
<i>Profondità</i>	cm	0-5/30	5/30-50	50-85/90	85/90-100	100-130	130-140	140-165	165-200
<i>H<sub>2</sub>O</i>		8,33	7,82	7,38	7,9	7,65	7,33	7,76	7,48
<i>pH</i>									
<i>NaF</i>			9,37	8,32	8,08	8,52	8,54	8,06	8,24
<i>KCl</i>		7,54	7,21	6,97	7,17	7,02	6,73	7,09	6,90
<i>Carbonio org.</i>	%	89,00	0,22	0,22	0,07	0,39	0,51	0,22	0,37
<i>Sost. Organica</i>	%		0,37	0,37	0,12	0,67	0,93	0,37	0,63
<i>Azoto tot.</i>	%	0,061	0,073	0,100	0,042	0,067	0,045	0,009	0,020
<i>C/N</i>			3,0	2,2	1,6	5,80	11,10	23,90	18,10
<i>Ass. Fosfati</i>	%	4,4	23,7	7,1	11,3	18,2	22,1	16,5	17,0
<i>Al (ox)</i>	%	0,027	0,172	0,076	0,050	0,097	0,127	0,086	0,096
<i>Fe (ox)</i>	%	0,133	0,512	0,258	0,128	0,218	0,304	0,206	0,200
<i>Al+1/2Fe (ox)</i>	%	0,093	0,432	0,205	0,114	0,206	0,279	0,189	0,196
<i>Al (pir)</i>	%	0,0114	0,0119	0,0225	0,0090	0,0205	0,0336	0,0136	0,0190
<i>Fe (pir)</i>	%	0,0055	0,0060	0,0131	0,0043	0,0313	0,0582	0,0231	0,0412

Profilo CEMENTIR - Foundric Xerorthent -							
oriz.	profon. (cm)	colore	scheletro	struttura	consistenza	limite	evidenze
Oi	1-0						foglie di eucalipto e steli di graminacee
A1	0-5	2,5Y 4/4	comune, pomiceo	glomerulare e pol-sub molto debole	molto friabile	lineare chiaro	radici abbondantissime fini
A2	5-25	2,5Y 4/4	frequente, pomiceo e tufaceo	pol-sub e ang poco resistente	friabile	lineare abrupto	radici abbondantissime medie
A3	25-60/70	10YR 4/3	abbondante	pol-sub e ang, piccola	med. resistente	ondulato	radici scarse
C1	60/70-85	10YR 3/3	molto abbondante, calcareo	astrutturato	friabile	lineare chiaro	radici scarse
2C2	85-200	Stratificazioni caotiche di scorie					

Analisi chimiche					
Orizzonte		A1	A2	A3	C1
Profondità	cm	0-5	5'-25	25-60/70	60/70-85
pH H <sub>2</sub> O		8,52	8,64	8,66	8,91
pH KCl		7,64	7,71	7,61	7,85
Carbonio org.	%	1,40	0,92	0,44	0,79
Sost. Organica	%	2,40	1,60	0,76	1,35
Azoto tot.	%	0,095	0,064	0,017	0,025
C/N		14,7	14,3	26,2	31,3



Profilo PARCO MINERALI 2 - Foundric Xerorthent tapto Vitrandic Xerorthent -							
orizzonte	profon. (cm)	colore	scheletro	struttura	consistenza	limite	evidenze
C1 (F1)	0-10				friabile	lineare chiaro	strato di coke
C2 (F2)	10-50/60	2,5YR 3/2	grossolano, scoriaceo	astrutturato	compatto	sconosciuto	prodotti di ferriera
C3 (F3)	50/60-120	7,5 YR 3/2 e 4/2	abbondantissimo , scoriaceo	pol-sub, debolissima	abb. friabile	lineare abrupto	prodotti di ferriera
C4 (F4)	120-130				friabile	lineare abrupto	strato di coke
2A1b	130-160	2,5Y 4/2	abbondante, pomiceo	pol-sub, debole	resistente	diffuso	manufatti
2A2b	160-200	2,5Y 4/2	frequente, pomiceo	pol-sub, debole	poco resistente		radici assenti

Analisi chimiche						
Orizzonte		C1 (F1)	C2 (F2)	C3 (F3)	2A1b	2A2b
Profondità	cm	0-10	10-50/60	50/60-120	130-160	160-200
H <sub>2</sub> O		8,82	9,92	8,53	7,32	7,08
pH NaF					8,91	8,37
KCl		8,39	10,03	8,18	6,15	5,70
Carbonio org.	%	2,33	0,43	0,50	0,50	0,40
Sost. Organica	%	4,00	0,74	0,87	0,87	0,70
Azoto tot.	%	0,0176	0,0036	0,0075	0,0176	0,0369
C/N		132,30	119,40	66,66	28,40	10,84
Ass. Fosfati	%	26,50	98,30	16,90	18,80	15,30
Al (ox)	%	0,104	0,306	0,125	0,287	0,164
Fe (ox)	%	0,315	0,321	0,319	0,233	0,140
Al+1/2Fe (ox)	%	0,260	0,460	0,280	0,400	0,230
Al (pir)	%	0,0137	0,0560	0,0110	0,0415	0,0214
Fe (pir)	%	0,0147	0,0305	0,0055	0,0304	0,0090

La classificazione di questi suoli nel sottordine Fluvent o in sottogruppi fluventici è chiaramente insoddisfacente, poiché rende un falso concetto sulla loro genesi e trascura le informazioni sull'influenza dell'uomo nel determinare la morfologia e le proprietà derivanti.

Per tali motivi si è ritenuto più soddisfacente l'inquadramento nel sottordine Orthent, nonostante non sia rispettato l'assunto di una diminuzione costante del contenuto di sostanza organica al crescere della profondità. Il sottogruppo "Spolic", proposto da altri autori (Fanning et al., 1983), indica suoli contenenti materiali di deposito autoctoni, ma non manufatti inorganici (artefatti), daglistessi A.A. previsti per il sottogruppo "Urbic". Questo sottogruppo, tuttavia, non rappresenta in modo soddisfacente la presenza di materiali riscontrati nei profili studiati.

Per far sì che il nome del sottogruppo esprima con immediatezza le peculiarità costitutive e morfologiche dei profili, si suggerisce l'utilizzazione del sottogruppo **FOUNDRIC** Xerorthent.

L'utilizzazione del simbolo C per indicare i materiali di ricoprimento antropico rispetta la nomenclatura ufficiale della Soil Taxonomy. Volendo specificare la natura singolare dei materiali, in accordo col sottogruppo proposto, si può ricorrere all'uso del simbolo F

#### *c. Suolo artificiale su suolo naturale.*

In questo gruppo sono stati inclusi i suoli riferibili al Profilo Parco Minerali 2.

L'area di localizzazione è la stessa del profilo Parco Minerali 1, ma i materiali di ricoprimento hanno una potenza di spessore intorno ai 130 cm. Tali materiali, sempre costituiti da materie prime, scorie e prodotti intermedi di lavorazione, presentano una copertura di coke di 10 cm di spessore, stratificazione che si riscontra anche in profondità. Al di sotto di questo suolo vi è il materiale piroclastico flegreo rimaneggiato. Nelle tabelle sono presentati la descrizione del profilo e i dati analitici.

Per questo profilo valgono tutte le considerazioni svolte per il gruppo precedente.

Si suggerisce perciò la classificazione: **FOUNDRIC** Xerorthent tapt Vitrandic Xerorthent.

#### **4. Conclusioni**

L'esame dei profili scavati nelle diverse aree funzionali dello stabilimento ha fatto accertare quelle che poi sono risultate le specificità dell'ambiente pedologico. Benché l'insestimento dello stabilimento siderurgico sia stato realizzato sulle piroclastiti in parte rimaneggiate della piana, e solo parte dei suoli sia stato materialmente coperto dalle opere civili e meccaniche, su molte aree rimaste scoperte la pedoturbazione superficiale connessa alle molteplici attività legate ai processi ha provocato o profonde modificazioni dell'originaria deposizione piroclastica, o la genesi di "suoli artificiali".

Agli aspetti e problemi della interpretazione di questi non consueti meccanismi di pedogenesi si sono conseguenzialmente affiancati quelli della congruente definizione e collocazione tassonomica.

Per alcuni gruppi di suoli lo studio dei profili ha reso evidente la difficoltà di utilizzare con risultati soddisfacenti la Soil Taxonomy, pur nei suoi ultimi aggiornamenti. Ciò ha suggerito l'opportunità di far ricorso a modelli che più efficacemente rispecchino la specificità della genesi, le caratteristiche morfologiche e le proprietà di alcuni dei suoli in questione.

Per risolvere questo problema tassonomico viene perciò avanzata la proposta di utilizzare un nuovo sottogruppo - "**FOUNDRIC**" Xerorthent - che si ritiene essere più rispondente alle peculiarità costituzionali e morfologiche dei suoli dell'area interessata dall'attività dell'industria siderurgica.

Peraltro l'entisolizzazione dovuta a questo tipo di attività verosimilmente riguarda tutte le

aree - alcune delle quali, come quella di Bagnoli, in via di dismissione - interessate da analoghi insediamenti, sulle quali si intende estendere la ricerca.

### **5. Lo stabilimento ILVA di Bagnoli. Cenni sull'evoluzione storico- impiantistica.**

(G. Caligiuri, N. Pascale, C. Tia)

Il destino industriale dell'area di Bagnoli si delinea nella metà dell'ottocento, quando il golfo da Pozzuoli a Castellammare viene scelto come luogo privilegiato per l'insediamento di manufatti industriali.

In ritardo rispetto al resto dell'Europa, ma certamente in anticipo sulle altre regioni italiane, Napoli aveva visto nascere ad est ed ad ovest zone industriali urbane già durante il regno dei Borboni, tra il 1830 ed il 1859, ad opera soprattutto degli stranieri. Sulla spiaggia di Bagnoli nel 1853 si era insediato lo stabilimento di prodotti chimici di Ernesto Lefevre conte di Balzorano, oggi compreso nell'area verso mare della Federconsorzi. Più a nord, sempre sulla spiaggia, sorgeva la vetreria Melchiorre Bournique.

Nel 1901 viene istituita una commissione per individuare le misure più opportune per favorire la crescita nella città di Napoli di un tessuto industriale moderno.

Tra i più impegnati sostenitori della grande industria, Francesco Saverio Nitti vince la sua battaglia nel 1904 quando viene approvata la legge speciale per Napoli. Si erano create le condizioni propizie per un accelerato sviluppo industriale. Con il concorso del Credito Italiano nella zona occidentale della città vengono rilevati ed ampliati gli impianti esistenti.

Nel 1905 viene fondata a Genova, la società anonima ILVA per la costruzione dello stabilimento di Bagnoli, sfruttando tutte le opportunità derivanti dalla Legge per la rinascita della città di Napoli. Nello stesso anno inizia la costruzione dell'impianto siderurgico su una superficie di 1.200.000 mq.

Nel 1910 (19 giugno) si inaugura lo stabilimento dotato di due batterie di forni a coke, tre altoforni da 250 ton., cinque forni Martin-Siemens da 50 ton., un reparto di laminazione composto da un blooming e due laminatoi per billette e profilati grossi e medi. L'organico iniziale è costituito da 2000 persone circa. L'entrata in produzione dello stabilimento di Bagnoli segna l'ingresso della siderurgia nazionale nell'ambito della moderna siderurgia mondiale.

Nel periodo 1917-1919 gli eventi bellici incrementano fortemente la produzione di acciaio; lo stabilimento, ampliato e migliorato, nel 1918 occupa circa 4000 operai. Nel 1920 a causa della crisi postbellica viene prima diminuita la produzione e poi vengono fermati gli impianti.

Nel 1925 riprendono le assunzioni del personale ed iniziano i lavori per rimettere in attività gli impianti. La produzione però è effettuata in modo quasi artigianale e con gli impianti originari fino alle soglie degli anni '30. In questo periodo, adiacente alla ILVA sorge la prima fabbrica italiana di cementi per l'utilizzo delle loppe di altoforno (Società Cementarie Litoranee oggi Cementir) e si amplia lo stabilimento di prodotti chimici della "Soc. Marchigiana Prodotti Chimici" (ex Lefreuve, in seguito Montecatini e poi Montedison).

Nel 1933, anno di costituzione della I.R.I., iniziano i lavori di ristrutturazione dello stabilimento che prevedevano la realizzazione di una fabbrica a ciclo integrale per aumentare la produzione.

Nel 1936 la zona si arricchisce di una nuova industria in quanto iniziano i lavori per la costruzione dello stabilimento della Soc. Eternit, che termineranno due anni dopo.

Nel 1937 viene fondata a Roma nell'ambito I.R.I. la Soc. finanziaria siderurgica Finsider con l'obiettivo di salvare le industrie del settore sull'orlo del fallimento dopo la crisi del 1929 e di favorire la creazione di due grandi centri siderurgici a ciclo integrale (Bagnoli e Piombino) con capacità produttiva di 300.000 ton. di ghisa cadauno, obiettivo questo for-

temente voluto dall'ILVA.

In questo anno ricevono un notevole impulso i lavori di ristrutturazione già avviati nel 1933.

Nel periodo 1933-1943 vengono così realizzate le seguenti opere:

- una nuova batteria di forni a coke con relativo impianto per il recupero dei sottoprodotti;
- un nuovo impianto di agglomerazione dei minerali di ferro;
- un altro altoforno;
- la ricostruzione dei forni dell'acciaiera Martin-Siemens con aumento della capacità produttiva;
- due nuovi treni di laminazione;
- un nuovo pontile (nord) per il ricevimento delle materie prime.

Durante questo periodo la produzione di ghisa, che è il maggior indicatore delle capacità produttive di uno stabilimento siderurgico, passa dalle 162.000 ton.anno del 1931 alle 300.000 ton.anno del 1939. Nel 1941 entra in funzione una nuova acciaiera Thomas con quattro forni da 28 ton. Ulteriori ampliamenti erano in previsione od in corso di realizzazione quando gli eventi della seconda guerra mondiale apportarono danni pari ad un quarto del valore totale degli impianti causando la fermata della produzione. Stessa sorte tocca agli stabilimenti confinanti con ILVA (Eternit; Cementir).

Nel 1946 riprende, anche se in scala ridotta, il ciclo completo delle attività e solo nel 1951, con il rientro in esercizio dell'acciaiera Thomas, si raggiunge la capacità produttiva d'anteguerra. In tale anno si produssero infatti 364.000 ton. di ghisa e 200.000 ton. di acciaio. Nel 1952 entrano in esercizio due nuovi impianti di laminazione uno per billette ed un altro tondo e vergella (Morgan).

Nel 1956 lo stabilimento raggiunge la produzione di 380.000 ton. di ghisa e 520.000 ton. di acciaio e il suo assetto è il seguente:

- due pontili;
- due batterie di trenta forni per la produzione di coke;
- tre altoforni da 400 ton/giorno;
- una acciaiera Thomas con quattro convertitori da 30 ton.;
- una acciaiera Martin Siemens con quattro forni da 65 ton.;
- un'ampia serie di impianti di laminazione cui si aggiungerà, nell'anno successivo, un laminatoio continuo per nastri stretti (Loewy).

Nel 1961 la Soc. ILVA si fonde con la Soc. Cornigliano e nasce l'Italsider che produce a Bagnoli 860.000 ton. di ghisa e 820.000 ton. di acciaio all'anno.

Nel 1962 un piano quadriennale di investimenti della Finsider prevede la costruzione di un grande centro siderurgico dell'Italsider a Taranto e l'ampliamento dello stabilimento di Bagnoli per aumentare la capacità produttiva di circa 1.000.000 di ton. all'anno. Per l'installazione di nuovi impianti e l'ampliamento di quelli esistenti occorre acquisire nuovi spazi mediante un riempimento a mare. I lavori comportano 70 miliardi di investimenti ed 800 posti di lavoro in aggiunta ai 4600 esistenti.

Nel 1964 entra in funzione una acciaiera L.D., la prima costruita in Italia, in sostituzione dei convertitori Thomas e dei forni Martin-Siemens.

Nel 1965 si completa la costruzione di due nuovi altoforni realizzati con le più moderne tecnologie dell'epoca. Con il potenziamento delle apparecchiature di scarico delle materie prime ed il carico dei prodotti finiti si raggiunge la produzione di 2.000.000 di ton. di acciaio alla fine degli anni '60.

Nel 1970 il Consiglio comunale adotta il nuovo piano regolatore generale P.R.G. che verrà approvato nel 1972 con modifiche che riguardano tra l'altro anche l'insediamento dell'Italsider, per il quale viene stabilito che il 30% della superficie occupata lungo la fascia costiera venga destinato a verde attrezzato con impianti turistici ed il restante 70% ad attività industriale di tipo manifatturiero con l'esclusione di industrie nocive ed iniqui-

nanti. Sono ammesse industrie ad alto contenuto tecnologico nonché impianti ed attrezzature per la ricerca applicata dell'industria. In questo periodo si ha il potenziamento dell'altoforno (1971) ed inizia il potenziamento della cokeria con la costruzione di una quinta batteria che termina nel 1973.

Nel 1973 allo scopo di ridurre le notevoli perdite registrate dal 1969 l'Italsider propone la costruzione di un nuovo impianto di colata continua e di un nuovo treno di laminazione e chiede una variante al piano regolatore appena approvato. Il Consiglio comunale nella seduta del 21/04/1975 adotta la variante limitatamente alle aree di proprietà Italsider, che viene approvata l'anno successivo per consentire l'ampliamento e l'ammodernamento dello stabilimento eliminando le prescrizioni vigenti fino all'approvazione dei programmi e delle disposizioni relativi al trasferimento dell'acciaieria, e comunque non oltre dieci anni dalla loro entrata in vigore.

Nel 1978 nel rapporto conclusivo, del 27/10/1976, del Comitato consultivo istituito con il compito di analizzare le aree di perdita esistenti all'interno del gruppo I.R.I., per quanto riguarda Bagnoli si afferma che i risultati negativi registrati a partire dal 1969 sono imputabili a deficienze impiantistiche e produttive non eliminabili per mancanza di spazio, giungendo alla conclusione che l'attuale localizzazione è inadatta all'esercizio di un impianto siderurgico moderno. Successivamente viene reso noto il rapporto del Comitato per la siderurgia presieduto da Pietro Armani che, per Bagnoli, prevede la "progressiva chiusura del centro" in quanto le "razionalizzazioni e ristrutturazioni che si impongono" non possono essere realizzate con la normativa urbanistica vigente, anche dopo le modifiche introdotte dopo la variante del 1976. Per consentire la realizzazione del Piano siderurgico nazionale, che per Bagnoli prevede un investimento di circa 1000 miliardi, il Consiglio comunale con la delibera n.2 del 6/12/1978 adotta una nuova variante che elimina le prescrizioni sull'intera area industriale occidentale riservandole alle attività industriali esistenti e a quelle complementari e connesse. Su tali aree è consentita la realizzazione di opere per l'ammodernamento, l'integrazione e l'ampliamento degli impianti e delle loro attività complementari esistenti. Nello stesso anno si realizza la costruzione di un primo impianto di colata continua ed una serie di notevoli interventi nel settore ecologico.

Nel 1979 viene avviato un piano di ristrutturazione impiantistico consistente nella sostituzione degli impianti tradizionali di sbozzatura con altri due di colata continua, nella fermata dei treni di laminazione non più validi economicamente e nella costruzione di un treno di laminazione per coils. Parallelamente si provvede al potenziamento dei servizi, all'installazione di nuove apparecchiature ecologiche e ad un più razionale assetto del territorio interno con destinazione di ampie aree a verde.

Nel 1990 l'apparato produttivo napoletano si ridimensiona. Già l'attività della Soc. Eternit, a causa dell'impossibilità di mantenere in vita lavorazioni altamente nocive, era stata fermata dal Dicembre 1985. Il 20/10/1990 cessa l'attività dell'area a caldo dello stabilimento ILVA. Nel 1° semestre del 1991, con la fermata del treno di laminazione per coils, terminano definitivamente tutte le attività produttive. Nel 1991 viene messa in liquidazione la Federconsorzi (già Montecatini/Montedison) e cessa ogni forma di attività industriale. L'insediamento viene rilevato dalla Fondazione I.D.I.S. nel dicembre 1993.

Nel 1993 lo stabilimento Cementir sospende ogni attività produttiva.

Nel 1994 l'ILVA presenta il "Piano di recupero ambientale dell'area di Bagnoli relativo al progetto delle operazioni tecniche di bonifica dei siti industriali dismessi nella zona di Bagnoli (ILVA, Eternit).

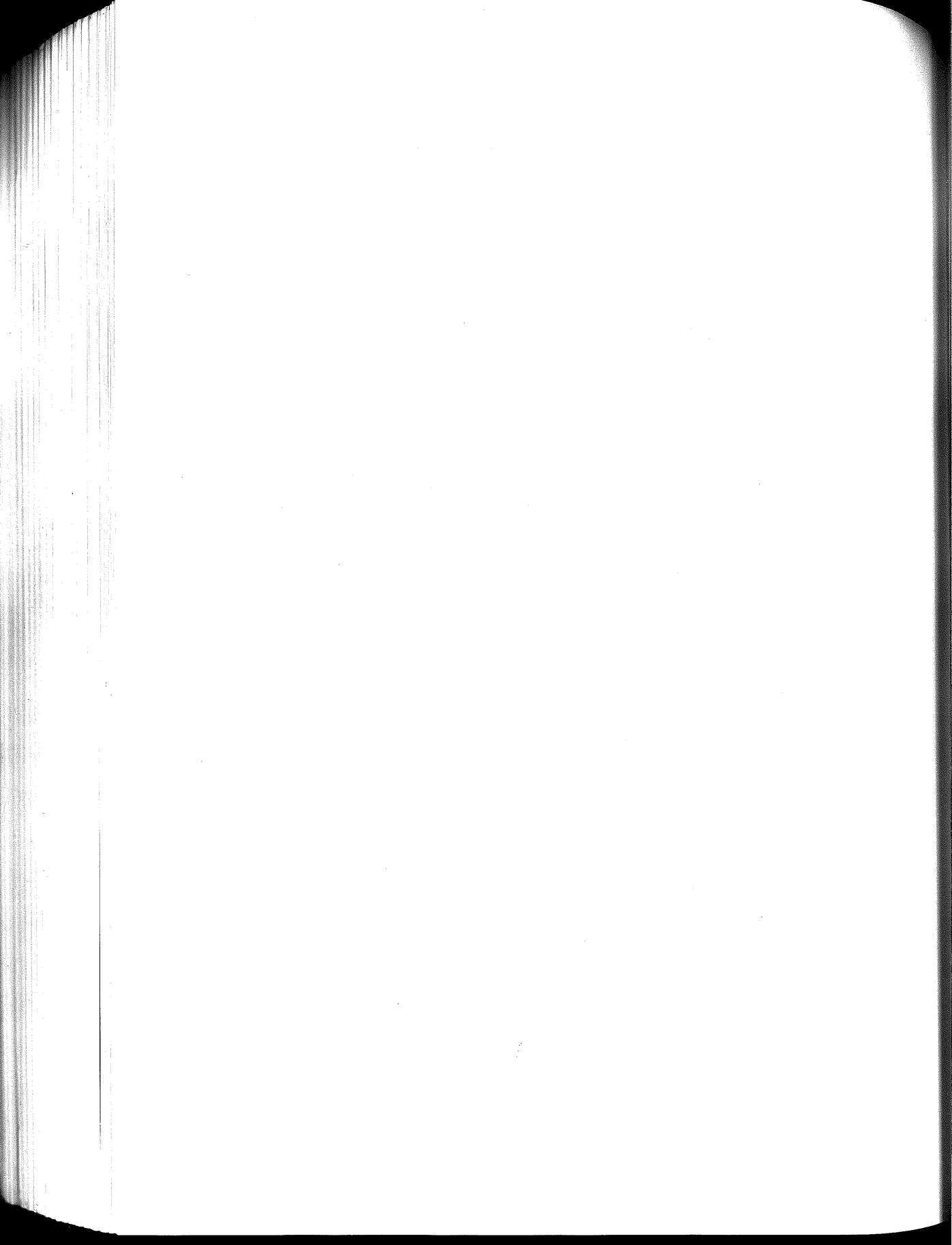
## 6. Bibliografia

- Blakemore L.C., Searle P.L. and Daly B.K., 1987. Methods for chemical analysis of soils. N.Z. Soil Bur. Sci. Rep. 10A. Rev. Ed.: N.Z. Soil Bur.
- Schwertmann U., 1964. The differentiation of iron oxide in soils by a photochemical extraction with acide ammonium oxalate. Zeit. Pflanz. Dueng.Bodenk., 105, 194-201.
- Shafer W.M, 1979. Variability of minesoils and natural soils in southeastern Montana. Soil Sci. Soc. Am. J., vol. 43, 1207-1212.
- Shafer W. M., Nielsen G. A. and Nettleton W.D., 1980. Minesoil genesis and morphology in a spoil chronosequence in Montana. Soil Sci. Soc. Am. J., vol. 44, 802-807.
- Short J.R., Fanning D.S., Foss J.E. and Patteeson J.C., 1986. Soils of the Mall in Washington, DC: genesis, classification and mapping; 705-710.
- SISS, 1985. Metodi normalizzati di analisi del suolo. Edagricole Bologna.
- Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. USDA - SCS. Agr. Handb., n. 436, U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Soil Survey Staff, 1992. Keys to Soil taxonomy. 5th ed. Soil Manage. Support Serv. Tech. Monogr., n. 19 Virg. Polytech. Inst. and State Univ., Blacksbourg.

*Sessione 4*

---

*Problemi agricoli e forestali*





# **RUOLO DELLA PEDOLOGIA NELLA REALIZZAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DI UN'AREA PROTETTA**

**C. Magliola, Aquater S.p.A., S.Lorenzo in Campo (PS).**

## **Riassunto**

La presente nota descrive l'approccio metodologico messo a punto per definire la gestione del territorio agricolo di una Riserva Naturale, partendo dai dati provenienti da una campagna pedologica svolta ad hoc.

In particolare, l'elaborazione dei dati pedologici ha permesso di individuare, attraverso l'utilizzazione di un sistema informativo territoriale (G.I.S.) e di modelli matematici di simulazione, le aree agricole caratterizzate da maggiore vulnerabilità nei riguardi dell'erosione superficiale dei suoli e dell'inquinamento dei corpi idrici sotterranei. Inoltre, sempre con l'utilizzazione di modelli matematici, è stata simulata l'influenza delle diverse pratiche agricole (in termini di rotazioni colturali effettuate, lavorazioni, concimazioni e uso di pesticidi) sia sull'erosione dei suoli, che sull'inquinamento delle acque e sulle perdite di fertilità dei terreni.

I dati ottenuti, insieme alle informazioni di carattere economico, sono stati inseriti in un modello decisionale multi-obiettivo, interfacciato con il G.I.S., al fine di ottenere diversi scenari di gestione in grado di raggiungere, con differente grado di soddisfazione, i seguenti obiettivi: massimizzazione del reddito agricolo, minimizzazione dell'erosione superficiale dei suoli e dell'inquinamento delle falde in seguito all'attività agricola, massimizzazione del livello di fertilità dei terreni. L'applicazione del G.I.S. ha inoltre permesso di posizionare sul territorio le differenti gestioni agricole individuate, a seconda del grado di "vulnerabilità" dei terreni e del livello di impatto ambientale delle pratiche agricole.

## **Introduzione**

Nell'ambito della redazione del Piano di Gestione di un'area naturale protetta, risulta di fondamentale importanza individuare le forme di gestione delle attività produttive più compatibili con l'ambiente naturale.

In particolare, un problema molto delicato risulta essere quello relativo all'attività agricola, sia per la sua diffusione nei territori protetti nazionali, sia perché negli ultimi decenni ha subito un'evoluzione tecnologica molto spinta, che ha cercato di massimizzare la redditività a discapito molto spesso della qualità ambientale. In questo modo, quella che una volta era un'attività produttiva strettamente correlata con l'ambiente, non fosse altro perché dalla qualità di questo dipendeva la redditività stessa delle colture, è diventata via via sempre meno legata alle caratteristiche intrinseche del territorio, portando a un progressivo impoverimento e danneggiamento dell'ambiente.

E' necessario tener presente che la compatibilità dell'attività agricola dipende essenzialmente dalle caratteristiche pedo-climatiche del territorio; non esiste quindi un'agricoltura compatibile in assoluto, ma piuttosto un'agricoltura compatibile relativamente a ogni singolo ambiente considerato.

Ciò implica che la scelta della gestione ottimale passa attraverso una conoscenza mirata

delle caratteristiche fisico-chimiche del territorio.

In questo senso, il ruolo della pedologia e quindi della conoscenza delle caratteristiche dei terreni assume una fondamentale importanza nel processo decisionale che porta alla scelta delle gestioni agricole ottimali in relazione all'ambiente naturale.

In particolare, la conoscenza dei suoli permette di valutare l'influenza dell'attività agricola sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee, sull'erosione superficiale dei suoli e sui livelli di fertilità dei terreni.

Per la scelta delle gestioni agricole ottimali nei confronti dell'ambiente, dunque, si opererà verso quelle forme di agricoltura con minore impatto sui tre parametri ambientali sopra ricordati e ciò permetterà di operare sicuramente scelte compatibili con l'ambiente. In realtà, tuttavia, trattandosi di un'attività economica, anche se effettuata all'interno di un'area naturale protetta, è necessario tenere in considerazione anche l'aspetto "produttivo", individuando forme di gestione che siano sì a basso impatto ambientale, ma che mantengano tuttavia una sufficiente validità economica.

Il raggiungimento di obiettivi di carattere sia economico che ambientale, così spesso in contrapposizione fra loro, presuppone l'individuazione di soluzioni di compatibilità, soluzioni cioè in grado di ottimizzare nella misura maggiore possibile tutti gli obiettivi che il gestore si pone.

In definitiva, quindi, l'individuazione della gestione di un territorio agricolo all'interno di un'area naturale protetta passa attraverso le seguenti fasi principali:

- conoscenza del territorio, con particolare riferimento agli aspetti pedologici;
- conoscenza degli aspetti socio-economici e tecnico-culturali;
- valutazione dell'impatto delle diverse forme gestionali possibili sull'ambiente naturale e riflessi di queste sugli aspetti economici;
- scelta della o delle soluzioni ottimali, in grado di ottimizzare sia gli obiettivi di carattere ambientale, che economico.

Nella presente nota viene esposta la metodologia utilizzata e i risultati ottenuti nell'ambito del Piano di Gestione di una Riserva Naturale dove l'attività produttiva predominante è l'agricoltura; è evidente che la metodologia messa a punto può essere applicata sia nell'ambito di un'area protetta, ma anche in qualsiasi territorio agricolo dove si vogliono individuare le forme di gestione a minor impatto ambientale.

## **Metodologia**

Come accennato nella parte introduttiva, fattore fondamentale per la realizzazione di un Piano di Gestione di un'area protetta è la conoscenza approfondita e mirata del territorio di studio.

I campi di indagine hanno riguardato in modo particolare l'ambiente fisico (topografia, clima, idrogeologia e idrologia, idrochimica, geologia e geomorfologia, pedologia), l'ambiente biologico (flora e vegetazione, fauna) e l'ambiente umano (demografia, uso del suolo, attività produttive, aspetti urbanistico-territoriali e architettonico-paesaggistici). In particolare, per quanto riguarda gli aspetti pedologici, è stata eseguita una campagna conoscitiva di tipo classico, con effettuazione di osservazioni, profili e analisi chimico-fisiche di laboratorio.

I parametri pedologici presi in considerazione per le successive elaborazioni e derivanti dalla campagna di indagine effettuata, sono stati la tessitura, il contenuto in sostanza organica e la profondità dei diversi orizzonti di suolo.

Relativamente alla tessitura e al contenuto in sostanza organica, sono state elaborate due carte tematiche, sulle quali sono state delimitate le aree omogenee per questi parametri. In particolare, i suoli agricoli presenti nella Riserva sono stati suddivisi in quattro tipologie tessiturali: terreni argillosi, franco-argillosi, franco-sabbioso-argillosi e franco-sabbiosi.

Per quanto riguarda il contenuto in sostanza organica, sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio, i suoli sono stati raggruppati in quattro gruppi, a seguito di un'analisi a cluster.

Per ciascun gruppo, è stato calcolato il seguente contenuto medio in s.o.: 0,82%, 1,35%, 1,74% e 2,70%. Il contenuto medio ponderato per tutto il territorio agricolo è risultato essere l'1,47%.

La conoscenza di questi due parametri risulta fondamentale per lo studio del sistema agricoltura-suolo-acquifero e in particolare per la valutazione dell'erosione superficiale e per l'inquinamento delle acque sotterranee e superficiali; infatti il tipo di tessitura influenza direttamente l'erodibilità (intesa come suscettività intrinseca dei suoli a essere erosi) e la permeabilità dei suoli.

Non c'è bisogno di ricordare l'importanza della sostanza organica per i terreni agrari sia nei confronti dell'inquinamento, che dell'erosione e del livello di fertilità. E' opportuno sottolineare, piuttosto, il basso tenore medio in sostanza organica (tenore destinato a scendere in futuro se dovesse continuare l'attuale gestione agricola), sebbene nell'area di studio fosse diffusa fino a poco tempo fa l'attività zootecnica e sebbene si effettuino tuttora rotazioni colturali con prati poliennali di leguminose (erba medica).

I dati relativi alla tessitura e al contenuto in sostanza organica sono stati inseriti in un sistema informativo geografico, assieme alle altre informazioni ambientali e socio-economiche rilevate. Ciò ha permesso di suddividere il territorio in aree omogenee, in aree cioè per le quali, date caratteristiche fisico-chimiche simili, si suppone sia uguale l'impatto delle diverse gestioni agricole sull'ambiente.

La memorizzazione e la georeferenziazione dei dati territoriali raccolti nel sistema informativo rappresenta il prodotto finale della fase conoscitiva e uno degli input del modello decisionale necessario per individuare le gestioni agricole ottimali.

In particolare, per l'applicazione del modello decisionale è necessario:

- individuare gli obiettivi che si intendono perseguire;
- scegliere i parametri fisici o economici da ottimizzare per il raggiungimento degli obiettivi;
- individuare le alternative gestionali fra le quali scegliere quella o quelle ottimali;
- calcolare i valori che i parametri fisici ed economici assumono considerando ciascuna alternativa gestionale e ciascuna area omogenea.

Gli outputs del modello sono:

- la definizione degli scenari gestionali ottimali;
- la localizzazione sul territorio, tramite rappresentazione cartografica, degli scenari ottimali individuati.

Come accennato in precedenza, gli obiettivi da perseguire sono stati sia di carattere ambientale che economico. In particolare, la gestione agricola scelta doveva essere in grado di:

- massimizzare il reddito;
- minimizzare l'inquinamento delle falde;
- minimizzare l'erosione superficiale dei suoli;
- massimizzare la fertilità dei suoli.

Il parametro economico scelto per misurare il livello di ottimizzazione del primo obiettivo è il reddito annuo medio per ettaro, desunto dai prezzi e dalle tariffe correnti.

Per il secondo obiettivo, relativo alla minimizzazione dell'inquinamento delle falde, è stato scelto come parametro di riferimento la quantità di nitrati che annualmente viene lisciviata attraverso il terreno a seguito di determinate colture. Per la determinazione di tale parametro è stato utilizzato un modello matematico in grado di simulare le perdite di nitrati, partendo da dati climatici, topografici, pedologici e agronomici.

Per il terzo obiettivo, relativo alla minimizzazione dell'erosione superficiale dei suoli, il parametro scelto è stato quello relativo alla quantità di terreno eroso annualmente, utiliz-

zando, anche in questo caso, un modello matematico che teneva conto delle caratteristiche agronomiche delle colture e delle condizioni topografiche e pedologiche del territorio.

Infine, l'obiettivo relativo alla massimizzazione della fertilità è stato misurato considerando il bilancio della sostanza organica al termine di ogni annata agraria e tenendo conto della quota annualmente mineralizzata e degli apporti derivanti dai residui colturali, dalle letamazioni e dalle concimazioni organiche.

La scelta delle alternative gestionali da considerare per l'individuazione degli scenari ottimali, è stata effettuata tenendo conto dell'attuale attività agricola; non sono state considerate quindi alternative slegate dalla realtà e dalla tradizione locale, in quanto difficilmente sarebbero state adottate dagli agricoltori. Le alternative individuate sono caratterizzate dalle seguenti 8 rotazioni colturali di 6 anni:

- A. rotazione non irrigua con rinnovo, frumento, medica, frumento e concimazione chimica
- B. rotazione non irrigua con avvicendamento frumento, barbabietola, senza medica e con concimazione chimica
- C. rotazione non irrigua con frumento e medica e concimazione organica
- D. rotazione non irrigua con frumento e medica e concimazione chimica
- E. rotazione non irrigua con avvicendamento frumento, rinnovo e concimazione chimica
- F. rotazione irrigua con doppia coltura, medica e concimazione chimica
- G. rotazione irrigua con doppia coltura, senza medica e concimazione chimica
- H. rotazione irrigua senza doppia coltura, con medica e concimazione chimica

Come si può notare, tali rotazioni si differenziavano fra loro per i seguenti aspetti:

- presenza o comunque possibilità di irrigazione
- presenza o meno di erba medica per 2-3 anni
- presenza o meno di avvicendamento cereale-rinnovo
- presenza o meno di colture orticole
- presenza o meno di doppie colture
- presenza di concimazioni chimiche od organiche

Ognuna di queste alternative è caratterizzata evidentemente da un diverso reddito e da un diverso impatto sull'ambiente. La razionale distribuzione spaziale e quantitativa di queste alternative ha permesso di ottimizzare gli obiettivi e di fornire quindi le soluzioni gestionali ritenute ottimali.

Come detto, per ciascuna alternativa gestionale considerata e per ciascuna area omogenea, dal punto di vista fisico-territoriale, sono stati calcolati i valori dei quattro obiettivi, attraverso o analisi economiche o simulazioni matematiche.

I dati calcolati hanno rappresentato un ulteriore input per il modello decisionale.

A questo punto l'applicazione di tale modello ha permesso di individuare alcuni scenari di gestione in grado di ottimizzare a diverso livello i vari obiettivi. Il metodo utilizzato dal modello è il cosiddetto "compromise programming": con tale metodo si ricerca una soluzione di compromesso più vicino possibile alla "soluzione ideale" di massima soddisfazione di tutti gli obiettivi. Questo metodo non necessita di una formalizzazione a priori delle preferenze del decisore: la ricerca della soluzione finale avviene attraverso una procedura iterativa basata su uno scambio sistematico di informazioni tra decisore e analisti. Questi prospettano una soluzione fattibile ed efficiente basata su una funzione di compromesso; il decisore deve valutare le conseguenze dell'alternativa, indicando quali obiettivi non hanno raggiunto il livello minimo che egli ritiene necessario. Sulla base di queste indicazioni si trova la nuova "soluzione ideale" del problema vincolato e si determina una nuova soluzione di compromesso che viene poi affidata al vaglio del decisore.

E' stato successivamente possibile rappresentare cartograficamente gli scenari individuati, in quanto il modello decisionale, interfacciato con il sistema informativo geografico, assegna ad ogni area omogenea l'alternativa gestionale ritenuta idonea per quelle precise condizioni ambientali.

## Risultati

A seguito dell'applicazione del modello decisionale sono stati elaborati quattro scenari di gestione, caratterizzati da diversi livelli di ottimizzazione degli obiettivi:

- scenario 1: rappresenta una situazione simile a quella attuale;
- scenario 2: sono stati massimizzati gli obiettivi di carattere ambientale, senza porre limiti alle perdite di reddito;
- scenario 3: sono stati massimizzati gli obiettivi di carattere ambientale, imponendo perdite limitate di reddito;
- scenario 4: rappresenta una soluzione di transizione tra la situazione attuale e quella relativa agli scenari 3 e 2.

In definitiva quindi, lo scenario 1 rappresenta la situazione attuale, lo scenario 2 quella ottimale dal punto di vista ambientale e quindi a minor impatto ambientale, lo scenario 3 rappresenta la cosiddetta situazione di compromesso, mentre lo scenario 4 rappresenta una situazione di passaggio dalla situazione attuale a quelle a minor impatto ambientale.

Analizzando in dettaglio gli scenari elaborati, è possibile verificare il livello di ottimizzazione dei diversi obiettivi, i redditi medi ottenibili, i valori medi di inquinamento, erosione superficiale dei suoli e il bilancio medio della sostanza organica, l'ordinamento colturale e la localizzazione delle colture sul territorio.

La situazione attuale, rappresentata dallo scenario 1, mostra i seguenti livelli di ottimizzazione degli obiettivi, espressi in % rispetto al valore massimo raggiungibile con le alternative gestionali considerate:

massimizzazione del reddito:	94.33%
minimizzazione dell'inquinamento:	4.81%
minimizzazione dell'erosione:	86.99%
massimizzazione della fertilità:	17.54%

Si può notare come l'attuale gestione tenda a massimizzare il reddito, a discapito soprattutto della qualità delle acque sotterranee e dei livelli di fertilità; in effetti, l'attuale ordinamento prevede, nelle aree pianeggianti, l'effettuazione di doppie colture in irriguo, con larga diffusione di concimazioni chimiche. L'erosione dei suoli risulta essere abbastanza limitata, in quanto sono ancora diffuse in collina le rotazioni con erba medica.

In termini quantitativi, quanto sopra esposto può essere così espresso:

reddito medio annuo per ettaro:	£ 1.853.000
rilascio medio annuo per ettaro di NO <sub>3</sub>	Kg 83
perdita di suolo media annua per ettaro	t 18.2
bilancio della s.o. medio annuo per ettaro	-q 23

La figura 1 mostra la localizzazione territoriale delle alternative gestionali considerate.

Il secondo scenario, come già detto, rappresenta la situazione ottimale dal punto di vista ambientale; gli interventi gestionali prevedono l'utilizzazione di concime organico per tutto il territorio collinare, l'effettuazione di rotazioni con medicaie anche nelle zone irrigabili e l'eliminazione delle doppie colture; soltanto in una piccola zona, dove minore risulta essere il rischio di inquinamento, viene mantenuta un'agricoltura di tipo intensivo. I livelli di ottimizzazione degli obiettivi mostrano chiaramente come l'aspetto economico venga fortemente penalizzato, mentre gli aspetti ambientali vengano notevolmente esaltati:

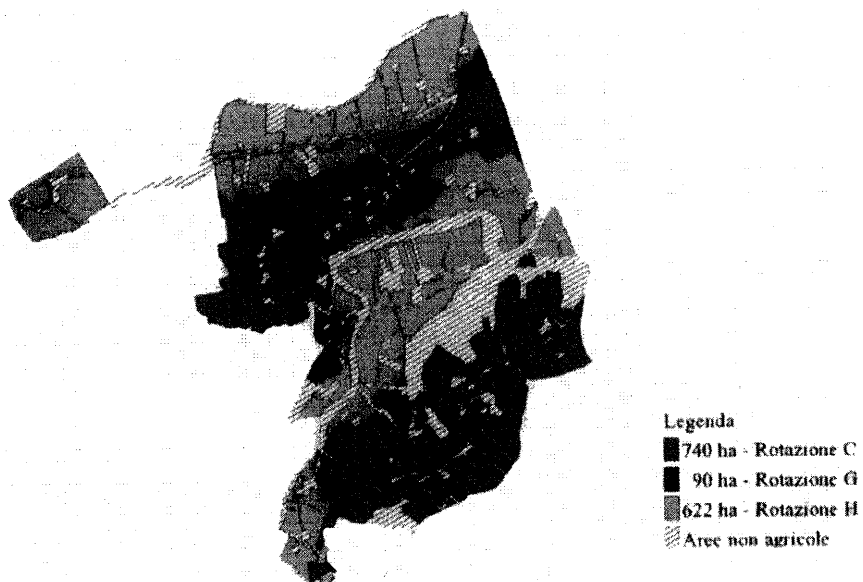
massimizzazione del reddito:	21.10%
minimizzazione dell'inquinamento:	97.94%
minimizzazione dell'erosione:	92.94%
massimizzazione della fertilità:	94.88%

In termini quantitativi, si hanno i seguenti valori:

reddito medio annuo per ettaro:	£ 1.169.000
---------------------------------	-------------



*Fig.1 Localizzazione delle alternative gestionali relative allo scenario 1*



*Fig.2 Localizzazione delle alternative gestionali relativamente allo scenario 2*

rilascio medio annuo per ettaro di NO <sub>3</sub>	Kg 47
perdita di suolo media annua per ettaro	t 17.7
bilancio della s.o. medio annuo per ettaro	+q 16

Il rilascio di nitrati in falda è in questo caso quasi dimezzato rispetto al precedente scenario, l'erosione dei suoli è ulteriormente diminuita e il bilancio della s.o. ha assunto valori positivi; il reddito viceversa è diminuito del 37%. La figura 2 mostra come va modificato l'uso del suolo del territorio agricolo della riserva.

Il terzo scenario è quello che può essere considerato di compromesso, nel quale cioè gli obiettivi raggiungono tutti un livello di ottimizzazione ritenuto sufficiente.

In questo scenario resta invariata, rispetto al precedente, la gestione della parte collinare, mentre in pianura vengono effettuate le doppie colture e vengono introdotte rotazioni con medica. I livelli di ottimizzazione sono i seguenti:

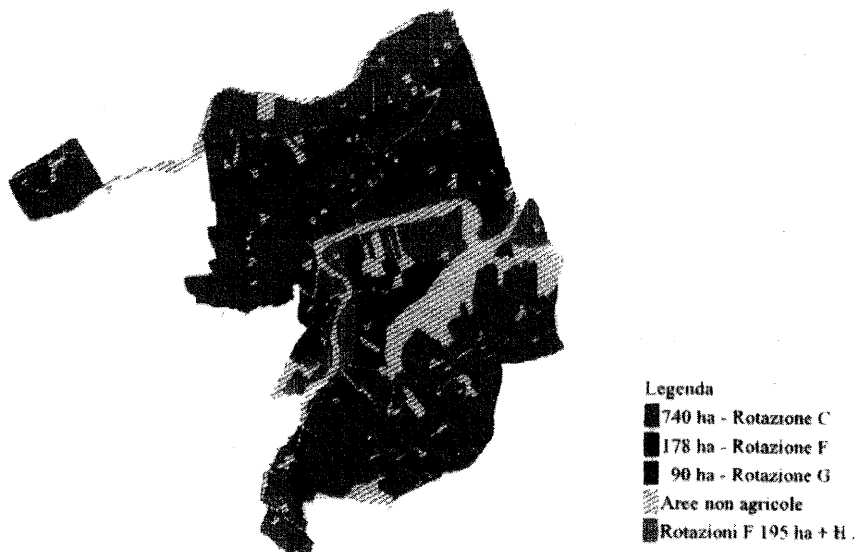
massimizzazione del reddito:	.11%
minimizzazione dell'inquinamento:	86.06%
minimizzazione dell'erosione:	92.53%
massimizzazione della fertilità:	75.64%

I valori quantitativi sono i seguenti:

reddito medio annuo per ettaro:	£ 1.440.000
rilascio medio annuo per ettaro di NO <sub>3</sub> :	Kg 51
perdita di suolo media annua per ettaro:	t 17.7
bilancio della s.o. medio annuo per ettaro:	+q 6

Si nota come gli obiettivi ambientali abbiano raggiunto livelli accettabili, mentre il reddito ha subito una contrazione rispetto alla situazione attuale pari a circa il 20%. Interessante è notare che il bilancio della s.o. mantiene anche per questo scenario, il segno positivo.

In figura 3 viene mostrata la localizzazione delle colture.



Infine lo scenario 4 rappresenta solamente una gestione di transizione verso forme più compatibili con l'ambiente naturale. In particolare, il reddito rimane sempre l'obiettivo prioritario, tuttavia viene ridotto l'inquinamento delle falde e vengono diminuite le perdite di fertilità dei suoli. I livelli di ottimizzazione degli obiettivi sono i seguenti:

massimizzazione del reddito:	79.00%
minimizzazione dell'inquinamento:	46.00%
minimizzazione dell'erosione:	95.79%
massimizzazione della fertilità:	49.88%

In termini quantitativi, si ha la seguente situazione:

reddito medio annuo per ettaro:	£ 1.710.000
rilascio medio annuo per ettaro di NO <sub>3</sub> :	Kg 67
perdita di suolo media annua per ettaro:	t 17.4
bilancio della s.o. medio annuo per ettaro:	-q 6.6

### Conclusioni

Nella presente nota si è cercato di mettere in evidenza l'importanza di una corretta conoscenza delle caratteristiche ambientali nella pianificazione e gestione del territorio. Tale importanza è ancora maggiore se la pianificazione riguarda aree di rilevante interesse naturalistico, dove gli equilibri fra ambiente e attività produttive diventano veramente molto fragili.

Gli interventi gestionali applicabili in un'area protetta, ad esempio nel settore agricolo, non possono essere generalizzabili, nè come tipologia, nè tanto meno come localizzazione sul territorio; ma, d'altra parte, per effettuare interventi mirati, è necessario conoscere a fondo alcuni parametri fisici, tra i quali sicuramente quelli pedologici assumono un ruolo di estremo rilievo.

Nel lavoro esposto, i dati pedologici, derivanti da una campagna di rilevamento svolta ad hoc, sono stati utilizzati per la definizione dei rapporti esistenti fra gestione agricola e qualità dell'ambiente, con particolare riferimento all'inquinamento delle acque, all'erosione superficiale e alla fertilità dei suoli.

Infatti, attraverso la conoscenza delle caratteristiche dei terreni, è stato possibile:

- individuare le alternative gestionali a minor impatto ambientale;
- determinare la vulnerabilità ambientale per destinare le pratiche colturali a maggior rischio nelle aree meno fragili e viceversa.

Questi due risultati risultano essere molto importanti per la formulazione del Piano di Gestione dell'attività agricola di un'area protetta, ma sicuramente non sufficienti.

Infatti, nella formulazione di una gestione ottimale del territorio, non si può non tener conto che il concetto di ottimale è estremamente soggettivo e che ciò che viene ritenuto ottimale per un decisore, può non esserlo assolutamente per un altro.

E' per questo motivo che nel presente lavoro è stato utilizzato un modello decisionale, in grado di individuare la soluzione di compromesso, cioè quella soluzione in grado di soddisfare il più possibile tutti gli obiettivi che si intendono raggiungere con la pianificazione.

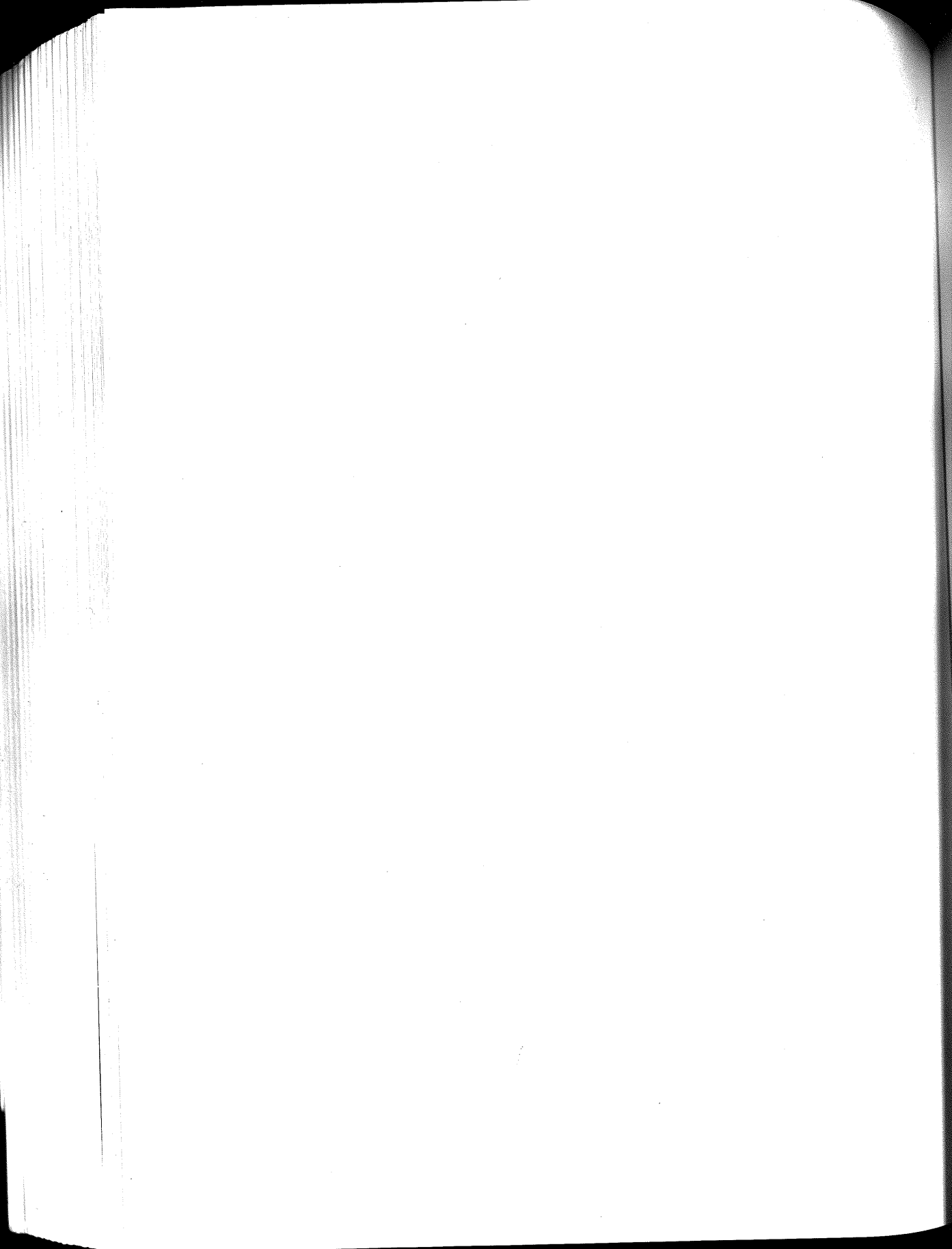
L'aspetto più innovativo del lavoro è però quello relativo alla possibilità di determinare la gestione del territorio agricolo, predefinendo in maniera quantitativa i livelli da ottenere, sia in termini di reddito unitario, che in termini di inquinamento, erosione e fertilità. In altri termini, è possibile individuare uno scenario di gestione definendo a priori il livello di soddisfazione di un determinato obiettivo: ad esempio, si vuole definire uno scenario mediante il quale il reddito medio annuo non subisca una riduzione di più di 200.000 lire ad ettaro.

Ciò permette ad esempio, come è stato esposto nella presente nota, di formulare piani di



gestione in grado di raggiungere determinati obiettivi di sviluppo sostenibile in maniera graduale, tenendo conto così degli aspetti sia sociali che economici della popolazione presente.

Infine, si ritiene opportuno sottolineare come la metodologia presentata può essere applicata non solo in aree protette, ma anche in territori agricoli in generale, in quanto comunque una corretta gestione dovrebbe tener conto della necessità di individuare gestioni a basso impatto ambientale; da qui il ruolo fondamentale e, fino ad oggi, spesso trascurato, della conoscenza degli aspetti pedologici nella pianificazione territoriale.



## **EVOLUZIONE E PROSPETTI E DEGLI STUDI PEDOLOGICI A SCOPO IRRIGUO IN SARDEGNA**

**A. Aru, Dipartimento Scienze della Terra, Università di Cagliari**  
**P. Baldaccini, Dipart. Ingegneria del Territorio. Sezione**  
**Geopedologia e Geologia Applicata, Università di Sassari**  
**S. Vacca, Ente Autonomo del Flumendosa, Cagliari**

1 - E' noto universalmente che la produzione agricola dei territori ove la piovosità è insufficiente è condizionata dalla possibilità di utilizzare diffusamente ed in modo efficiente acqua per l'irrigazione.

Il reale aumento della quantità e della qualità dei prodotti con l'intervento irriguo è però legato ad una effettiva pianificazione e gestione delle risorse che, attraverso una piena e completa conoscenza delle condizioni del suolo, eviti il pericolo di perdite di fertilità, l'innalzamento e l'inquinamento delle falde, problemi di salinizzazione e sprechi di risorse idriche.

Altrettanto diffusamente è perciò riconosciuto che gli studi pedologici e la relativa valutazione territoriale sono preliminari ed essenziali per la programmazione, progettazione ed esercizio dell'irrigazione anche in relazione alla necessità di utilizzare nel modo più razionale gli elevati investimenti richiesti dalla trasformazione irrigua.

Anche se gli scopi e gli obiettivi delle indagini a scopo irriguo sono noti ai pedologi rilevatori ed agli studiosi del suolo, sarà bene ricordare sinteticamente i più importanti. Gli studi pedologici permettono di (Storie 1964):

- effettuare una selezione tra i suoli da irrigare con possibilità di scegliere i più produttivi;
- contribuire al disegno ed alla progettazione delle opere irrigue (rete di distribuzione, canali, ecc.);
- individuare le esigenze irrigue per ciascun tipo di suolo;
- stabilire l'idoneità delle colture per i vari tipi di suolo;
- determinare l'eventuale necessità di dessalazione o di drenaggio;
- contribuire ad identificare l'ampiezza ottimale delle aziende in regime irriguo;
- contribuire alla determinazione del tipo e quantità di fertilizzanti, alla scelta dei sistemi e metodi di irrigazione ecc.

Il pedologo dovrà, in sintesi, stimare soprattutto la capacità produttiva del suolo sotto il nuovo sistema di gestione e prevedere le variazioni collegate con l'introduzione dell'irrigazione.

E' un lavoro tipicamente multidisciplinare che porta, come risultato finale, ad una valutazione e relativa classazione dell'idoneità del territorio per l'agricoltura irrigua. Per questo motivo è fondamentale utilizzare sistemi di classificazione riconosciuti internazionalmente quali la "Land Classification" del US Bureau of Reclamation, o la "Land Evaluation System" della FAO.

2 - La Sardegna, per la sua posizione geografica e le caratteristiche climatiche, è una Regione ove l'agricoltura intensiva e di qualità è strettamente legata alle possibilità di disporre ed utilizzare acqua per l'irrigazione.

Ed infatti già da molto tempo ampi tratti dell'Isola (in particolare quelli con morfologie pianeggianti o subpianeggianti - Campidano di Cagliari ed Oristano, Basso Sulcis, ecc.) sono stati attrezzati per l'irrigazione, utilizzando per la quasi totalità dei casi risorse idriche fornite da serbatoi artificiali.

#### **Superfici irrigue già attrezzate e superfici irrigabili secondo il Piano Acque**

Zone idrografiche	Superficie netta attualmente attrezzata	Superficie irrigabile secondo il Piano Acque
Sulcis	4.580	15.415
Tirso	31.420	75.747
Coghinas - Mannu - Temo	27.700	57.280
Liscia	3.710	10.834
Poceda - Cedrino	6.300	10.654
Sud - orientale	2.720	7.163
Flumendosa - Campidano - Cixerri	52.210	133.003
Totale regionale (netto)	128.640	310.096

A partire dai primi anni '60, molti progetti di trasformazione irrigua a vari livelli (di massima, esecutivi ed anche aziendali), predisposti e realizzati da Amministrazioni pubbliche diverse (Consorzi di Bonifica, Ente di Sviluppo, Ente Autonomo del Flumendosa, Cassa per il Mezzogiorno), sono stati corredati da studi pedologici e relative cartografie in scale variabili nelle scale 1:5.000 e 1:100.000.

Fra tali lavori, (effettuati prevalentemente dall'Ufficio agropedologico dell'Ente Autonomo del Flumendosa e dalla Sezione di Pedologia del Centro Regionale di Sperimentazione Agraria) basta ricordare i rilevamenti 1:50.000 dei Campidani di Cagliari ed Oristano su commissione dei rispettivi Consorzi di Bonifica, gli studi di numerosi distretti irrigui dei suddetti territori e di varie altre aree di tutta la Sardegna con scale variabili da 1: 10.000 a 1: 25.000, le indagini effettuate per varie aziende irrigue o per scopi speciali (es. Studio pedologico per la dessalazione e l'irrigazione delle zone di Prosciurini-Muravera).

Agli inizi del 1978 si avvia in maniera concreta lo "Studio per la pianificazione delle risorse idriche ed altri interventi nel settore delle acque" noto come Piano delle Acque) commissionato dalla Regione autonoma della Sardegna all'Ente Autonomo del Flumendosa.

Nell'ambito di tale indagine, assieme agli studi relativi alle risorse idriche superficiali e profonde, all'analisi dei fabbisogni ed alla stesura di un piano di massima per l'utilizzazione idrica di tutta la Regione, era prevista anche la valutazione dei fabbisogni irrigui del territorio isolano, limitatamente alle aree giudicate idonee in base ai risultati dello "Studio dei Suoli Irrigabili della Sardegna" effettuato tra il 1979 ed il 1984 e pubblicato nel 1986.

La scelta delle aree irrigabili fu effettuata in funzione di diversi fattori di carattere morfologico, pedologico ed agronomico conformemente alle metodologie proposte dall'US Bureau of Reclamation, opportunamente adattate all'ambiente e territorio della Sardegna.

Tale indagine ha portato ad una classificazione obiettiva della suscettività all'irrigazione delle varie porzioni di territorio interessate, basata prevalentemente sulle caratteristiche del suolo inteso nella sua definizione più ampia.

Occorre precisare che le superfici minime prese in esame in tale studio erano dell'ordine di 400/500 ha considerato che si trattava di una studio di fattibilità e che coinvolgeva

soprattutto opere ed attività a carattere pubblico.

Complessivamente la superficie delle aree delimitate, ivi comprese le aree già attrezzate e considerate idonee alle pratiche irrigue, ammontano a circa 425.000 ha lordi.<sup>(1)</sup>

**3** - Nello studio generale dei suoli delle aree irrigabili del Piano Acque, non furono perciò considerate le aree isolate o di superficie modesta (qualche centinaio di ha) o quelle che, per la lontananza dei punti di raccolta delle risorse idriche principali, potevano ritenersi d'interesse locale e quindi astranee ad un piano generale di utilizzazione.

Pertanto dalla prima indagine rimasero escluse aree che, pur presentando talvolta anche notevole suscettività alla trasformazione irrigua, non potevano essere incluse nella programmazione e progettazione di grossi complessi irrigui.

Tale scelta, dettata dal livello di pianificazione adottato, non significa comunque che le "zone irrigabili minori" della Sardegna non debbano essere irrigate. Esse richiedono invece, per le loro peculiarità, uno studio particolare volto sia alla individuazione, delimitazione e valutazione dei "perimetri irrigabili minori" (Studio pedologico e Land Evaluation per l'irrigazione) della Sardegna, sia al reperimento in loco di risorse idriche convenzionali o alternative.

Un'indagine di questo tipo (svolta "a tappeto" su tutta la superficie regionale) consentirebbe di ottenere una completa utilizzazione dei suoli a suscettività irrigua e delle acque disponibili completando così il Piano Generale delle Acque, almeno per quanto riguarda il Comparto agricolo.

D'altronde è ormai noto che l'unica agricoltura possibile in senso economico in Sardegna è quella irrigua e limitatamente ai suoli ad elevata "Suitability".

Verrebbe inoltre soddisfatta la tesi secondo cui gli investimenti in questo settore nelle regioni meridionali dovrebbero avere anche l'obiettivo di rappresentare uno stimolo alla crescita complessiva delle economie locali attraverso l'incremento di valore della produzione agricola per opera dell'irrigazione.

Con l'irrigazione è anche possibile garantire la produttività delle coltivazioni sia invernali che estive. Infatti l'Isola è caratterizzata spesso da lunghi periodi aridi in qualsiasi stagione.

**4** - Non va inoltre dimenticato che uno studio di questo tipo costituirebbe anche la base preliminare per una indispensabile valutazione dell'impatto ambientale e degli interventi al fine di progettare il nuovo paesaggio che, a partire dalla sua struttura ecologica, si può ottenere attraverso la trasformazione irrigua, suggerendo opportuni approfondimenti di tipo progettuale non solo per la valutazione e valorizzazione degli aspetti esistenti da conservare, ma anche per la determinazione di quelli futuri da realizzare.

Il parametro "ambiente" viene quindi assunto come essenziale e determinante nella progettazione del territorio e delle sue grandi trasformazioni tra le quali indiscutibilmente va annoverata la trasformazione irrigua.

In questo contesto occorre tenere in considerazione la possibilità di difesa ambientale (es. antincendio) e di valorizzazione paesaggistica che la presenza di punti di raccolta e approvvigionamento idrico e di "aree verdi" sparse sul territorio possono rappresentare.

Rientra in questo concetto l'indubbia influenza positiva che la costruzione di sia pur modeste opere di invaso (es. laghetti collinari e vasconi di accumulo) e la sistemazione

---

<sup>(1)</sup> Da questa superficie sono stati esclusi circa 21.000 ha già attrezzati che però, sulla base delle caratteristiche morfo-pedologiche, non sono stati classificati come adatti all'irrigazione e quindi scorporati da tale superficie.

idraulico agraria delle zone irrigate hanno nella regolazione dei deflussi e nella riduzione dei fenomeni di dissesto ed alluvionali così frequenti ed intensi in alcune parti dell'Isola.

5 - Parallelemente alla individuazione e valutazione delle aree irrigue "minori" della Sardegna, si ritiene indispensabile, alla luce delle mutate condizioni socio-economiche generali maturate in questi ultimi anni, un aggiornamento ed una rivalutazione critica delle zone già considerate irrigabili nell'ambito del Piano delle Acque.

Non si tratta, s'intende, di una nuova delimitazione dei perimetri irrigabili né di una rielaborazione o modifica dei concetti e criteri che sono stati utilizzati per tale scelta, ma piuttosto di una riclassazione delle zone irrigabili soprattutto in relazione alla priorità degli interventi e delle opere da realizzare ed alla idoneità dei suoli irrigabili rispetto ai diversi ordinamenti colturali alternativi.

Questo consentirebbe una più razionale e logica utilizzazione delle risorse che si traduce in pratica in un più efficiente sfruttamento della capacità produttiva dei suoli ed in un notevole risparmio di acqua per l'irrigazione, elemento quest'ultimo da tenere ormai costantemente presente.

Relativamente a tale problema (il risparmio d'acqua) così attuale in tutti i comprensori irrigui della Sardegna, occorre precisare che lo studio dei suoli può contribuire efficacemente ad una riduzione (o almeno ad una razionalizzazione) dei consumi.

Ciò può avvenire in maniera diretta attraverso una conoscenza approfondita, per ogni unità pedologica individuata, delle caratteristiche idrologiche in rapporto con gli altri parametri morfologici e genetici (es. tipo e successione degli orizzonti, presenza di orizzonti compatti o meno permeabili ecc.) col fine di dosare nella maniera più appropriata l'acqua che si apporta al suolo evitando inutili sprechi. Paradossalmente in Sardegna quanto minore è l'acqua disponibile tanto più se ne spreca.

Indirettamente, il rilevamento pedologico e la collegata Land Evaluation, permetterà di effettuare una giusta scelta dei suoli da irrigare, "concentrando" gli interventi e le risorse idriche su quelli a suscettività più elevata ottenendo così la massima efficienza nell'uso dell'acqua irrigua.

6 - Infine, soprattutto nei comprensori ove l'irrigazione è iniziata ormai da vari decenni, (Basso Sulcis, Oristanese ecc.), occorrerà attivare e procedere a studi pedologici di "controllo".

Infatti l'esercizio prolungato dell'irrigazione modifica (spesso in modo drastico, basti pensare al regime idrologico) la normale attività dei processi pedogenetici accelerando velocità ed intensità dell'alterazione dei minerali (o delle riserve minerali) e della sostanza organica, favorendo lo spostamento di materiali all'interno del profilo ecc. e quindi, nel complesso, modificando considerevolmente le caratteristiche e le proprietà del suolo.

Le indagini di controllo permettono di prevenire ed eventualmente correggere eventuali fattori negativi (es. distruzione della struttura, perdita della fertilità, salinizzazione ecc.) collegati alla pratica irrigua e che, nel loro complesso, possono interessare tutta l'economia dell'acqua.

E' questo un ulteriore contributo che la pedologia può dare ad una corretta utilizzazione e gestione delle risorse ambientali e, nel caso specifico, alle risorse idriche del territorio.

## **Conclusioni**

Uno dei punti cardine dell'economia isolana è l'agricoltura in generale. Ma se quella asciutta è aleatoria, in quella irrigua viene garantita la produttività. In questo contesto la

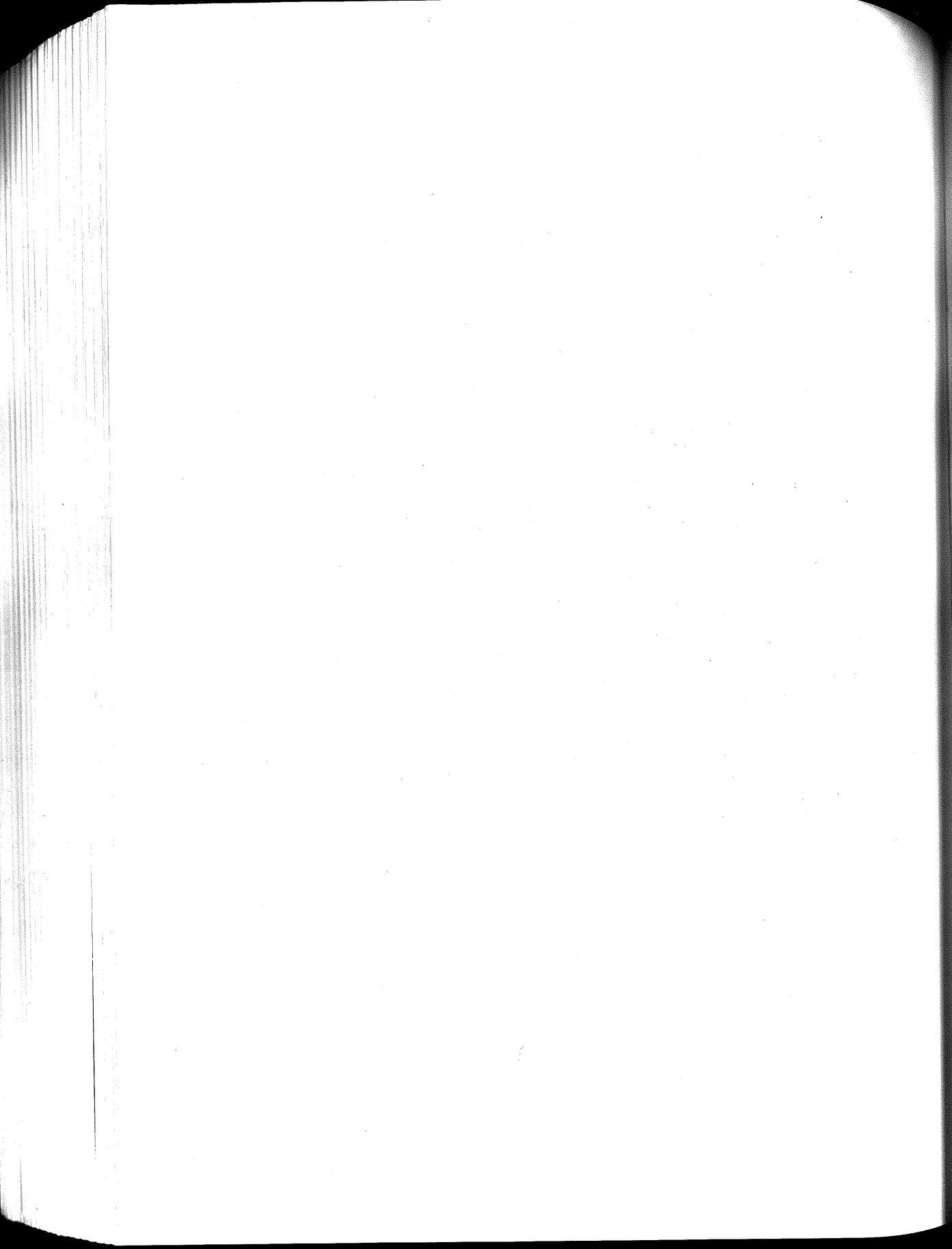
Sardegna deve attuare il piano per l'irrigazione delle aree considerate idonee, procedendo alla costruzione delle grandi opere e nel contempo iniziare lo studio ed il piano per le piccole opere. Queste ultime, date le loro modeste dimensioni, possono essere realizzate in breve tempo e con investimenti relativamente modesti.

D'altronde in un regime di concorrenza e confronto, l'irrigazione è fondamentale per un successo economico. La scelta dei suoli rimane un punto imprescindibile per la pianificazione e progettazione.

Il suolo costituisce infatti la base produttiva e come tale deve essere utilizzata e gestita razionalmente per assicurare un profitto costante anche per il futuro.

### **Bibliografia**

- Arangino F., Aru A., Baldaccini P., Vacca S. - I suoli delle aree irrigabili della Sardegna. Assessorato alla programmazione, Regione Autonoma della Sardegna. Ente Autonomo Flumendosa. Cagliari 1986
- Aru A. et alii. - Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250.000 Regione Autonoma della Sardegna. Assessorato alla programmazione. Dipartimento Scienze della Terra, Università di Cagliari 1991
- Aru A. - Nota illustrativa alla carta della pedologia della Bassa Valle del Flumendosa con particolare riferimento ai suoli salini (Muravera - Villaputzu). Centro Reg. Agr. Sperimentale. Cagliari 1966
- Baldaccini P., Madrau S., Vacca S. - Le aree irrigabili minori della Sardegna. GenioRurale Anno LVI Maggio 1993 n°5
- Dent D., Young A. - Soil Survey and Land Evaluation. G Allen e Orwin London 1981
- FAO. - A framework for Land Evaluation. Roma 1973
- FAO. - Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. Soil Bulletin 55 1985
- FAO. - Soil survey investigation for irrigation. Soil Bulletin 42 Roma 1979
- Rasio R., Ravanello G. - Cartografia pedologica nella pianificazione e gestione del territorio. Collana Sistema Agricolo Italiano F Angeli ed Milano 1990
- USBR. - Bureau of Reclamation vol. V: Irrigated Land Use part 2: Land classification. U.S. Dept. of Interior. Washington DC 1953
- Vacca S. - La valutazione dei caratteri del territorio nella pianificazione. Enciclopedia della pianificazione territoriale. F. Angeli ed. Milano 1992
- Van Berghen J.W., Meijvogel T., Windsueijer P. - La valle dell'Albenga: pedologia e valutazione del territorio. Giunta Regionale Toscana. Mursilio ed. 1991





# **ILLUSTRAZIONE DI UN MANUALE DIVULGATIVO SULL'INDAGINE PEDOLOGICA FINALIZZATA AI PROGETTI DI FORESTAZIONE IN SARDEGNA (REG. CEE 2080/92)**

**G. Monaci, ERSAT, Nurri (Nu)**  
**S. Pallanza, ERSAT, Arborea (Or)**  
**D. Usai, ERSAT, S. Sperate (Ca)**  
**A. Vacca, ERSAT, Cagliari**  
**C. Visani, ERSAT, Sassari**

## **Riassunto**

Il Manuale qui illustrato ha lo scopo di fornire linee guida di semplice utilizzazione, per i progettisti ed i tecnici istruttori, relativamente alla realizzazione degli elaborati pedologici richiesti dalle Norme di attuazione del Reg. CEE n. 2080/92 in Sardegna, al fine di uniformare le indagini agli standard nazionali ed internazionali ed omogeneizzare gli elaborati stessi. Vengono inoltre date delle indicazioni utili alla realizzazione di alcuni altri elaborati richiesti, quali la carta della vegetazione e la carta delle pendenze, e per l'Inquadramento fitoclimatico, nonché un quadro di riferimento per la valutazione dell'attitudine all'impianto delle diverse essenze forestali. Il Manuale è articolato in tre sezioni principali: i) realizzazione di una carta dei suoli e della sua legenda, ii) descrizione della stazione e del profilo, iii) valutazione dell'attitudine all'impianto. In conclusione viene inoltre proposta l'adozione di alcuni indispensabili parametri pedologici attualmente non presi in considerazione (tessitura, pH, carbonati, ecc.).

## **1. Introduzione**

Le Norme di attuazione del Reg. CEE n. 2080/92 in Sardegna (Regione Autonoma della Sardegna, 1994), che regolamentano il regime di aiuti comunitari alla forestazione nell'isola, introducono l'indagine pedologica tra gli elaborati da allegare al progetto. In particolare, per quanto concerne gli impianti ex novo, viene richiesta una carta pedologica in scala adeguata (max 1:4.000), nella quale siano rappresentate le seguenti informazioni: esposizione, pietrosità (espressa come presenza percentuale di elementi con diametro > a 5 cm), rocciosità (espressa come presenza percentuale), profondità (misurata dalla superficie al limite superiore del primo orizzonte che costituisca un ostacolo insormontabile allo sviluppo delle radici), drenaggio, profondità della falda, rischi di ristagno.

Viene precisato che l'indagine deve essere realizzata attraverso rilevamenti diretti sul terreno con descrizione dei profili principali, cioè di almeno un profilo pedologico per ogni insieme di terreni aventi le stesse caratteristiche.

Per quanto concerne invece gli interventi su boschi esistenti, si richiede che si evidenzino e descrivano i principali caratteri pedologici che tipizzano l'area di intervento, cioè gli stessi precedentemente elencati, senza realizzazione della carta pedologica.

Al fine di uniformare le indagini pedologiche ed omogeneizzare gli elaborati relativi, gli Autori hanno realizzato un Manuale divulgativo di circa 50 pagine, brevemente illustrato

in questa sede, che intende fornire delle linee guida di semplice utilizzazione, per i progettisti ed i tecnici istruttori, relativamente alla realizzazione degli elaborati di carattere pedologico previsti dalle Norme di attuazione in Sardegna del Reg. CEE n. 2080/92.

Tale Manuale non ha la pretesa di insegnare la pedologia, data la complessità di questa disciplina che tra l'altro richiede una notevole esperienza di campagna, ma vuole illustrare molto sinteticamente i passaggi fondamentali operati dal pedologo per pervenire ad una suddivisione del territorio in aree omogenee dal punto di vista ambientale, all'interno delle quali individuare le tipologie di suolo maggiormente rappresentate, e vuole fornire alcune indicazioni pratiche su come si possa leggere un profilo pedologico.

Vengono inoltre date delle indicazioni utili alla realizzazione di alcuni altri elaborati previsti dalle Norme, quali la carta della vegetazione e la carta delle pendenze, e per l'Inquadramento fitoclimatico, nonché un quadro di riferimento per la valutazione dell'attitudine all'impianto delle diverse essenze forestali.

## **2. Struttura del Manuale**

Il Manuale è articolato in tre sezioni principali. Le prime due illustrano le procedure elementari per la realizzazione di una carta pedologica, e della sua legenda, e per lo studio del suolo in campagna; la terza invece è di aiuto per l'interpretazione dei dati raccolti negli elaborati richiesti dalle Norme, dando delle indicazioni di larga massima, non affatto esaustive e comunque da verificare volta per volta nella pratica, sulla scelta delle specie forestali in relazione agli aspetti fitoclimatici, ai substrati geologici ed alle tipologie di suolo riscontrate.

Infine vi è un'appendice (in forma di bozza) che propone l'utilizzazione di alcuni parametri pedologici attualmente non richiesti dalle Norme, ritenuti molto importanti ai fini di una più completa valutazione dell'attitudine alla forestazione.

### **2.1. Realizzazione di una carta dei suoli e della sua legenda**

L'intento è di aiutare il progettista a dare una risposta alle non facili domande che sorgono ogni qualvolta si trovi ad affrontare uno studio di carattere pedologico: a) DOVE fare le osservazioni; b) QUANTE osservazioni fare; c) CHE COSA registrare per ogni punto di osservazione; d) dove tracciare i LIMITI tra aree con suoli differenti.

Per rispondere a queste domande è necessario innanzitutto scomporre il paesaggio nei suoi elementi ambientali, analizzarli separatamente, quindi ricomporli per sovrapposizione ragionata.

Attraverso l'analisi di alcuni parametri ambientali (quali ad esempio il clima, l'altimetria, le pendenze, la geologia, la morfologia, la vegetazione, ecc.) e dopo aver operato un'integrazione complessa degli stessi, si perviene all'individuazione di Unità di Paesaggio, ovvero di ambiti spaziali globalmente omogenei, il cui riconoscimento costituisce una buona base per le attività di pianificazione del territorio. Tali unità ambientali omogenee permettono infatti di riconoscere, attraverso caratteri visibili del paesaggio, la genesi formativa e la storia evolutiva che ha caratterizzato la formazione dei suoli che vi appartengono.

Per l'individuazione delle unità pedologiche si consiglia di operare attraverso la metodologia classica, secondo le seguenti fasi: 1) Raccolta documenti e informazioni sul territorio; 2) Studio ed elaborazione dei dati raccolti per la definizione delle Unità di Paesaggio; 3) Studio dei suoli nell'ambito delle diverse Unità di Paesaggio riscontrate; 4) Definizione dei limiti, disegno della carta e messa a punto della legenda definitiva.

Per quanto concerne la fase 1), si consiglia di fare riferimento alla maggior parte dei do-

cumenti, cartografici e non, di cui si può disporre: a) Carte topografiche di varia scala; b) Carte tematiche esistenti (geologiche, pedologiche, litologiche, altre eventuali) (a questo proposito si ricorda che aumentare la scala di una carta esistente è un'operazione scorretta che può portare ad errori grossolani. E' importante ad esempio utilizzare la Carta dei Suoli regionale in scala 1:250.000 (Aru et al., 1990) come documento orientativo, ma non basta fare riferimento a questa per la caratterizzazione dei suoli dell'area in esame, in quanto il margine di errore delle informazioni derivabili, riportato in scala 1:4.000, è elevato); c) Dati climatici, come definiti dalle Norme; d) Informazioni storiche e bibliografiche (reperibili nei luoghi più disparati o dalle conversazioni con persone anziane del luogo e con chi coltiva o utilizza le terre oggetto di studio); e) Foto aeree.

Nella fase 2) si illustra la realizzazione di una carta delle Unità di Paesaggio, che rappresentano una sintesi dell'indagine ambientale. E' utile procedere per gradi di definizione successivi "sommando" i diversi elementi ambientali analizzati, classificati e raccolti in carte tematiche di sintesi, quali: quote altimetriche, pendenze, esposizioni dei versanti, geomorfologia, vegetazione, ecc.

La *carta delle pendenze* è un documento richiesto dalle Norme tecniche, che prevedono le seguenti classi: 0-25%, 25-40%, 40-60%, oltre 60%. Pur essendo laboriosa da realizzare, è importante in quanto la pendenza è uno dei parametri principali sia per l'influenza sul modellamento della superficie terrestre, che per i condizionamenti sulle attività umane.

Anche la *carta delle esposizioni* dei versanti è molto importante nelle aree montane, dove, a parità di tutte le altre condizioni ambientali, la diversa esposizione gioca un ruolo fondamentale su alcuni fattori (umidità ed insolazione in particolare), determinando microclimi molto diversi e conseguentemente differenze di ecosistemi vegetali.

La *carta geomorfologica* ha lo scopo di fornire una visione sistematica del substrato geologico e di tutte le forme del terreno, e di mettere in luce sia la disposizione spaziale delle forme, che i rapporti esistenti tra dette forme ed i processi che le hanno determinate. Per i substrati geologici si fa riferimento a quelli individuati nella Carta dei Suoli della Sardegna (scala 1:250.000) (Aru et al., 1990). La fotointerpretazione potrebbe essere uno strumento molto utile nella fase di riconoscimento delle forme del paesaggio, in quanto spesso rivela particolari difficilmente evidenziabili sul terreno e relazioni spaziali non sempre ben percepibili in campagna. Pur non disponendo di foto aeree e stereoscopio, si può comunque tentare di fare una suddivisione abbastanza elementare ma comunque efficace delle forme del paesaggio, riconoscendo e distinguendo in campagna alcuni elementi morfologici principali, di cui si fa un elenco sintetico di riferimento.

La *carta della vegetazione*, richiesta dalle Norme, permette da un lato di distinguere le zone interessate da vegetazione più o meno spontanea da quelle influenzate dall'attività antropica, dall'altro di delimitare e classificare i differenti tipi di coltivazioni e di localizzare le aree sterili od improduttive dal punto di vista agro-silvo-pastorale. Viene indicato un elenco di riferimento per l'individuazione delle classi di uso del suolo.

L'integrazione di tutte le informazioni sin qui raccolte, messe su diverse carte e a loro volta sovrapposte, permette di delineare su una carta finale, detta delle Unità di Paesaggio, la bozza della futura *carta pedologica*, che consente di operare una scelta mirata dei siti ove aprire i profili, nonché la quantità degli stessi (uno o più per ogni Unità di Paesaggio, a seconda delle dimensioni e della complessità morfologica della stessa) (Fig.1).

La fase 3) riguarda la descrizione del profilo e della stazione; quest'ultima non va sottovalutata, in quanto è l'elemento che permette di collegare il suolo all'Unità di Paesaggio, inoltre permette di estendere la tipologia di suolo osservato a tutta l'area che presenta i medesimi caratteri stazionali. L'argomento viene trattato in modo approfondito in una sezione separata.

Dopo aver osservato i suoli in campagna, le informazioni raccolte vanno riferite alla carta delle Unità di Paesaggio. E' possibile che in questa fase si verifichi la necessità di suddividere, in base alle tipologie di suoli e alle caratteristiche esterne riscontrate in campagna,

delle unità che parevano omogenee, o di accorparne altre che sembravano diverse. Ad esempio vanno distinte e cartografate come unità diverse aree con la stessa tipologia di suolo, ma con percentuali di pietrosità superficiale o rocciosità significativamente differenti.

Infine, l'integrazione della Carta delle Unità di Paesaggio con le informazioni desunte dallo studio dei suoli in campagna, permette la realizzazione della fase 4). La fase finale del lavoro consiste nel disegnare su base topografica i limiti definitivi della *carta dei suoli*, dare ad ogni delineazione una sigla di riferimento che individui l'unità cartografica (numero progressivo), e riferire ognuna di queste ad una breve descrizione in legenda.

La legenda della *carta dei suoli* descrive le caratteristiche delle delineazioni individuate e rappresentate sulla carta. Essa sintetizza, in forma schematica, le informazioni acquisite tramite le osservazioni in campo sui suoli e sui paesaggi di cui tali suoli fanno parte. Inoltre la legenda completa il documento cartografico spiegando, localizzando, e rendendo immediatamente fruibili i dati indicati come necessari ai fini della valutazione dell'intervento di forestazione. La legenda (Fig. 2) è articolata in quattro colonne che descrivono:

- 1) il SUBSTRATO GEOMORFOLOGICO, secondo le tipologie cui fa riferimento la Carta dei Suoli della Sardegna al 250.000 (Aru et al., 1990);
- 2) il PAESAGGIO, nelle sue componenti facilmente osservabili in campo, quali forma, pendenza, esposizione, uso del suolo;
- 3) i caratteri dei SUOLI, come richiesto dalle Norme: rocciosità e pietrosità superficiali, profondità del suolo, drenaggio, profondità della falda e rischio di ristagno idrico;
- 4) l' UNITA' CARTOGRAFICA, distinta con numerazione progressiva.

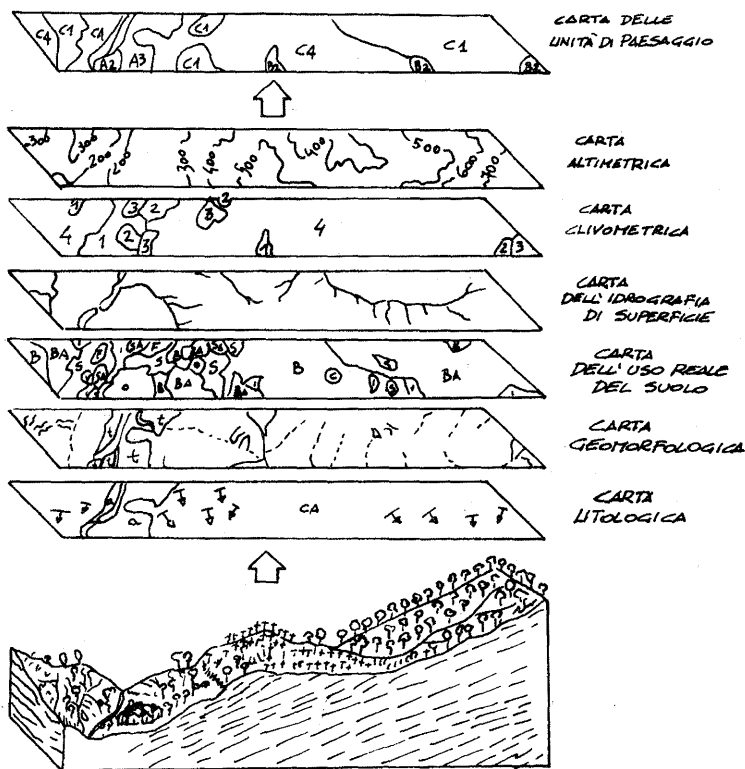
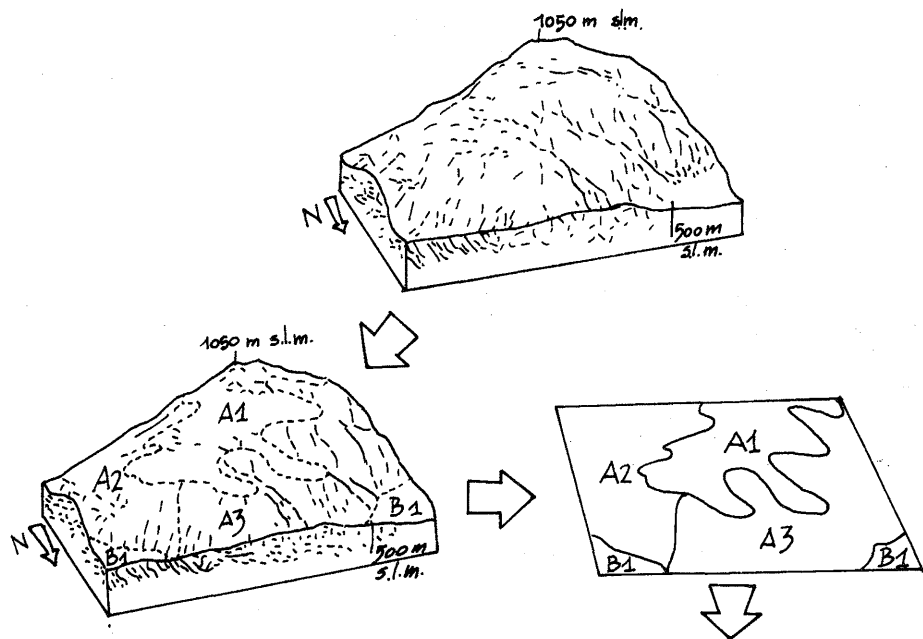


Fig. 1. Individuazione delle Unità di Paesaggio (da Rasio e Vianello, 1989)



#### LEGENDA

Substrato	Paesaggio	Caratteri dei suoli	Unita' cartografica
Formazione di marni calcarei e formazioni arenaceo-pelitiche	Sommità ondulate e parti alte dei versanti	Suoli su pendenze <25% profondità <100 cm non calcarei uso del suolo prevalente: boschi mesofili	A1
	Versanti brevi, prevalentemente ad esposizioni calde	Suoli su pendenze >25% rocciosità superficiale 2-10% profondità 25-50 cm calcarei uso prevalente: boschi cedui di latifoglie xerofile ed arbusti	A2
	Versanti semplici a profilo rettilineo ed esposizioni fresche	Suoli su pendenze 25-50% profondità 50-100 cm calcarei uso prevalente: boschi cedui di latifoglie mesofile	A3
Argille marnose	Superfici sommitali	Suoli su pendenze 2-6% profondità >100 cm non calcarei uso prevalente: seminativo semplice	B1

Fig. 2. Passaggi per la realizzazione di una carta dei suoli a partire dalla realtà concreta (da Regione Emilia-Romagna, 1994, modif.)

## 2.2. Descrizione della stazione e del profilo

Lo studio del profilo del suolo avviene tramite l'escavazione di una buca che consenta l'osservazione di un suolo il più possibile rappresentativo dell'Unità di Paesaggio cui si fa riferimento. A questo proposito il Manuale riporta alcuni accorgimenti di carattere pratico per operare la scelta del sito più adatta e per preparare nel modo migliore il profilo. Relativamente alla descrizione della stazione vengono fornite le indicazioni per la corretta

definizione di alcuni parametri di inquadramento ambientale quali la localizzazione e il riferimento cartografico, la definizione del paesaggio e della geologia del substrato, la inclinazione, l'esposizione, il tipo di copertura vegetale, e di alcune caratteristiche più direttamente influenti sull'uso dei suoli quali la pietrosità superficiale, la rocciosità, la profondità della falda ed il rischio di ristagni.

Per quanto riguarda la descrizione del profilo, vengono brevemente illustrati i principali orizzonti pedogenetici (O, A, B, C e R), vengono fornite le indicazioni per il loro riconoscimento e per la loro descrizione; inoltre si descrive brevemente come individuare e classificare i parametri richiesti dalle Norme (profondità fino al primo strato impenetrabile alle radici e drenaggio).

Tutte le indicazioni fornite nel Manuale relativamente alla descrizione della stazione e del profilo sono state tratte dal Soil Survey Manual (Soil Survey Division Staff, 1993), dalla Guida alla descrizione del suolo (Sanesi, 1977) e dal Guidelines for soil profile description (FAO, 1977).

Per la registrazione dei dati riguardanti la descrizione della stazione e del profilo si propone una scheda di semplice utilizzazione che, oltre a facilitare il rilevamento dei dati, permette di uniformare le descrizioni pedologiche (Fig. 3).

### 2.3. Valutazione dell'attitudine all'impianto delle essenze forestali

Consci del fatto che non sempre le informazioni rilevate vengono interpretate ai fini della scelta della specie forestale ecologicamentepiù adatta per il territorio oggetto del rimboschimento, si è pensato di proporre una serie di schede che diano una indicazione sulle scelte che il progettista può proporre al proprio committente. Tali schede, elaborate consultando un significativo numero di informazioni bibliografiche, a volte anche in contraddizione fra loro, non hanno la pretesa di essere univoche e indiscutibili, ma sono semplicemente orientative all'interpretazione di alcuni tra i principali fattori interagenti con il mondo vegetale, quali il clima, il substrato geologico ed il suolo.

Nella determinazione degli ambienti si è adottato lo schema suggerito da Delogu (1993) modificandolo in parte; più in particolare si è tenuto conto dei seguenti aspetti:

a) per quanto riguarda il clima, la classificazione si basa sugli *orizzonti fitoclimatici* dell'Arrigoni (1968):

PROFILO N.			
RILEVATORE:			
LOCALIZZAZIONE:			
RIFERIMENTO CARTOGRAFICO:			
GEOLOGIA DEL SUBSTRATO:		FORMA:	
VEGETAZIONE E USO DEL SUOLO:			
INCLINAZIONE:		ESPOSIZIONE:	
PIETROSITÀ SUPERFICIALE:		ROCCIOSITÀ:	
PROFONDITÀ DELLA FALDA:			
RISCHIO DI RISTAGNI:			
ORIZZONTI	PROFONDITÀ	DRENAGGIO	STRATI IMPENETRABILI

Fig. 3. Scheda per la descrizione della stazione e del profilo del suolo

- 1. Climax termoxerofilo delle foreste miste di sclerofille e delle macchie costiere

1a. Orizzonte delle foreste miste di sclerofille sempreverdi

1b. Orizzonte delle boscaglie e delle macchie litoranee

- 2. Climax delle foreste di leccio

2a. Orizzonte mesofilo della foresta di *Quercus ilex*

2b. Orizzonte freddo umido delle foreste montane di *Q. ilex* e *Q. pubescens*  
con elementi relitti dei cingoli a *Quercus-Tilia-Acer* e *Laurocerasus*

- 3. Climax degli arbusti montani prostrati.

Per ognuno degli orizzonti fitoclimatici si sono indicate le specie più adattabili. Naturalmente le specie più plastiche, o rustiche, sotto l'aspetto climatico trovano localizzazione in più orizzonti. Bisogna tuttavia considerare che spesso sono i microclimi a determinare la caratterizzazione climatica della stazione e quindi l'adattabilità delle piante. Pertanto oltre alla determinazione degli orizzonti fitoclimatici sarebbe auspicabile che il progettista, o chi istruisce il progetto, sia dotato di "sensibilità" ambientale per cogliere quei particolari che potrebbero sfuggire in una indagine sommaria, ma che possono determinare il successo o il fallimento di un impianto;

b) per i *substrati geologici* si è fatto riferimento a quelli individuati nella Carta dei Suoli della Regione Sardegna in scala 1:250.000 (Aru et al., 1990), gli stessi utilizzati nella legenda della carta pedologica. La natura geologica dei suoli influisce infatti sull'adattabilità ambientale delle diverse specie forestali e sulla loro stabilità ecologica.

Essa determina indirettamente la configurazione della stazione sotto l'aspetto geomorfologico e quindi anche per le disponibilità idriche e, in linea molto generale, la caratterizzazione dei suoli in termini di evoluzione, tessitura, pH, dotazione in basi, ecc.;

c) per i *suoli* si è fatto riferimento ad alcune caratteristiche minime, cercando di attenersi il più possibile a quelle richieste dalle Norme di attuazione. Tuttavia è stato necessario introdurre alcuni altri parametri, peraltro facilmente valutabili in campagna, in quanto la sola profondità del suolo, unita al drenaggio e alle percentuali di pietrosità e rocciosità superficiali, ci sono parsi insufficienti per una valutazione d'attitudine alla forestazione.

Le voci utilizzate sono le seguenti (Guinadeu, 1987):

- la "compattezza", intendendo "compatto" un suolo tendenzialmente argilloso, "filtrante" un suolo franco o di medio impasto e "molto poroso" un suolo sabbioso;
- l'acidità, dove con il termine "acido" ci si riferisce a  $pH < 5,5$ , "leggermente acido" corrisponde a  $pH$  tra 5,5 e 7, e "carbonatico" significa  $pH > 7$ ;
- l'idromorfia, intendendo "idromorfo" un suolo periodicamente o permanentemente saturo d'acqua;
- la disponibilità idrica, in termini di "fresco" se il suolo non ha mai un forte deficit idrico o di "secco" se ha un forte deficit idrico estivo;
- la profondità, valutando "superficiale" il suolo con profondità utile alle radici minore di 40 cm.

Sebbene nell'indagine pedologica non sia richiesta l'analisi del pH, abbiamo ritenuto di dare ugualmente le indicazioni per le singole specie perché spesso è un requisito vincolante nella scelta colturale. Si consiglia pertanto di fare comunque un'analisi del pH e del contenuto in calcare attivo, analisi possibile anche con semplici strumenti di campagna, quali l'indicatore universale per pH ed acido cloridrico in soluzione al 10% per valutare la presenza di calcare. Comunque l'uso della carta dei suoli fatta per il progetto permette di capire, a grandi linee, con che tipo di suolo ci si trova a che fare. Infatti la legenda della carta, definendo la natura geologica, indica se ci si trova su rocce acide o basiche o calcaree.

Per l'utilizzo delle schede, inoltre si è riportata la carta fitoclimatica della Sardegna (Arrigoni, 1968) insieme ad uno schema di correlazione fra le serie climax della vegetazione della Sardegna ed alcune stazioni termopluviometriche, che permette di individuare in base alla localizzazione territoriale dell'area, tenendo conto di alcuni dati termo-plu-

viometrici, la fascia fitoclimatica di appartenenza.

Una volta definita la fascia fitoclimatica, facendo riferimento al substrato geologico ed alle caratteristiche dei suoli desunte dalla legenda della carta pedologica, e arricchite di quei dati minimi su descritti, si può entrare nelle tabelle e verificare il grado di adattabilità della specie prescelta all'area oppure valutare quali specie si adattino meglio a tali condizioni.

Si riporta a titolo di esempio parte di una delle tabelle fatte con stralci delle relative legende dei codici utilizzati (Fig. 4).

Per quanto riguarda la meccanizzazione degli interventi necessari alla preparazione del terreno e di quelli per l'utilizzo del legname, si propone di valutarla facendo riferimento a due tabelle che tengono conto dei fattori di pendenza e di rocciosità, che limitano l'accesso e la percorribilità.

#### **2.4. Appendice (in forma di bozza)**

A conclusione del manuale vi è una proposta di ampliamento (in forma di bozza) che suggerisce l'introduzione di altri pochi parametri ritenuti utili dagli Autori per una più corretta valutazione dei suoli all'uso forestale. Si tratta di: stima del pericolo di erosione, sostanza organica, tessitura, struttura, pH, carbonati.

### **3. Conclusioni**

Nei progetti di rimboschimento è necessario conoscere molto bene l'ambiente in cui si opera al fine di impiantare le specie forestali ad esso più confacenti. Un errore di valutazione si trascinerebbe infatti per un periodo molto lungo, senza possibilità di correzione, inficiando così un'opera costata grossi investimenti.

Considerando inoltre che nel lungo periodo di vita delle piante forestali possono verificarsi eventi imprevedibili (tempeste, incendi, frane, attacchi parassitari, ecc.) la scelta della specie più adatta ad uno specifico ambiente, in equilibrio con esso, assicura una maggiore possibilità di ripresa della cenosi forestale colpita. Tale scelta è determinata dalla corretta analisi ed interpretazione delle caratteristiche ambientali della stazione.

Per quanto riguarda le informazioni sui suoli richieste dalla normativa d'attuazione del Reg. 2080/92, la mancanza di cognizioni pedologiche di base fa sì che si inseriscano nei progetti dati spesso ottenuti nei modi più disparati e che raramente le informazioni desunte vengano finalizzate alla scelta della specie; pertanto ci si trova ad avere molti dati utili sui suoli ed i paesaggi di tutto il territorio sardo, difficilmente confrontabili tra loro e di scarsa interpretazione ai fini della loro attitudine alla forestazione.

Una raccolta più standardizzata delle informazioni (con relativo archivio) potrebbe almeno in parte risolvere questo problema, consentendo un ampio utilizzo di questo patrimonio anche nella prospettiva di uno sviluppo sempre maggiore della forestazione, in accordo con gli indirizzi di politica comunitaria. Ciò costituirebbe inoltre un risparmio di costi ed energie, specialmente laddove le ricerche e analisi ambientali vengono ripetute nei medesimi luoghi o per gli stessi fini.



Fig. 4. Determinazione delle specie forestali da rimboscimento attraverso la caratterizzazione climatica e pedologica

Oriz. fitoclimatico	Specie	Unità geologiche	Comp att o	Filt ran te	Mo lto por oso	Acido	Le gg. acido	Carbo nat ico	Idr om orfo	Fre sco	Sec co	Su per ficiale
2.a	Alnus glutinosa	6	■	■	■	■	■	□	■	■		□
	Fraxinus ornus	1 2 3	■	■	□		■	■		■	■	■
	Populus alba	5 6		■	■		■		□			
	Populus nigra	6	□	■	■		■	■		■	□	
	Quercus suber	2 3		■	■	■	■			■	□	
	Quercus ilex	1 2 3 4	□	■	□	□	■	■		■	■	□
2.b	Acer monspessulanum	1 2 3	□	■	□		□	■		□	■	■
	Alnus cordata	2 3 6	■	■	■	■	■	□		■	□	
	Castanea sativa	2 3		■	■	■	■			■	□	□
	Ilex aquifolium	1 2 3	■	■	■	■	■		□	■		□
	Junglas regia	2 3 6		■	□	□	■			■		

■ = il vegetale è perfettamente adattato alle condizioni del suolo  
 □ = il vegetale è poco adattato alle condizioni del suolo  
 = il vegetale non è adattato alle condizioni del suolo

Schema di correlazione fra le serie climax della vegetazione della Sardegna ed alcune stazioni termopluviometriche (da Arrigoni, 1968)

Orizzonte fitoclimatico (Climax)	Stazioni
2.b Foreste montane di Quercus ilex e Q. pubescens con elementi relitti dei cingoli a Quercus-Tilia-Acer e Laurocerasus	Vallicciola, Cossatzu, Desulo, Genna Silana
2.a Foreste mesofile di Quercus ilex	Sarcidano, Nurri, Mandas, Macomer

Determinazione dei substrati geologici e riferimenti ai codici delle tabelle

Substrato geologico	Unità geologiche di riferimento
A paesaggi su calcari, dolomie, e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico e relativi depositi di versante.	1 suoli su calcari dolomitici e cristallini
B paesaggi su metamorfiti (scisti, scisti arenacei, argilloscisti, ecc.) del Paleozoico e relativi depositi di versante.	2 suoli su graniti e metamorfiti del Paleozoico
C paesaggi su rocce intrusive (graniti, granodioriti, leucograniti, ecc.) del Paleozoico e relativi depositi di versante.	

## Bibliografia

Vengono di seguito dati i riferimenti bibliografici dei testi citati nel lavoro o comunque consultati per la realizzazione del Manuale, e di alcuni testi contenenti informazioni utili per coloro che fossero eventualmente interessati ad approfondire alcuni degli argomenti trattati.

- Amadesi, E. 1977. *Fotointerpretazione e aerofotogrammetria*. Pitagora Editrice, Bologna.
- Arrigoni, P.V. 1968. Fitoclimatologia della Sardegna. Webbia 23.
- Aru, A., P. Baldaccini, G. Delogu, M.A. Dessena, S. Madrau, R.T. Melis, A. Vacca, S. Vacca. 1990. Carta dei Suoli della Sardegna, in scala 1:250.000. Regione Autonoma della Sardegna, Università di Cagliari.
- Aru, A., P. Baldaccini, A. Vacca. 1991. *Nota illustrativa alla Carta dei suoli della Sardegna. Regione Autonoma della Sardegna, Università di Cagliari, Cagliari, 83 pp.*
- Camarda, I., F. Valsecchi. 1985. Alberi e arbusti spontanei della Sardegna. Edizioni Galizio, Sassari.
- Cremaschi, M., G. Rodolfi. 1991. Il suolo. Pedologia nelle scienze della terra e nella valutazione del territorio. La Nuova Italia Scientifica, Roma, 427 pp.
- Delogu, G. 1993. Proposte di linee guida per la valutazione di attitudine ai rimboschimenti in Sardegna. Atti del Convegno "La difesa del suolo in ambiente mediterraneo", Cala Gonone 12 - 14 giugno 1991, E.R.S.A.T., Cagliari: 216-221.
- Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta. 1992. Conifere - Principali Latifoglie da Legno. Collana "Arboricoltura da legno", Roma.
- FAO. 1977. Guidelines for soil profile description (second edition). Soil Resources Development and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome, 66 pp.
- FAO. 1984. Land evaluation for forestry. FAO Forestry Paper 48, Rome, 123 pp.
- Gellini, R. 1980. Botanica Forestale, Vol. I e II, Edizioni CLUSF.
- Guinadeu, C. 1987. *Planter aujourd'hui, bâtir demain. Institut pour le Développement Forestier.*
- McRae, S.G. 1991. Pedologia pratica. Come studiare i suoli sul campo. Zanichelli Editore S.p.A., Bologna, 279 pp.
- Perrein, H. 1954. Selvicoltura Tomo II. Accademia Italiana di Scienze Forestali.
- Rasio, R., G. Vianello. 1989. Cartografia pedologica nella pianificazione e gestione del territorio. Franco Angeli Editore, Milano.
- Regione Autonoma della Sardegna. 1994. Regime comunitario di aiuti alle misure forestali. Attuazione in Sardegna del Reg. CEE n. 2080/92. Assessorato dell'Agricoltura, ERSAT, Cagliari, 131 pp.
- Regione Emilia - Romagna. 1994. I suoli dell'Emilia-Romagna. Note illustrative. Servizio Cartografico, Ufficio Pedologico, Bologna, 383 pp.
- Sanesi, G. 1977. Guida alla descrizione del suolo. C.N.R., P.F. Conservazione del Suolo, S.P. Dinamica dei Versanti, pubblicazione n° 11, Firenze, 157 pp.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Handbook n° 18, Issued October 1993, Washington, D.C.
- Vianello, G. 1989. Cartografia e fotointerpretazione. Ed. CLUEB Bologna.

# I SUOLI DEL BACINO DEL RIO D'ASTIMINI-FIUME SANTO (SARDEGNA NORD-OCCIDENTALE). VALUTAZIONE DELLA LORO ATTITUDINE AL MIGLIORAMENTO PASCOLI.<sup>1</sup>

**P. Baldaccini, S. Madrau, M.A. Deroma, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Sassari**

## **Riassunto**

Nell'ambito degli studi relativi al progetto Medalus II, gli autori hanno applicato al bacino del rio d'Astimini-Fiume Santo la metodologia di valutazione della attitudine al miglioramento pascoli proposta dall'Ersat nel 1989.

Scopo della valutazione è stato quello di ottenere un quadro della attitudine del territorio al miglioramento pascoli basato, al momento, sulle sole caratteristiche fisiche.

Si tratta di un primo passo verso l'impostazione di una metodologia di valutazione della convenienza dei miglioramenti pascoli che consideri la conservazione del territorio come uno degli obiettivi primari del miglioramento stesso.

## **1. Premessa**

L'utilizzazione a pascolo è probabilmente una delle destinazioni d'uso più comuni nei paesi che si affacciano sulle sponde del Mediterraneo centrale e meridionale.

In Sardegna, le superfici destinate a pascolo ammontano, secondo l'ultimo Censimento Generale dell'Agricoltura a 789.499 ha (ISTAT, 1991), pari al 33,14 % della superficie regionale.

Nonostante il notevole decremento rispetto ai valori indicati dallo stesso ISTAT per il 1984, 1.208.346 ha pari al 51% circa del territorio isolano, il pascolo rappresenta una delle poche e per alcune aree l'unica, valvola di sfogo occupazionale per coloro che sono alla ricerca della prima occupazione o di un reimpiego.

In questi anni è stato fatto moltissimo in campo scientifico e tecnico-applicativo per migliorare le tecniche di gestione dei pascoli, l'incremento della produttività degli stessi, il miglioramento genetico del bestiame.

Poco o nulla è stato fatto per proteggere le aree a pascolo dal degrado ambientale che l'uso secondo le tecniche più arcaiche o di una politica di gestione aziendale basata sul massimo sfruttamento della superficie causa su queste aree.

Per porre un freno a questo uso eccessivo od errato dei pascoli regionali, uso tra l'altro spesso finanziato con i contributi regionali per i miglioramenti pascoli, l'Ersat nel 1989 ha predisposto delle *Direttive* per il miglioramento e l'utilizzo dei pascoli in Sardegna.

Scopo di queste *Direttive* è quello di fornire agli operatori pubblici e privati del settore uno strumento per la valutazione della attitudine al miglioramento pascoli, al fine di ot-

<sup>1</sup> Medalus II, Progetto 4, coordinatore prof. J. Thornes, sottoprogetto 4.17, N.R.D. Università di Sassari, coordinatore prof. G. Enne.

timizzare le risposte che i pascoli della Sardegna possono fornire con l'impiego delle nuove tecniche di gestione e agli input economici.

La notevole complessità geologica, morfologica, pedologica e agronomica della Sardegna ha imposto una serie di successive verifiche ai parametri di valutazione (Madrau S., 1991, 1995; Ersat Progetto Regolamento CEE 2050, Salvaguardia Ambientale).

Nell'ambito del progetto MEDALUS II (Mediterranean Desertification And Land USE), l'N.R.D. dell'Università di Sassari ha individuato nel bacino del rio d'Astimini - Fiume Santo nella Nurra (Sardegna nord-occidentale), una delle aree rappresentative dei processi di degrado ambientale in Sardegna causato dall'eccessivo utilizzo dei suoli.

Tra le diverse osservazioni e studi di cui il bacino è stato oggetto vi è la valutazione della attitudine al miglioramento pascoli secondo le Direttive Ersat.

Nelle pagine seguenti ne verranno illustrati i risultati ottenuti.

## 2. L'area in studio

Il bacino del rio d'Astimini-Fiume Santo interessa una superficie di circa 5760 ha in gran parte ricadenti nel territorio comunale di Sassari. Nel suo tratto terminale in destra interessa anche parte del comune di Portotorres. (fig. 1)

Lo sviluppo dell'asta fluviale è modesto, circa 22 km, con foce nel golfo dell'Asinara a poco più di 1 km ad est dello stagno di Pilo, nei pressi della 2ª Termocentrale. (fig. 2)

La prima metà dell'asta fluviale è molto ramificata per la presenza di numerosi piccoli affluenti. Nella seconda metà gli affluenti scompaiono quasi completamente e hanno carattere stagionale. Complessivamente il bacino ha una forma che ricorda un pallone da laboratorio, un grosso corpo slargato a sud, un lungo e stretto collo a nord.

Il clima è tipicamente mediterraneo: i minimi termici si registrano in inverno, quelli massimi in estate in coincidenza con i minimi delle precipitazioni.

Il tipo climatico, secondo Thornthwaite e Mather è moderatamente caldo, secondo mesotermico con moderata concentrazione della efficienza termica in estate.; da subumido a semiarido nelle colline metamorfiche, tipo climatico C1 w B' 2a', semiarido nelle aree più prossime alla foce, tipo climatico D w B' 2 a', (Pulina M.A., 1994).

Il regime di umidità dei suoli varia dall'intermedio tra il torrico e il xerico per i valori di AWC inferiori a 25 mm e il xerico per valori di AWC compresi tra 25 e 300 mm. Il regime di temperatura è di tipo termico. (Raimondi S. et al., 1995).

## 3. Caratteristiche geologiche

Nel bacino del rio d'Astimini - Fiume Santo sono individuabili quattro situazioni geologiche fondamentali.

- complesso delle metamorfite del basamento paleozoico della Sardegna
- complesso sedimentario del Mesozoico
- depositi alluvionali ed eolici del Cenozoico - Quaternario
- depositi alluvionali recenti

Le formazioni metamorfiche, quarziti e quarzitoscisti compatte sericitiche, filladi e filladi sericitiche tutte associate in varia misura a complessi filoniani di quarzo, gneiss e rocce eruttive metamorfosate interessano la prima metà del bacino. La morfologia di queste aree varia dalla debolmente ondulata alla collinare con rilievi quasi sempre fortemente arrotondati.

Le formazioni sedimentarie interessano i rilievi che chiudono bruscamente in sinistra tutta la seconda metà del bacino. Si tratta di una fitta alternanza di calcari grigiastri, calcari

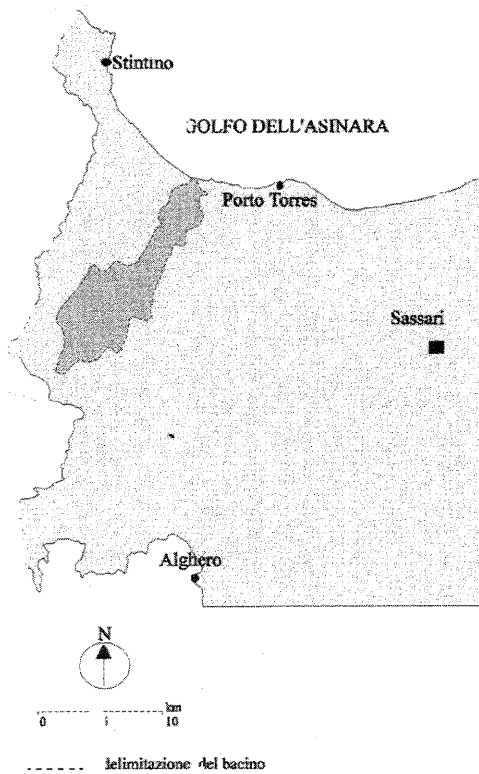


Fig. 2- il reticolo idrografico del rio d'Àstimi-Fiume Santo

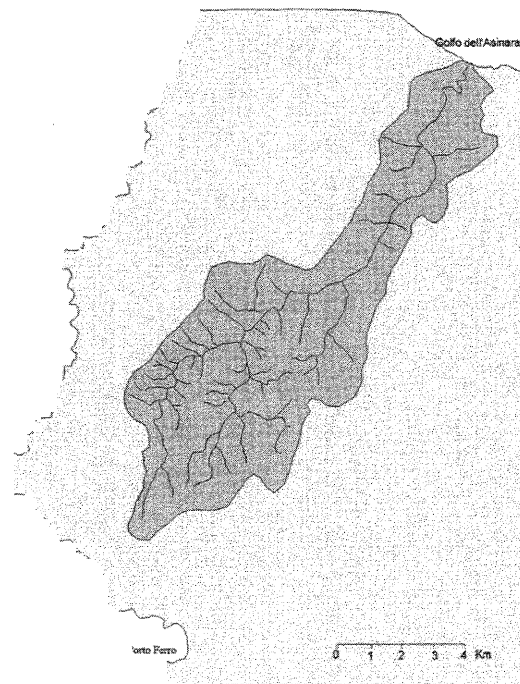


Fig. 1 - ubicazione del bacino del rio d'Àstimi - Fiume Santo

dolomiti e calcari marnosi con marne e gessi. Attribuiti al Trias, interessano la base dei rilievi. La parte centrale delle colline è costituita da calcari compatti, da grigio azzurri a giallastri passanti a breccie organogene e con pacchi di depositi colluviali di varia potenza ai piedi dei pendii spesso ricoprenti i calcari triassici.

Sono stati attribuiti al Giura e si presentano con una morfologia collinare a tratti aspra ed accidentata per la presenza rocce affioranti su cui dominano i processi carsici.

Le alluvioni cenozoico-quadernarie caratterizzano la destra del bacino nella sua seconda metà. Sono dei potenti depositi di elementi conglomeratici ad alta energia frammisti a depositi di sabbie, argille e di orizzonti accumulo carbonatici, la cui potenza complessiva varia da 50 a oltre 90 m. (Ginesu S. et al., 1994).

Fortemente reinci e erosi dal reticolo idrografico attuale hanno una morfologia variabile dalla pianeggiante alla debolmente ondulata.

Lembi residuali di queste alluvioni poggianti direttamente sulle metamorfite, si spingono in profondità all'interno del bacino, osservandosi fin quasi alla periferia della borgata di Palmadula.

I depositi alluvionali recenti interessano delle fasce, generalmente ampie poche decine di metri e parallele all'asta del rio. Solo per un breve tratto a pochi km dalla foce, tra le località Sant'Osanna e Nuraghe Sant'Elena, l'ampiezza di queste fasce supera il centinaio di metri su entrambi i lati.

Si tratta di una successione caotica per granulometria e ampiezza degli areali interessati di depositi alluvionali di varia potenza localmente frammisti a modesti depositi colluviali.

#### 4. Uso del suolo

La regione mostra tracce di utilizzazione antropica molto antica. L'agricoltura intensiva risale dal periodo tardo repubblicano, II secolo A.C., alle prime invasioni barbariche che ne hanno causato lo spopolamento.

La colonizzazione della regione Nurra fu intrapresa nel 16° secolo, destinando superfici sempre più vaste alla cerealicoltura in rotazione con il pascolo caprino prima ovino e bovino successivamente.

Attualmente è possibile distinguere le seguenti destinazioni d'uso fondamentali:

- colture cerealicole e foraggiere prevalentemente asciutte in rotazione al pascolo o con pascolo estivo sulle stoppie, interessa le superfici dalla morfologia pianeggiante o debolmente ondulata, indipendentemente dalle caratteristiche pedologiche e geologiche.

- pascolo ovino e bovino, interessa le superfici dalla morfologia collinare su substrati metamorfici e calcarei

- aree dalla morfologia collinare o fortemente erose e rocciose, sono lasciate alla macchia (a vario grado di degradazione) o al bosco di leccio, mai molto ampio e sempre degradato. Pascolate, ma di norma con carico animale ridotto.

Le superfici irrigate sono limitate essendo le risorse idriche rappresentate da piccoli invasi collinari con capacità variabili da poche migliaia di mc ai 165000 mc dell'invaso dell'azienda su Laccu.

All'interno del bacino sono presenti numerose miniere di ferro abbandonate, es. località Canaglia. Vaste superfici sono occupate dai materiali di risulta di queste miniere o dai bacini di raccolta delle acque per usi industriali. Esistono inoltre delle cave di argilla, alcune delle quali tuttora attive, che sfruttano o hanno sfruttato i depositi cenozoici - quadernari. Per la quasi totalità di queste cave si ipotizza una nuova destinazione a discariche controllate.

Alla sinistra, in prossimità della foce, lungo l'arco costiero esistono due centrali elettriche alimentate a gasolio che verranno in tempi brevissimi alimentate a carbone.

Una terza centrale elettrica è sperimentale essendo destinata alla verifica degli aereogeneratori.

## 5. I suoli

In accordo con la Carta dei Suoli della Sardegna di Aru A. et al., (1992), si sono individuate nel bacino in studio le seguenti unità di paesaggio:

- paesaggi sulle formazioni metamorfiche del Paleozoico e relativi depositi di versante
- paesaggi delle alluvioni mio-plioceniche sulle formazioni metamorfiche
- paesaggi sulle formazioni calcaree del Mesozoico (calcari cristallini del Giura-Liass, calcari dolomitici e marnosi, marne del Trias) e relativi depositi di versante
- paesaggi sulle alluvioni mio-plioceniche e sui depositi eolici pleistocenici
- paesaggi delle alluvioni recenti

In ciascuna unità di paesaggio sono state riconosciute una o più unità cartografiche o di mappa, ciascuna costituita da una associazione o complesso di più tipi pedologici.

I tipi pedologici a loro volta sono stati classificati in base alla Soil Taxonomy, (1975, 1992), alla Legenda FAO-UNESCO alla Carta Mondiale dei Suoli (1989), e del Référentiel Pédologique (1990).

Le unità cartografiche riconosciute sono 16, a queste devono aggiungersi altre 4 utilizzate per la situazioni non pedologiche, quali aree industriali, cave, ecc.

La classificazione secondo la Soil Taxonomy è stata spinta fino al livello di famiglia. Nella tabella 1 seguente si riporta uno schema riassuntivo delle caratteristiche morfologiche e di uso del suolo delle unità cartografiche e dei tipi pedologici in esse riconosciute.

Nella tabella 2 successiva, viene riportata la superficie interessata da ciascuna unità di mappa sia in ha, sia in percentuale rispetto alla superficie del bacino.

La unità più diffusa è la numero 3 con 1750 ha pari al 30,39% dell'area in studio. Seguono immediatamente la unità n. 2 con 901,88 ha (15,66%) e la numero 6 (11,94%).

Si vuole far notare come le unità 2 e 3 costituiscano da sole 84,70 % dei suoli presenti nel paesaggio delle metamorfite, il più diffuso nel bacino. La unità 6 rappresenta da sola il 67,61 % del paesaggio delle formazioni calcaree mesozoiche.

La quasi totalità dei tipi pedologici presenti in queste tre unità di mappa è caratterizzato da scarsa profondità per contatti litici o paralitici, o è soggetto a gravi rischi di erosione.

Anche le unità 1, 5, 9, 14, 15, hanno condizioni simili, per cui la superficie caratterizzata da scarsa profondità, spesso inferiore a 25-30 cm e da gravi rischi di erosione raggiunge il 74,92 % della superficie in studio.

Le restanti unità presentano difficoltà più o meno gravi per l'utilizzazione agricola, valgono per tutti il caso della unità 13 dove a partire da profondità medie di 50 - 70 cm è presente un pacco di ciottoli e ghiaie quarzose potente da 150-200 cm a oltre 400, fortemente cementato da silice e argille fini assolutamente impenetrabile all'acqua e alle radici. Al disotto si osserva una serie di orizzonti argillici, potenti mediamente più di 300 cm, desaturati poggianti su della plintite. Localmente l'orizzonte a ghiaie e ciottoli può essere sostituito da sabbie medie e grossolane anche esse fortemente cementate.

Unità	Geologia, morfologia e uso del suolo	Tipi pedologici
<b>a - paesaggi sulle formazioni metamorfiche del Paleozoico e relativi depositi di versante</b>		
1	Qualsiasi condizione di morfologia. Quarziti e filladi con filoni di quarzo e di quarziti. Macchia e pascolo	<i>complesso di:</i> Lithic Xerorthents Lithic Ruptic Xerorthentic Xerochrepts
2	Morfologia collinare, spesso aspra ed accidentata Quarziti e filladi con filoni di quarzo e di quarziti. Macchia, pascoli anche arborati, seminativi	<i>associazione di:</i> Lithic Xerochrepts, Lithic Ruptic Xerorthentic Xerochrepts <i>e in subordine:</i> Dystric Lithic Xerochrepts
3	Morfologie da ondulate a collinari Quarziti e filladi con filoni di quarzo e di quarziti. Seminativi in rotazione al pascolo	<i>associazione di:</i> Lithic Xerochrepts Typic xerochrepts, Fluventic Xerochrepts <i>e in subordine:</i> Dystric Lithic Xerochrepts
4	Morfologie pianeggianti o debolmente ondulate. Depositati alluvionali e/o colluviali. Seminativi	<i>associazione di:</i> Typic Xerochrepts, Lithic Xerochrepts, Fluventic Xerochrepts <i>e in subordine:</i> Dystric Lithic Xerochrepts
<b>b - paesaggi delle alluvioni mio-plioceniche sulle formazioni metamorfiche</b>		
5	Morfologie debolmente ondulate. Seminativi, pascolo e localmente macchia	<i>associazione di:</i> Lithic Haploxeralfs, Typic Haploxeralfs
<b>c - paesaggi sulle formazioni calcaree del Mesozoico</b>		
6	Morfologia prevalentemente collinare - Calcari compatti del Giura-Liass - Macchia e pascolo	<i>complesso di:</i> Lithic Xerorthents, Ochreptic Rhodoxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs
7	Morfologie da ondulate a debolmente ondulate. Calcari compatti del Giura-Liass e colluvi calcarei Macchia, pascolo, seminativi	<i>associazione di:</i> Lithic Rhodoxeralfs, Typic Rhodoxeralfs; <i>in subordine:</i> Calcic Rhodoxeralfs, Calcixerollic Xerochrepts
8	Morfologie da pianeggianti a debolmente ondulate. Calcari compatti del Giura-Liass. Seminativi in rotazione al pascolo	<i>associazione di:</i> Lithic Rhodoxeralfs, Typic Rhodoxeralfs <i>e in subordine:</i> Typic Haploxeralfs
9	Morfologie da pianeggianti a collinari - Calcari e calcari dolomitici del Triass - Macchia	<i>associazione di:</i> Lithic Xerorthents, Ochreptic Rhodoxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs
10	Morfologie debolmente ondulate o ondulate Colluvi calcarei, calcari e dolomie del Triass Seminativi in rotazione al pascolo	<i>associazione di:</i> Lithic Rhodoxeralfs, Typic Rhodoxeralfs, Typic Xerochrepts <i>e in subordine:</i> Calcic Rhodoxeralfs
11	Morfologie pianeggianti o debolmente ondulate Calcari, dolomie, calcari marnosi del Triass Seminativi in rotazione al pascolo	<i>associazione di:</i> Lithic Rhodoxeralfs, Typic Rhodoxeralfs <i>e in subordine:</i> Calcic Rhodoxeralfs
12	Morfologie pianeggianti debolmente incise Calcari, calcari marnosi e dolomie del Triass Seminativi in rotazione al pascolo	<i>associazione di:</i> Typic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs, Typic Rhodoxeralfs
<b>d - paesaggi sulle alluvioni mio-plioceniche e sui depositi eolici pleistocenici</b>		
13	Morfologie pianeggianti o debolmente ondulate. Alluvioni mio-plioceniche e più recenti Seminativi in rotazione al pascolo	<i>associazione di:</i> Typic Palixeralfs, Aquic Palixeralfs <i>e in subordine:</i> Petrocalcic Palixeralfs
14	Morfologie debolmente ondulate o pianeggianti Seminativi in rotazione al pascolo e macchia	<i>associazione di:</i> Typic Palixeralfs Lithic Palixeralfs
15	Morfologie debolmente ondulate Sabbie eoliche pleistoceniche	Psammentic Haploxeralfs
<b>e - paesaggi delle alluvioni recenti</b>		
16	Morfologie pianeggianti Seminativi in rotazione al pascolo	Typic Xerofluents <i>e in subordine:</i> Fluventic Xerochrepts
<b>f - aree in prossimità della foce, sommerse per la maggior parte degli anni e per più anni consecutivi</b>		
<b>g - cave di argilla, miniere abbandonate, discariche</b>		
<b>h - aree urbane</b>		
<b>i - aree industriali</b>		

Tab. 1: principali caratteristiche e tipi pedologici (sottogruppi) presenti nelle unità cartografiche



Unità	ha	%	Unità	ha	%
1	458,75	7,97	12	36,88	0,64
2	901,88	15,66	13	284,38	4,94
3	1750,00	30,39	14	411,25	7,14
4	20,00	0,35	15	2,50	0,04
5	21,25	0,37	16	486,88	8,45
6	687,50	11,94	<b>totale</b>	<b>5510,00</b>	<b>95,67</b>
7	90,00	1,56	f	7,50	0,13
8	134,38	2,33	g	183,13	3,18
9	81,25	1,41	h	13,75	0,24
10	24,38	0,42	i	32,50	0,56
11	118,75	2,06	invasi	12,50	0,22
			<b>TOTALE</b>	<b>5759,38</b>	<b>100,00</b>

Tab. 2: unità cartografiche, superfici in ha e in percentuale sul totale area del bacino

## 6. La valutazione della attitudine al miglioramento pascoli

### 6.1 Metodologia

Ai fini della valutazione della attitudine al miglioramento pascoli si è fatto ricorso alle citate Direttive Ersat. Queste Direttive ricalcano nella loro impostazione il più noto *Framework for Land Evaluation* (FAO, 1977).

La valutazione è articolata su quattro livelli successivi: *ordine, classe di attitudine, sottoclasse di attitudine d'uso, unità di attitudine d'uso*, che descriviamo brevemente:

- *ordine*, articolato nell'ordine *adatto*, indicato dalla lettera maiuscola S e nell'ordine *non adatto*, indicato dalla lettera maiuscola N.
- *classe di attitudine d'uso*, sono riconosciuti convenzionalmente tre classi di attitudine decrescente per l'ordine S, e due classi, temporaneamente non adatti e permanentemente non adatti per l'ordine N. La classe si indica con un numero arabo suffisso al simbolo dell'ordine.
- *sottoclasse di attitudine d'uso*, la sottoclasse qualifica la o le principali limitazioni d'uso. Sono indicate con una lettera minuscola suffissa al simbolo della classe. La classe S1 non avendo per convenzione limitazioni non ha sottoclassi.
- *unità di attitudine d'uso*, quantifica le limitazioni d'uso in quanto permette di precisare la natura degli interventi necessari per ridurre o eliminarli. E' indicata da un numero arabo suffisso al simbolo della sottoclasse.

Poiché la Sardegna è caratterizzata da una notevole complessità dei suoi aspetti geologici, morfologici, climatici e quindi pedologici e di uso del suolo, gli autori del sistema hanno proposto degli schemi di valutazione differenti per ciascuna delle 8 unità di paesaggio riconosciute, ai fini della valutazione della attitudine al miglioramento pascoli, nel territorio regionale.

Ai fini della valutazione essi propongono di misurare o stimare le seguenti caratteristiche del territorio:

- |                           |                             |                              |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| - pendenza                | - tessitura                 | - saturazione in basi        |
| - rocciosità              | - stabilità della struttura | - C organico nei primi 15 cm |
| - pietrosità superficiale | - permeabilità              | - acqua utile (AWC)          |

- *profondità del suolo*      - *idromorfia*      - *lunghezza del periodo arido*  
 Alcune applicazioni della metodologia hanno mostrato la necessità di introdurre nella  
 valutazione altre caratteristiche del territorio tra cui:  
 - *altimetria,*      - *ampiezza della superficie*      - *grado di copertura arborea o*  
*arbustiva*

Tutte le caratteristiche fisiche proposte sono facilmente misurabili o stimabili in campo o  
 ottenibili nel corso delle analisi routinarie sui suoli. Per la definizione e la misurazione di  
 gran parte delle caratteristiche proposte si fa riferimento al Soil Survey Manual  
 dell'USDA o alle Guidelines for Soil Profile Description della FAO.

## 6.2 Risultati

I risultati della valutazione della attitudine al miglioramento pascoli delle unità cartogra-  
 fiche riscontrate nel bacino del rio d'Astimini-Fiume Santo sono riepilogati nella tabella  
 e figura 3.

In alcune unità cartografiche, le n. 2, 3, 14, 15, 16 la complessità della unità cartografica è  
 tale che non è stato possibile indicare una unica classe di valutazione della attitudine  
 d'uso. Pertanto si indicano le classi minime e massime osservate, lasciando alle valuta-  
 zioni a maggior dettaglio il compito di una più precisa separazione.

Solo nel caso della unità 16, suoli sviluppatasi sulle alluvioni recenti, dove l'attribuzione  
 alla classe S3 è quasi esclusivamente basata sulla ampiezza della superficie interessata, è  
 stato possibile distinguere in questa fase con sufficiente approssimazione le superfici  
 ascrivibili alle due classi. In particolare alla classe S1 sono stati attribuiti 345,00 ha pari al  
 5,99 % dell'area del bacino in studio, mentre alla classe S3 sono stati attribuiti 141,88 ha  
 (2,46 %).

Bisogna sottolineare che la valutazione è stata spinta sino al livello di sottoclasse di atti-  
 tudine. E' solo per ovvi motivi di semplicità nella esposizione che in tabella 3 e figura 3 ci  
 siamo limitati a indicare le classi.

In tutte le unità cartografiche le limitazioni al miglioramento pascoli sono risultate le pen-  
 denze elevate, scarsa profondità del suolo, la rocciosità affiorante e limitatamente alla sola  
 unità 16 (alluvioni recenti) la scarsa ampiezza delle superfici interessate.

La fig. 3 mostra come il 51,51 % del territorio si presti, sia pure con limitazioni e costi  
 crescenti al miglioramento pascoli, classi S1, S1 - S2, S2, S3.

In particolare nella classe S1, limitazioni assenti o trascurabili, ricade l'11,37% del baci-  
 no, mentre il 30,39% presenta limitazioni tali da poter essere eliminate o ridotte signifi-  
 cativamente con le normali operazioni colturali e con modesti input economici (classe S1-  
 S2).

unità	classe	unità	classe	unità	classe
1	N2	8	S1	15	S3 - N2
2	S3 - N2	9	N2	16	S1 - S3
3	S1 - S2	10	S2	f	NC
4	S1	11	S1	g	NC
5	S3	12	S1	h	NC
6	N2	13	S2	i	NC
7	S3	14	S2 - N1	invasi	NC

Tab. 3 - unità cartografiche: classe di attitudine al miglioramento pascoli

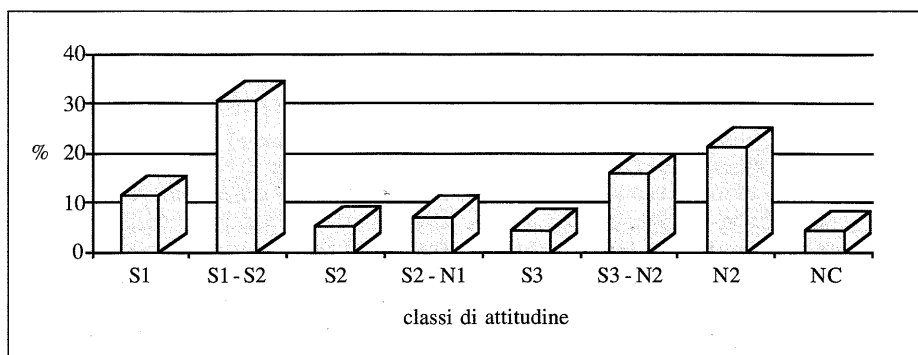


Fig. 3. Classi di attitudine miglioramento pascoli: % superficie utilizzata

Risultano permanentemente inadatte, classe N2, prevalentemente a causa di pendenze eccessive, gravi rischi di erosione, rocciosità superficiale elevata, il 21,32 % dell'area studiata.

Non sono state classificate, le superfici interessate da cave, discariche, urbanizzazione, invasi, ecc. Queste aree ammontano complessivamente al 4,33% del bacino.

## 7. Conclusioni

I risultati da noi esposti fino ad ora si riferiscono ad una valutazione della attitudine al miglioramento pascoli basata sulle sole caratteristiche fisiche del territorio. Agli effetti della valutazione si è tenuto conto della influenza diretta o indiretta che le caratteristiche da noi considerate esercitano sulla lavorabilità dei suoli, sulla loro produttività e sui processi erosivi in atto o potenziali.

Le indicazioni di valutazione da noi proposte devono essere necessariamente confrontate con i risultati degli studi agronomici e zootecnici che le altre unità di ricerca del NRD Sassari stanno conducendo.

Altri confronti devono essere fatte con i risultati degli studi relativi alla calpestabilità delle superfici a pascolo che la nostra unità sta conducendo.

Esperienze in corso ci fanno comunque ritenere che nell'area in studio la valutazione da noi proposta non subirà, a livello di ordine e classe, delle variazioni significative in termini di superficie ascritte.

Solo tramite questi confronti e verifiche sarà possibile raggiungere l'obiettivo iniziale dei nostri studi: realizzare delle normative che consentano un giudizio di convenienza del miglioramento pascoli basato non più sui soli indicatori economici ma sul contemporaneo studio degli aspetti del fisico del territorio e delle caratteristiche tecnico economiche del miglioramento stesso.

Operando in questo modo si farà sì che il giudizio di convenienza si ponga, come uno degli obiettivi tecnici da raggiungere, la salvaguardia del territorio e la conservazione delle sue caratteristiche diventando uno degli strumenti per una efficace lotta al degrado ambientale dei pascoli della Sardegna.

## Bibliografia

- Agency for international Develop., U.S.D.A. - Soil Management Support Service, 1988. - Keys to Soil Taxonomy by Soil Survey Staff. SMSS Technical monography n.6, 4th ed., Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Aru A., Baldaccini P., Loj G., 1989 - I suoli: caratteristiche che determinano la loro marginalità e la loro valutazione per il pascolo. in *Sistemi Agricoli Marginali. Lo scenario Marghine-Planargia*. a cura di Idda L.-Aru A. et al. 1991
- Aru A., Baldaccini P. et al. 1992 - Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250.000. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Programmazione, Bilancio e Assetto del Territorio, Dip. Scienze della Terra Univ. Cagliari, Cagliari
- Association Francaise pour l'Etude du Sol, Institut Nat. de la Recherche Agronomique, 1990 - Référentiel Pédologique Française, 3ème proposition. , Plaisir, France
- Baldaccini P., Previtali F., Madrau S. et al., 1994 - Lo studio del bacino del rio d'Astimini e problemi relativi alla desertificazione. Lineamenti pedologici. Atti Convegno *Uso e degrado del suolo: il MEDALUS in Sardegna*, Sassari, in stampa
- ERSAT, 1989 - Miglioramento e utilizzo dei pascoli. Direttive. draft. ed. Cagliari
- F.A.O. , 1976 - A Framework for Land evaluation. Soil Bulletin n. 32, Roma
- F.A.O. - UNESCO, 1989 - Carte mondiale des sols. Legende révisée. Rapport sur les resources en sols du monde n. 60. Roma
- F.A.O., 1991 - Guidelines: land evaluation for extensive grazing. F.A.O. Soil Bull. n.58, Roma
- Ginesu S., Previtali F., 1994 - Lo studio del bacino del rio d'Astimini e problemi relativi alla desertificazione. Inquadramento geologico e morfologico. Atti Convegno *Uso e degrado del suolo: il MEDALUS in Sardegna*, Sassari, in stampa
- Madrau S., 1986 - Proposta di realizzazione di uno schema di Land capability per i pascoli della Sardegna. Studi Sassaresi, Sez. III, vol. XXXII, 181-190, Sassari
- 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, pag. 125-163, Sassari
- Madrau S. , 1994 - Valutazione della attitudine alla utilizzazione agronomica e al miglioramento pascoli dei suoli della Sardegna. Il territorio comunale di Sindia (Nu). Studi Sassaresi, Sez. III, Sassari, in stampa
- Pulina M.A., 1994 - Lineamenti climatici generali del bacino del rio d'Astimini-Fiume Santo. Atti Convegno *Uso e degrado del suolo: il MEDALUS in Sardegna*, Sassari, in stampa
- 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, in stampa
- Soil Survey Staff, Soil Conservation Service, U. S. Dept. of Agriculture, 1975 - Soil Taxonomy. Agriculture Handbook n. 436, 1st ed., Washington D.C.
- Thorthwaite C.W., Mather J.R., 1957. - Instructions and tables for computing potential evapotraspiration and water balance. Centerton.

# IL CLIMA E IL PEDOCLIMA DEI SUOLI DELLA SARDEGNA DURANTE GLI ANNI 1951-80<sup>1</sup>

**S. Raimondi, Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee, Università di Palermo**

**P. Baldaccini, Dipartimento di Ingegneria del territorio, Università di Sassari**

**S. Madrau, Dipartimento di Ingegneria del territorio, Università di Sassari**

## **Riassunto**

Gli autori hanno elaborato i dati medi mensili di 32 stazioni termopluviometriche della Sardegna relativi agli anni 1951-80 per eseguire i bilanci idrici dei suoli per valori di AWC di 25, 50, 100, 200, 300 mm.

Gli indici climatici di Thornthwaite ed i periodi asciutti della sezione di controllo della dell'umidità, determinati mediante la rappresentazione grafica di Billaux, sono stati riportati su una base cartografica.

Mediante l'interpolazione grafica e l'interpretazione dei valori secondo la Soil Taxonomy, sono stati individuati i tipi climatici, le classi dei regimi di umidità e di temperatura e la loro distribuzione geografica.

## **Premessa**

In questa nota vengono descritti i risultati della elaborazione dei dati medi mensili di 32 stazioni termopluviometriche della Sardegna.

L'esigenza di questa elaborazione è stata dettata dalla necessità di indicare sia pure a piccola scala, un quadro delle principali caratteristiche pedoclimatiche: regimi di temperatura e di umidità del suolo, fondamentali sia per la corretta attribuzione dei suoli all'interno della Soil Taxonomy, sia per la loro efficace irrigazione nell'ambito di una corretta gestione agronomica e di risparmio delle risorse ambientali.

## **Materiali e metodi**

Si sono utilizzati i dati di 32 stazioni termopluviometriche variamente distribuite nel territorio regionale e che coprono la fascia altimetrica compresa tra il livello del mare e i 1000 m di quota<sup>2</sup>. Al disopra di questa altitudine non esistono dati termici e pluviometrici.

Il periodo storico considerato è quello del trentennio 1951-80. I dati utilizzati sono quelli

<sup>1</sup> il lavoro è da attribuire in parti eguali agli Autori

<sup>2</sup> Al disopra di questa quota non esistono nell'isola stazioni di rilevamento meteorologico. Per ovviare a questa carenza il Servizio Agrometeorologico Regionale (SAR), prevede di installare una stazione in località Bruncu Spina (Gennargentu), a partire dall'estate del 1995.

pubblicati negli annali idrologici del Genio Civile e in parte già elaborati da numerosi autori ( Aru A. et al. 1986, 1992; Cao Pinna C., 1978-80) o riportati in numerose tesi di laurea.

I valori medi mensili delle precipitazioni e delle temperature sono stati rielaborati con un programma in BASIC predisposto da Raimondi S, che ha permesso lo studio del regime idrico dei suoli secondo lo schema di Billaux P. (1978).

Con questo programma il regime idrico dei suoli viene definito mediante la determinazione del bilancio idrologico secondo la metodologia di Thornthwaite C.W. (1957).

Per ciascuna stazione sono stati prodotti i grafici relativi al bilancio idrologico per valori di AWC (Available Water Capacity), pari a 25, 50, 100, 200, 300 mm), secondo la citata metodologia di Billaux P. Nella fig. 1 si riporta il bilancio della stazione di Sassari.

I grafici permettono di rappresentare in modo efficiente le condizioni di umidità del suolo nell'arco dell'anno e di evidenziare, per i diversi valori di AWC, i periodi durante i quali la sezione di controllo dell'umidità (M.C.S.), è umida dappertutto, parzialmente umida, asciutta dappertutto, permettendo quindi di misurarne la durata.

I diversi periodi, calcolati per i differenti valori di AWC proposti, sono stati riportati su una carta regionale a piccola scala, che è servita come base per cartografare la distribuzione dei differenti regimi di umidità e di temperatura nel territorio regionale, mediante l'interpolazione grafica.

Sono stati altresì elaborati i valori degli indici della umidità globale,  $I_m$ , di aridità,  $I_a$ , e di umidità,  $I_h$ , per la classificazione del clima secondo Thornthwaite C.W.

## Risultati

I risultati della elaborazione dei dati climatici sono sintetizzati nelle carte a piccola scala allegate (fig. 2-11)

La carta della distribuzione della temperatura media annua, fig. 2, indica chiaramente come questo parametro sia strettamente influenzato sia dalla latitudine e dalle condizioni di insularità. I valori sono compresi tra le isoterme  $11^\circ\text{C}$  delle colline della Sardegna centrale e  $17^\circ\text{C}$  osservata nel Sulcis Iglesiente e in due ampi tratti della costa tirrenica.

Nella carta della distribuzione della piovosità media annua, fig. 3, si sono riportate le isoiete 500, 700, 900, 1100 mm. I valori inferiori a 500 mm si osservano in una ristretta fascia del Campidano di Cagliari immediatamente intorno al capoluogo, mentre la isoietta di 1100 mm è limitata alle quote più alte del Limbara e del Gennargentu.

Per quest'ultimo rilievo, osservazioni dirette sui suoli e sulla vegetazione fanno ritenere che questo valore sia ampiamente superato.

La distribuzione dei regimi di temperatura dei suoli, fig. 4, evidenzia come nell'Isola siano presenti due soli regimi: Mesico, che contraddistingue le quote medio-alte della Sardegna centrale, dal Limbara al Monte Arbu di Seui, e il Termico per il restante territorio regionale.

E' questa una ulteriore conferma a quanto precedentemente ipotizzato circa l'esistenza di un gradiente nel regime di temperatura dei suoli, ad una quota variabile tra gli 800 e i 1000 m in funzione della latitudine ed esposizione (Aru A. et al., 1992; Madrau S., 1992) La carta della distribuzione della umidità globale, fig. 5, illustra la distribuzione nel territorio regionale dei differenti tipi climatici, dal Semiarido (D) all'Umido (B4), secondo la notazione climatica di Thornthwaite C.W.. Il regime più diffuso è il C1, da Subumido a Semiarido con indice  $I_m$  pari a  $-33,3 \div 0$ , che caratterizza tutta la fascia costiera e gran parte dei rilievi collinari alle quote medio basse.

Il regime Semiarido, indice  $I_m$   $-66,6 \div -33,3$ , caratterizza gran parte del Sulcis Iglesiente, la penisola del Sinis e la foce del Tirso ed infine a nord la penisola di Stintino e l'Asinara. Il regime B4, indice di umidità ( $I_h$ )  $80 \div 100$  caratterizza le quote più alte del Limbara.

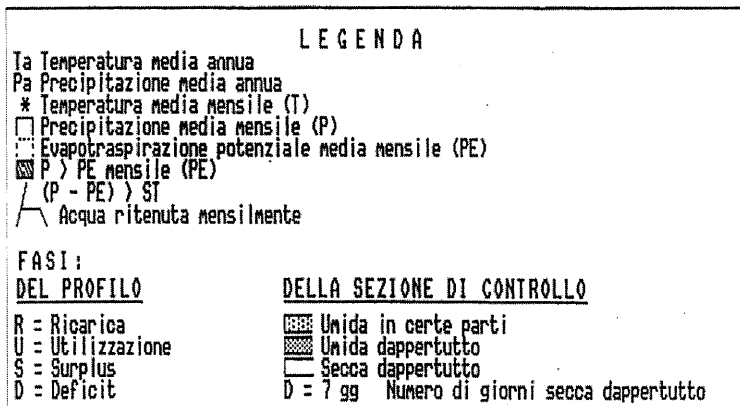
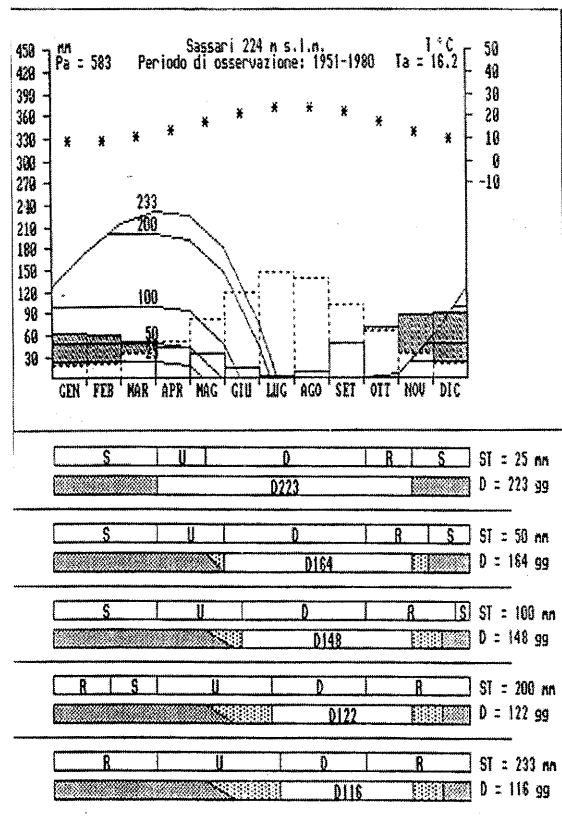


Fig. 1 - Rappresentazione grafica dell'umidità del suolo e della sezione di controllo.

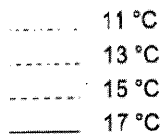
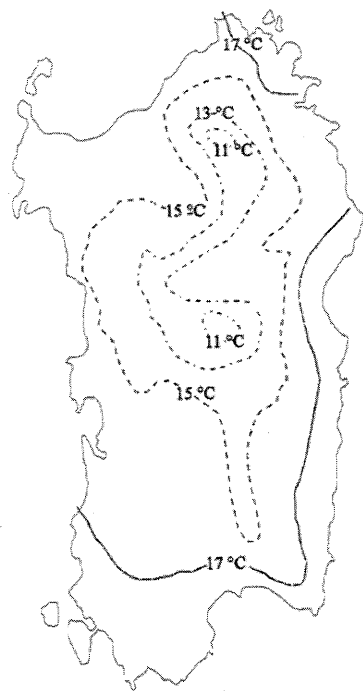


Fig. 3- distribuzione della piovosità media annua

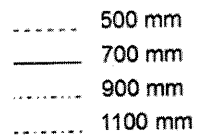
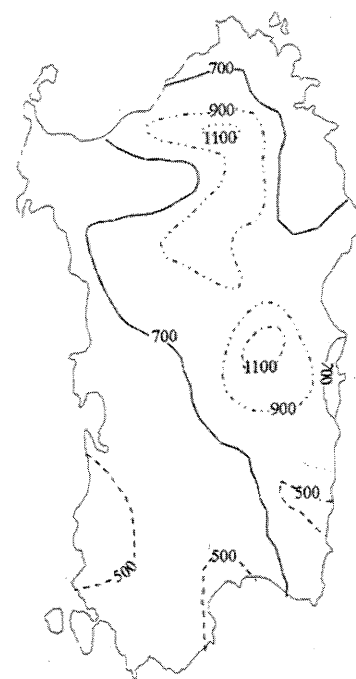


Fig. 2 - distribuzione della temperatura media dell'aria



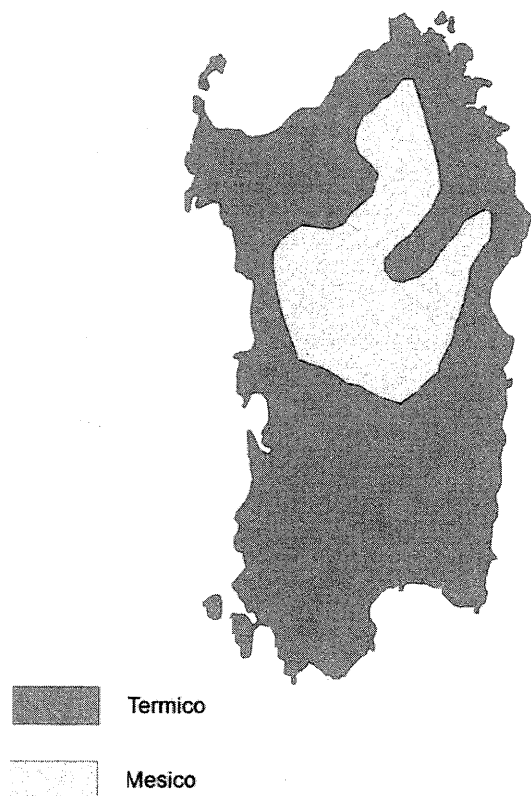


Fig. 4- distribuzione dei regimi termometrici dei suoli

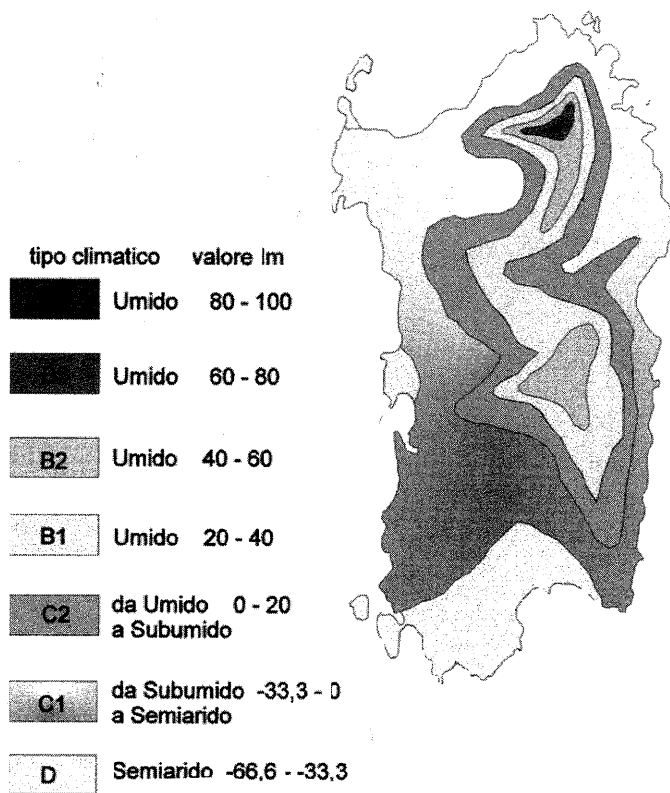


Fig. 5 - distribuzione dei tipi climatici secondo C. W. Thornthwaite

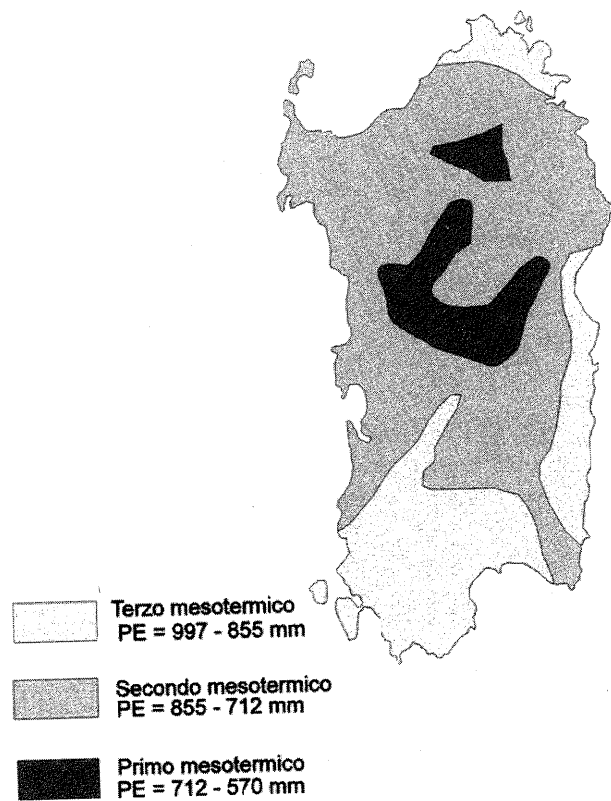


Fig. 6 - distribuzione della efficienza termica

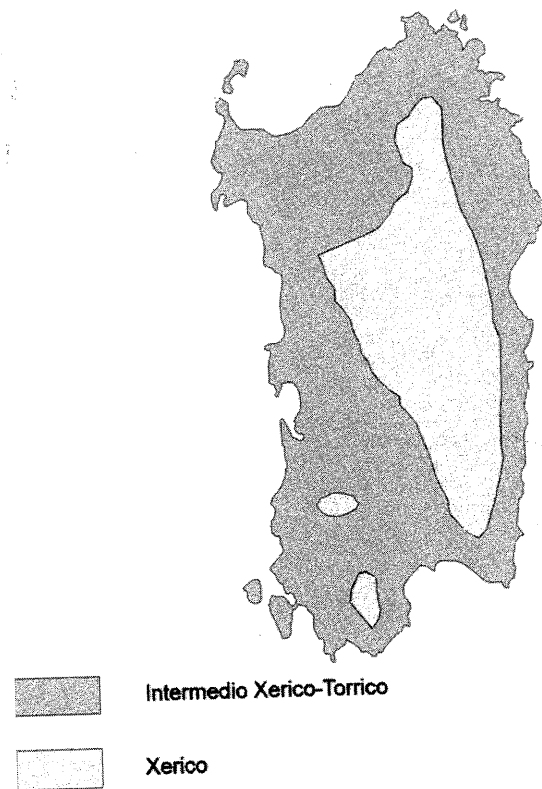


Fig. 7 - distribuzione dei regimi idrici dei suoli. AWC=25 mm

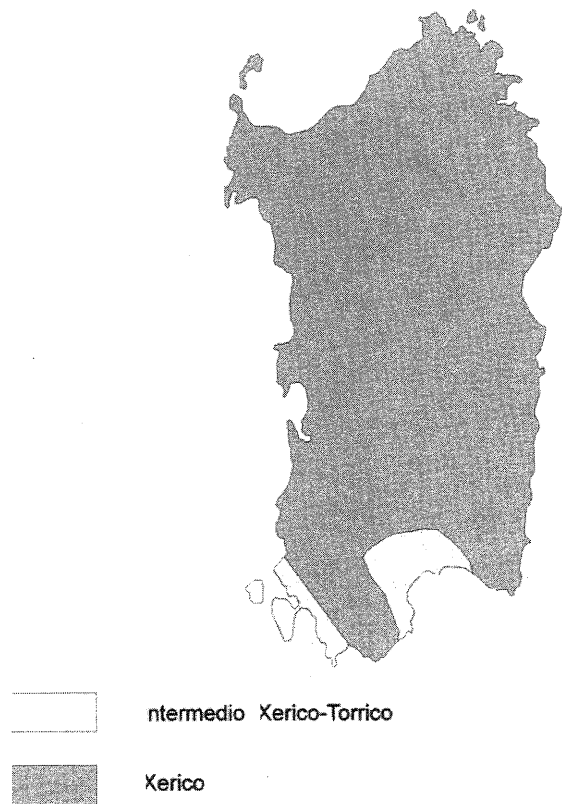


Fig. 8- distribuzione dei regimi idrici dei suoli. AWC=50mm

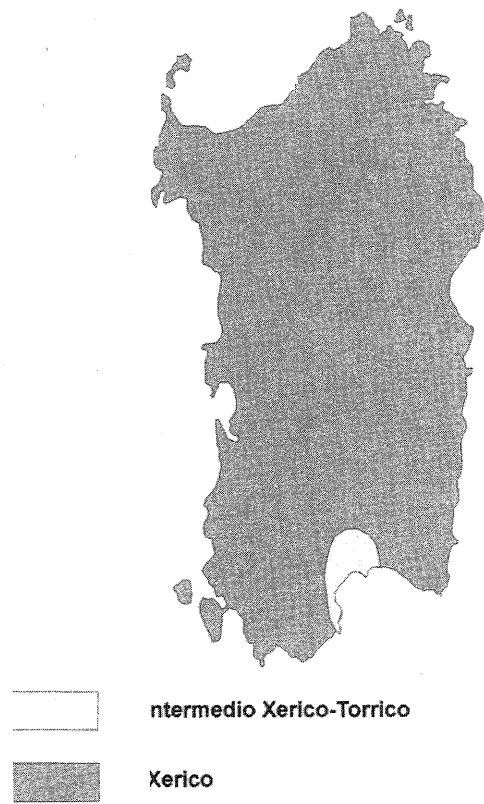


Fig. 9- distribuzione dei regimi idrici dei suoli. AWC=100 mm

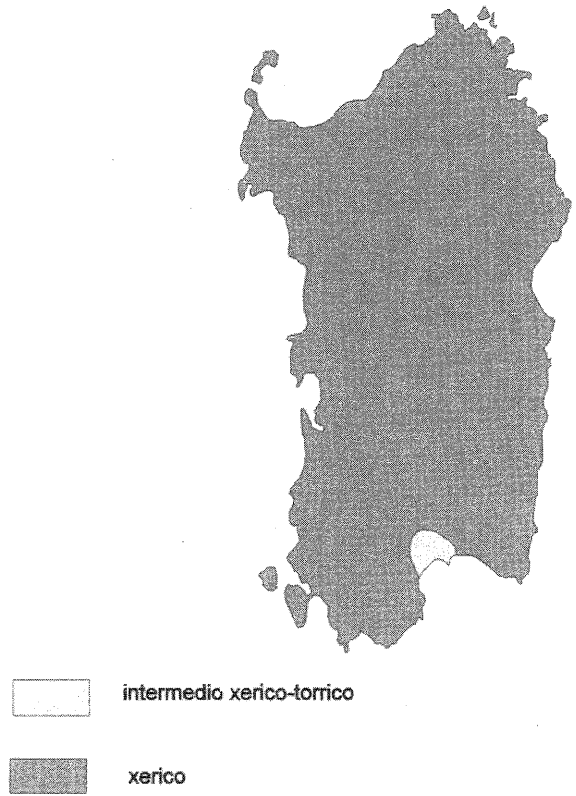


Fig. 10 - distribuzione dei regimi idrici dei suoli. AWC=200 mm

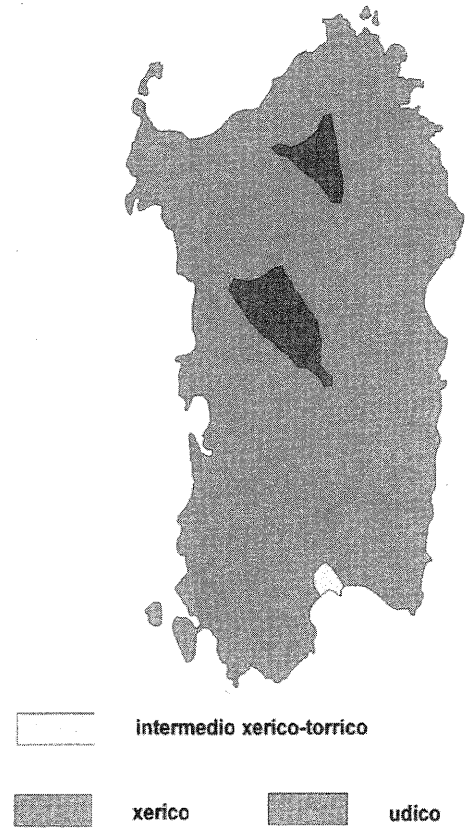


Fig. 11- distribuzione dei regimi idrici dei suoli. AWC=300 mm

Dei tipi climatici proposti da Thornthwaite C.W., non sono presenti nell'isola il Perumido (A) indice  $Im > 100$ , e l'Arido (E), indice  $Im -100 \div -66,6$ .

Nella fig. 6 è illustrata la distribuzione della efficienza termica. La carta mostra l'esistenza in Sardegna di tre varietà climatiche: dal Primo mesotermico B1' ( $PE= 712 \div 570$  mm) e il Terzo mesotermico B3' ( $PE= 997 \div 855$  mm), a cui corrisponde sia la massima esigenza delle piante in termini di acqua necessaria per la loro crescita sia la maggiore efficacia delle temperature agli effetti della crescita delle piante. In Sicilia Raimondi S. (1993), ha osservato nei Monti Nebrodi e nell'Etna, la presenza anche delle varietà climatiche del Primo e del Secondo microtermico indici di una condizione climatica più umida in concomitanza con una minore durata della stagione efficace per la crescita delle piante. Le figure da 7 a 11 riportano la distribuzione dei regimi idrici per i 5 valori di AWC considerati ai fini della tipizzazione del pedoclima regionale.

Per il valore di AWC pari a 25 mm, fig. 7, valore limite minimo, ma che può essere considerato quello più comune per gli Xerorthents fortemente erosi di gran parte delle colline metamorfiche e granitiche, risultano attribuiti al regime Intermedio Xerico-Torrico<sup>3</sup> oltre a tutta la fascia costiera le colline dell'Anglona, del Logudoro e del Meilogu a nord, tutto il Campidano e il Sulcis (fatta eccezione per Monte Linnas e Monte Caravius), a sud. Tutto il restante territorio è attribuito al regime Xerico.

Per valori di AWC pari a 50 mm, fig. 8, il regime di umidità Intermedio Xerico-Torrico si restringe notevolmente interessando la parte meridionale del Campidano di Cagliari e la costa sulcitana con le prospicienti isole di Sant'Antioco e San Pietro.

Il valore di AWC pari a 100 mm, si può ritenere quello più prossimo al valore medio di gran parte dei suoli dell'Isola. Nel caso di questo valore, fig. 9, il regime Intermedio Xerico-Torrico è limitato alla parte del Campidano di Cagliari più prossima al capoluogo e al mare. Il restante territorio è attribuito al regime Xerico.

La diminuzione dell'areale ascrivibile al regime di umidità Intermedio Xerico-Torrico prosegue per i valori di AWC pari a 200 e 300 mm, figg. 10 e 11, dove si riduce praticamente alla sola stazione di Cagliari.

Si sottolinea che per i valori di AWC pari a 300 mm, fig. 11, le quote più alte della Catena del Marghine e del Limbara ricadono nel regime di umidità di tipo Udico.

## Conclusioni

Queste note confermano come già sottolineato, l'ipotesi della esistenza ad una quota compresa tra gli 800 ÷ 1000 m, di un gradiente tra i due regimi di temperatura dei suoli, Termico e Mesico, osservabili nell'Isola.

I dati hanno altresì evidenziato come la gran parte dei suoli regionali, per valori di AWC compresi tra i 50 ÷ 200 mm, siano ascrivibili al regime di umidità di tipo Xerico. Particolare attenzione, con valutazioni puntuali per singolo profilo, dovrà porsi nel caso di suoli a minimo spessore della fascia costiera isolana e del Campidano dove per valori di AWC < 50 mm il regime di umidità è Intermedio Xerico-Torrico.

Per i suoli delle quote più alte, con valori di AWC pari a 300 mm, il regime di umidità è Udico. Questa osservazione è confermata dalle osservazioni in campo sulle caratteristiche della vegetazione.

Infine occorre segnalare come la rappresentazione grafica da noi proposta non debba essere considerata come un dato assoluto. Modifiche che noi ci auguriamo significative dovranno essere apportate in seguito all'infittimento della rete di rilevamento ad opera del

<sup>3</sup> nel regime Intermedio Xerico-Torrico la M.C.S. rimane asciutta per un periodo compreso tra i 180 - 270 giorni (Raimondi S., 1993)

SAR, soprattutto per le quote più alte del Gennargentu e del Limbara dove l'attuale mancanza di informazioni meteorologiche di qualsiasi natura ci hanno impedito l'approfondimento dei nostri rilievi.

Questo approfondimento è indispensabile soprattutto per il Gennargentu dove alle quote più alte sono sicuramente presenti (sulla base delle osservazioni sulle caratteristiche della vegetazione e dei suoli), delle condizioni climatiche più fredde e più umide di quelle da noi indicate, per cui in questa area, i regimi di umidità e di temperatura del suolo potrebbero essere ben diversi da quelli da noi ipotizzati, con i relativi riflessi sulla classificazione dei suoli.

### **Bibliografia**

- Arrigoni P.V., 1968. - Fitoclimatologia della Sardegna. Webbia, 23, pp. 1-100 Firenze.
- Aru A. et al. 1986. - I suoli delle aree irrigabili della Sardegna. Regione Autonoma della Sardegna - Piano Generale delle Acque. Cagliari.
- Aru A., Baldaccini P. et al. 1992 - Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250.000. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Programmazione, Bilancio e Assetto del Territorio, Dip. Scienze della Terra Univ. Cagliari, Cagliari.
- Billaux P., 1978 - Estimation du regime hidrique 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.
- Cao Pinna C., 1978-80 - Studio della Idrologia superficiale della Sardegna. Cassa per il Mezzogiorno, Regione Autonoma della Sardegna, ente Autonomo del Flumendosa, Vol. 10, 12, Cagliari.
- Ciavatta C., Vianello G., 1989 - Bilancio idrico dei suoli: applicazioni tassonomiche, climatiche e cartografiche. Collana di Classificazione, Cartografia e Conservazione del suolo. CLUEB, Bologna
- Ministero L.L.P.P., Servizio Idrografico del Genio Civile, - Annali Idrologici anni 1951-80.
- 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, pag. 125-163, Sassari.
- Pinna M., 1954 - Il clima della Sardegna. Libreria Goliardica, Pisa.
- Pinna M., 1977 - Climatologia. Manuali di geografia, UTET, Torino.
- Pracchi R., Terrosu Asole A., 1971 - Atlante della Sardegna. La Zattera editrice, Cagliari.
- Raimondi S., 1993 - Il clima e il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentaduenno 1951-1982. Quaderni di Agronomia n° 13, Istituto di Agronomia Università di Palermo.
- Romano E., Mecella G., 1982. - Guida pratica per il rilevamento delle caratteristiche pedoagronomiche dei terreni. Elementi di agroclimatologia e valutazione della produttività ambientale. Boll. Ist. Sup. Nutrizione Piante, Roma.
- Thorthwaite C.W., Mather J.R., 1957. - Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Centerton.

## ASPETTI MICROBIOLOGICI DEL RECUPERO DELLE TERRE MARGINALI

**F. Favilli, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari e Microbiologiche. Sezione di Microbiologia Applicata. Università degli Studi di Firenze**

### Riassunto

Si definiscono terre marginali gli ambienti nei quali bioenergetica, cicli, pedogenesi ed umificazione, parametri della vita del suolo presentano anomalie, difetti, disfunzioni, squilibri incompatibili con la produttività ed al limite con la messa a coltura di incolti nudi, terre morte ed erose. Il recupero alla produttività delle terre marginali può realizzarsi ecologicamente, attraverso un equilibrato incremento della fertilità e con il verificarsi simultaneo di fattori microbiologici, senza i quali sostanza organica ed azoto non si evolvono, fino al raggiungimento di un climax vegetazionale avanzato. Così nei terreni degradati ed erosi la colonizzazione con alghe e cianobatteri instaura la successione di microrganismi non fotosintetici e concorre, con le prime riserve di sostanza organica e di azoto ad un aumento della energia disponibile che si ripercuote sulla evoluzione della vegetazione spontanea e delle colture. Anche lo sfruttamento delle grandi possibilità offerte dalle piante dotate di simbiosi azotofissatrici e micorriziche può facilitare il recupero alla produttività agraria e forestale, di terreni denudati o erosi, dune, terreni di miniera, terre di riporto e torbiere.

Il denominatore comune per le cosiddette terre marginali è costituito dalla mancanza o declino della fertilità, oppure nel caso di terre nude, erose, o a matrice rocciosa della pedogenesi. Si tratta di ambienti nei quali bioenergetica, cicli, pedogenesi ed umificazione, parametri della vita del suolo presentano anomalie, difetti, disfunzioni, squilibri incompatibili con la produttività ed al limite con la messa a coltura di incolti nudi, terre morte ed erose. Dove mancano le basi biologiche della fertilità o questa per varie cause ha subito un declino, occorre creare le condizioni per riempire una specie di vuoto biologico impostando ecologicamente il recupero alla produttività delle terre marginali nelle quali instabilità o mancanza di struttura, accentuate carenze di azoto e fosforo, di fatti pedologici e limitato flusso di energia rappresentano i lineamenti generali.

Ecologia microbica e microbiologia dei suoli marginali implicano problemi differenti che vanno dalla pedogenesi alla struttura, dai cicli alla bioenergetica e pongono temi peculiari, oltre a quelli tipici dei suoli agrari e forestali. Ciò pone il quesito se il recupero agricolo delle terre marginali possa avvenire senza traumi ecologici. L'agricoltura moderna diventa sempre più complessa, oscura e lontana da quella naturale e, più che quello selvicolturale, l'impatto agricolo sull'ambiente ha assunto lineamenti e fisionomia preoccupanti nella evoluzione dei sistemi e modelli di esercizio.

L'instaurazione di nuovi sistemi agricoli e forestali deve avvenire per gradi attraverso la realizzazione di condizioni compatibili con il raggiungimento delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche che definiscono i suoli agrari e forestali.

Le successioni di piante e la rivegetazione di detti suoli fino al raggiungimento di un climax vegetazionale più avanzato, presuppongono il verificarsi simultaneo di fattori micro-

biologici, senza i quali sostanza organica ed azoto non si evolvono.

L'ecosistema suolo a vegetazione spontanea ed a ridotto livello energetico presenta un equilibrio naturale delicato, anche perché la mancanza di struttura, fattore ecologico di regolazione delle attività microbiologiche, o una rudimentale differenziazione di questa espone a frequenti stress la microflora tellurica e ne compromette la stessa sopravvivenza. Fra le cause di stress, la mancanza di nutrienti e di acqua, l'acidità, le basse temperature, le radiazioni alla superficie del suolo, etc. in mancanza di un habitat altamente strutturato nel quale concentrazioni di sostanze e fattori ecologici variano da punto a punto, rendendo possibili nicchie anaerobie in suoli ben areati o microambienti neutri in suoli acidi, agiscono direttamente sulla sopravvivenza microbica nei terreni marginali.

In tali casi la sopravvivenza di una popolazione microbica dipende dalle proprietà biochimiche della specie, dal loro tasso di crescita, la preferenza del substrato, l'affinità per esso, la carica superficiale, la chimica delle superfici ed altri fattori.

La microbiologia del suolo ha mostrato che alcuni microrganismi sono adatti a sopravvivere (utilizzo lento di riserve energetiche, resistenza strutturale agli enzimi litici, etc.) come forme vegetative dormienti, ma specie esigenti, il cui ruolo nella vita del suolo e delle piante si dimostra sempre importante, sono destinate a scomparire e occorre ricorrere a nuove colonizzazioni (microrganismi produttori di sostanza organica, associati o simbiotici radicali di piante agrarie e forestali, microrganismi detossificanti). Ma se non si realizzano le condizioni per il loro insediamento, l'inoculazione (algalizzazione, batterizzazione, micorrizzazione) è destinata ad un insuccesso (Florenzano, 1982).

In certe condizioni geopedologiche i microrganismi fotosintetici, a differenza dei batteri e funghi, tipici mineralizzatori, rappresentano il solo gruppo microbico che conserva inalterate le sue potenzialità di micro-umoproduttori e di fattori della più semplice strutturazione del suolo, quella continua della vegetazione a crosta.

L'azione dei microrganismi fotosintetici ossigenici (alghe, cianobatteri liberi od in simbiosi) ed anossigenici (rodobatteri), si manifesta non solo nei suoli strutturalmente instabili come quelli sabbiosi, ma anche in situazioni opposte di terreni argillosi, con modificazioni biologiche, chimiche e fisiche favorevoli indotte dalla produzione di biopolimeri e dal loro sviluppo che passa inosservato nelle terre fertili, mentre diventa la sola vegetazione visibile in terreni marginali.

Il miglioramento delle condizioni fisico-chimiche del suolo avviene per aggregazione di particelle minerali da parte di polisaccaridi od altri metaboliti (Lynch, 1981; Lynch and Bragg, 1985), con la produzione di sostanza organica e di principi bioattivi di natura fitormonale e con l'arricchimento biologico di azoto nel caso di cianobatteri azotofissatori. L'efficacia dei biopolimeri, di origine cianobatterica o algale, come ammendanti strutturali del suolo si accompagna, tra l'altro, a costi contenuti (5-6 \$/ha) e alla completa assenza di inquinamento residuo, essendo prodotti di sintesi di organismi naturali (Marathe, 1972; Metting and Rayburn, 1983; Favilli, Margheri e Tomaselli, 1985; Falchini et al., 1992).

Così nei terreni degradati ed erosi la colonizzazione con alghe e cianobatteri instaura la successione di microrganismi non fotosintetici e concorre, con le prime riserve di sostanza organica e di azoto ad un aumento della energia disponibile che si ripercuote sulla evoluzione della vegetazione spontanea o delle colture. Lo sviluppo massivo dei cianobatteri azotofissatori, ottenuto con la somministrazione nei suoli alcalini degradati dell'India (usar soils), a scopo correttivo e concimante costituisce un esempio di biofertilizzazione che permette l'utilizzazione agricola di questi terreni.

Il recupero alla produttività, mediante inoculazione con biomassa di cianobatteri azotofissatori, di un suolo argilloso, denudato e sottoposto a forte erosione, condotto in Toscana dal nostro Dipartimento alcuni anni fa, costituisce un esempio di biofertilizzazione che ha permesso l'utilizzazione agricola di questo terreno, dimostrando che i cianobatteri azotofissatori sono capaci di colonizzare attivamente la superficie del terreno dando luogo ad



una considerevole produzione di sostanza organica (Favilli et al., 1977). Le migliorate condizioni di struttura, la maggiore stabilità e capacità a trattenere l'umidità del suolo assieme alla produzione di sostanze bioattive possono essere considerati i fattori responsabili dei possibili effetti correttivi di natura fisica, microbiologia e culturale esercitati dalla algalizzazione (Metting, 1987; Warrington et al., 1991). Lo sfruttamento dei microrganismi azotofissatori fotosintetici è stato prerogativa della agricoltura primitiva, la quale con tecnologie esternamente semplici ha saputo trarre grandi vantaggi dalla capacità dei cianobatteri ad arricchire il terreno di azoto a spese dell'energia solare. Nella presente situazione sembra opportuno che anche nei Paesi altamente sviluppati vengano prese in seria considerazione i molteplici benefici che possono derivare da una appropriata utilizzazione di una delle più stimolanti possibilità offerte dai microrganismi. L'inoculazione del suolo con microrganismi fotosintetici, le cui biomasse possono essere prodotte in grande quantità su mezzi di coltura sintetici o su reflui agroalimentari o industriali (Balloni et al., 1982), si prospetta quindi come mezzo semplice ed efficace per promuovere la fertilità dei suoli degradati ed il recupero delle terre marginali ed improduttive.

Il ciclo dell'azoto presenta una fondamentale e pregiudiziale importanza. L'azotofissazione nell'ecosistema suolo-vegetazione è il primo processo biologico capace di instaurare interazioni ecologicamente favorevoli o sfavorevoli tra microrganismi e vegetazione. L'azotofissazione biologica ha un rilievo ecologico che può essere riassunto in termini di contributo che essa dà alle disponibilità di azoto della biosfera in generale e dei singoli ecosistemi. Tale contributo è tutt'altro che irrilevante nei suoi effetti sulla produttività vegetale disponibile per l'uomo, sia nell'ambito di uno sfruttamento agricolo estensivo o intensivo del territorio sia nell'eliminazione del rischio ecologico delle concimazioni azotate intensive. Da qui le ragioni che suggeriscono di impiantare, estendere o mantenere le colture dotate di sistemi azotofissatori radicali associati o simbiotici.

E' interessante ricordare l'importante ruolo agronomico rappresentato da molte graminacee spontanee, spesso comprese tra le infestanti, (*Agrostis*, *Digitaria*, *Cynodon*, *Festuca*, *Phleum*, *Poa*), presenti nei terreni poveri delle zone collinari dell'Italia centrale, nel miglioramento di alcune terre degradate. L'attività azotofissatrice rizosferica, dovuta ai batteri azotofissatori associati alle radici, che può arrivare a circa 50 Kg N per ha e per anno, può soddisfare in pieno sia il fabbisogno azotato della pianta ed arricchire il suolo in azoto (Favilli, 1978; Favilli et al., 1988). Non solo, ma l'elevata proliferazione dell'apparato radicale di queste piante rappresenta un ostacolo al fenomeno dell'erosione. Anche le piante dotate di simbiosi azotofissatrici sono in grado di facilitare enormemente il recupero alla produttività agraria e forestale di terreni marginali (terre denudate o erose, terreni di miniera e di riporto, dune e torbiere).

Nell'area mediterranea alcune leguminose (sulla, acacia, ginestra) sono destinate da sempre, al miglioramento della fertilità del suolo ed al recupero di terreni in aree marginalizzate, così come nelle regioni tropicali le leguminose arboree (*Mimosa sp.*, *Acacia sp.*, *Sesbania sp.*, etc.) vengono usate nella riforestazione come piante nutrici associate a specie pregiate, come frangivento o come piante ombreggianti. Per contro nelle regioni temperate e subtropicali, assumono particolare importanza, per il ruolo che possono svolgere nel recupero e nel miglioramento della produttività delle foreste, piante arbustive ed arboree non leguminose dotate di simbiosi azotofissatrici attinoriziche. L'importanza economica delle piante attinoriziche è legata al fatto che, nei nostri climi, esse sostituiscono le simbiosi *Rhizobium*-leguminose legnose, soprattutto nelle applicazioni agroforestali. Nelle regioni temperato-fredde, i vantaggi derivanti dall'apporto di azoto fissato da parte delle piante attinoriziche in simbiosi con il batterio *Frankia* (50-200 Kg ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) riguardano essenzialmente gli ecosistemi forestali, le terre marginali o rese tali da sovrapproduzione agricola, le zone degradate di miniera e di frana (Tab.1).

Essendo specie perenni, le piante attinoriziche permettono un regolare apporto di sostanza organica e azoto nel suolo, una minore perdita di quest'ultimo per volatilizzazione e

lisciviazione ed una maggiore copertura vegetale, con notevoli effetti positivi sulla fertilità dei suoli interessati. Le piante attinorriziche rappresentano spesso l'unica fonte di sostanza organica a basso rapporto carbonio/azoto in aree normalmente escluse dall'uso di fertilizzanti. Inoltre, nelle zone tropicali e subtropicali, a tutti questi vantaggi si aggiungono quelli dovuti all'utilizzazione di queste piante contro l'erosione eolica delle dune, come frangivento e al contempo come fonte di foraggio, legname da opera e soprattutto da ardere (*Casuarina* spp.).

Dal punto di vista ecologico, le specie attinorriziche rivestono l'importante ruolo di piante colonizzatrici di suoli aperti, anomali, privi o poveri di azoto, suoli sabbiosi e detritici, zone ripariali di torrenti, fiumi e stagni, aree soggette a sommersione. Spesso compaiono come vegetazione pioniera nei primi stadi delle successioni vegetali dopo eventi "catastrofici", come incendi, alluvioni, frane, attività glaciali ed eruzioni vulcaniche. Sono presenti in ecosistemi tra loro molto diversi: foreste, acquitrini, macchie e praterie, deserti; per la loro ubiquità su suoli poveri contribuiscono sostanzialmente all'economia azotata ed alla produttività di molti ecosistemi. La loro diffusione in climi temperato-freddi è particolarmente importante, perché esse sembrano occupare la nicchia ecologica propria delle leguminose arboree ai tropici. Molte specie attinorriziche sono di importanza locale per la produzione di legname da opera e da cartiera, per la produzione di frasca da foraggio, di fiori e frutti per l'alimentazione animale ed umana.

<i>Ambienti</i>	<i>Paesi</i>
Terreni erosi	Corea, Giappone
Discariche minerarie	Danimarca, Italia, Germania, Gran Bretagna Olanda, USA
Terreni a sfruttamento agricolo eccessivo	Taiwan, Germania
Terreni forestali degradati	Germania, Russia, USA
Terreni di morene	USA
Torbiere	Irlanda
Terreni sabbiosi	Cecoslovacchia, Russia
Terreni ad humus secco	Germania
Terreni con falda freatica alta	Polonia

Tab. 1 - Terre marginali recuperate con l'impiego di piante attinorriziche, nel mondo.

Particolarmente interessanti sono gli effetti delle piante attinorriziche sulla crescita delle essenze da legno appartenenti alle cosiddette "latifoglie nobili", che hanno in comune relativa rarità, legno pregiato, esigenze edafiche elevate ed anche una particolare importanza paesaggistica (Tab.2). Possibilità di utilizzare specie attinorriziche consociate a latifoglie nobili nei piani di rimboschimento dei terreni agricoli ritirati dalla produzione, regime di "Set-Aside", (Regolamenti della Comunità Europea 88/1094 e 88/1278), acquista perciò una particolare rilevanza economica nel nostro Paese.

Nelle successioni arboree l'*Alnus* rappresenta la pianta dominante nella prima fase colonizzando il suolo e preparando l'avvento di querce, frassini e faggi. Inoltre l'ontano nei popolamenti misti stimola la crescita delle specie associate ed esercita un effetto antagonista su alcuni dei loro patogeni radicali (Haines et al., 1979; Tarrant, 1983).

Esperimenti pilota, in questa direzione, sono in corso a Santa Barbara (AR) nel Valdarno, per il recupero ambientale e la valorizzazione produttiva di aree dismesse dall'attività

mineraria. La maggioranza di tali rimboschimenti, che insistono su suoli derivanti dalle discariche di una miniera di lignite xiloide, è costituita da un 50% di specie azotofissatrici (attinorricizie e leguminose) destinate a migliorare la fertilità del terreno, quali l'ontano napoletano (*Alnus cordata*), l'olivo di Boemia (*Elaeagnus angustifolia*) e la robinia (*Robinia pseudoacacia*) consociate a un 40% di farnia o rovere (*Quercus* spp.) e un 10% di altre specie a legname pregiato, quali ciliegio (*Prunus*), noce (*Juglans*), frassino (*Fraxinus*), acero (*Acer*), sorbo (*Sorbus*), tiglio (*Tilia*). Gli interventi colturali tendono a far sì che si costituisca un ecosistema forestale capace di rinnovarsi e di svolgere essenzialmente funzioni di protezione ed estetico ricreative, oltre che, naturalmente, quella di produrre legname di ottima qualità. La decomposizione delle foglie delle piante attinorricizie, particolarmente ricche in azoto, permette alle piante consociate una regolare nutrizione azotata anche in terreni privi o carenti in questo elemento. Si realizza così un doppio vantaggio: fertilizzazione azotata e organica senza ricorso a concimi e limitazione della perdita di nutrienti per erosione o lisciviazione (Buresti, 1990; Bosco et al., 1992; Lumini et al., 1994;).

Da non dimenticare infine le piante dotate di simbiosi micorriziche, particolarmente indicate per il recupero all'agricoltura di dune sabbiose, di terreni fortemente erosi e di terreni provenienti da discariche minerarie con estreme condizioni fisico-chimiche causate da forte acidità, presenza di metalli pesanti e sostanze tossiche (Danielson, 1985; Jasper et al., 1987; 1988, Kierman et al., 1983; Arines and Vilarino, 1991).

<i>Pianta attinorricizia</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Specie associata</i>
<i>Alnus</i>	Terreni poveri, erosi, sabbie, torbiere ghiaie, discariche minerarie,	Pioppo, Frassino, <i>Pseudotsuga</i> Abete, Melo
<i>Elaeagnus</i>	Terreni poveri, zone degradate, dune	Noce
<i>Myrica</i>	Torbiere acide, dune, discariche minerarie	Pino
<i>Ceanothus</i>	Terreni aridi	<i>Pseudotsuga</i> , Pino
<i>Coriaria</i>	Sabbie, ghiaie, argille, terreni umidi, detriti vulcanici	Pino

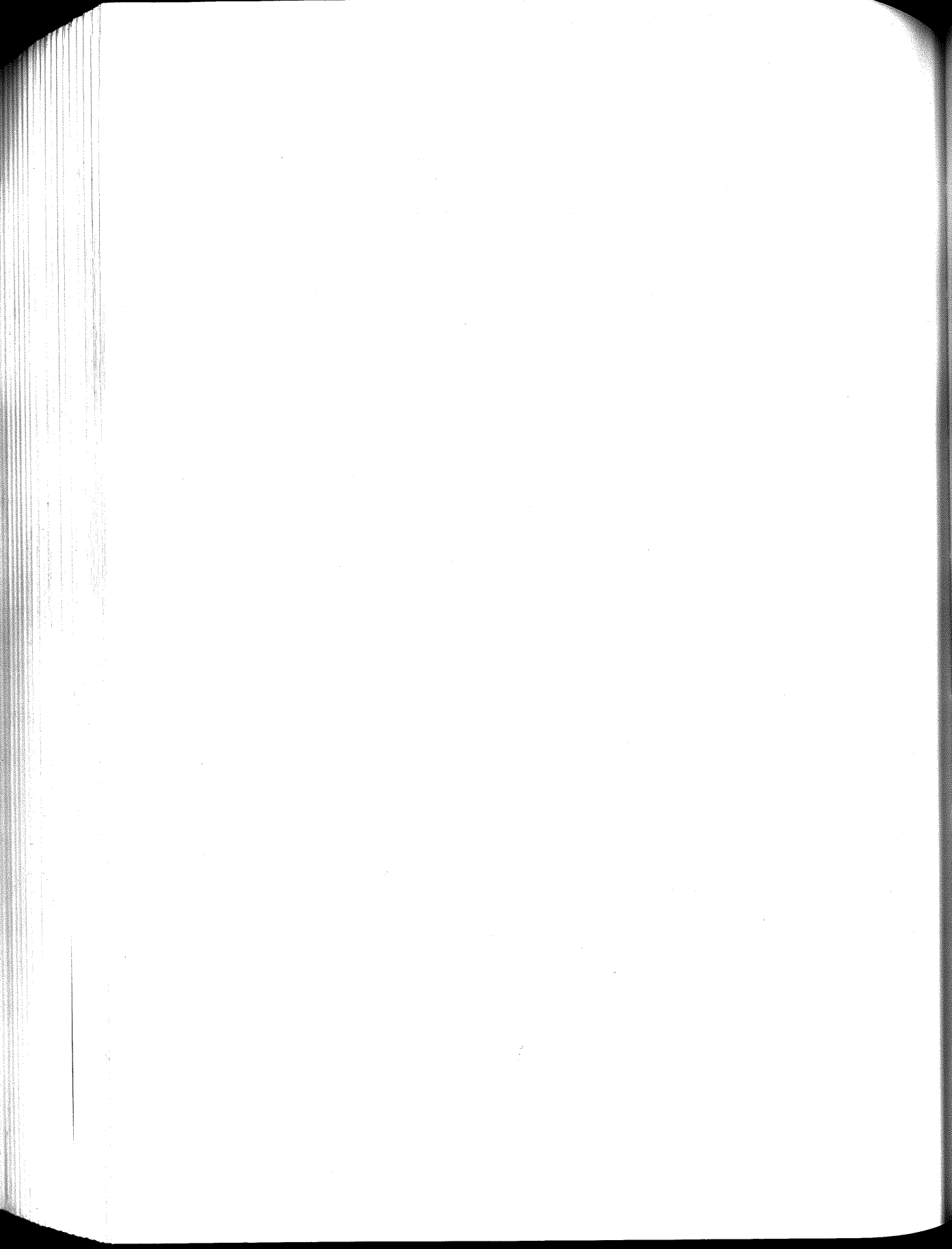
Tab. 2 - *Specie arboree associabili con piante attinorricizie.*

E' auspicabile che nel prossimo futuro l'inoculazione del suolo con microrganismi fotosintetici e l'impiego di piante dotate di simbiosi azotofissatrici o micorriziche in agroselvicultura diventi sempre più esteso per limitare l'espansione delle terre marginali, il cui recupero diventa sempre più difficile e per arrestare il degrado ecologico dovuto al ricorso sempre più massiccio di fertilizzanti inorganici. Se gli esempi citati indicano campi di ricerca che si pongono in quest'ottica all'agronomia, alla selvicoltura ed alla microbiologia pedologica, il recupero alla produttività delle terre marginali può realizzarsi utilizzando le conoscenze di base ed applicate sull'ecologia microbica, la microbiologia dei suoli e le interazioni piante-microrganismi per un equilibrato incremento della fertilità.

## Bibliografia

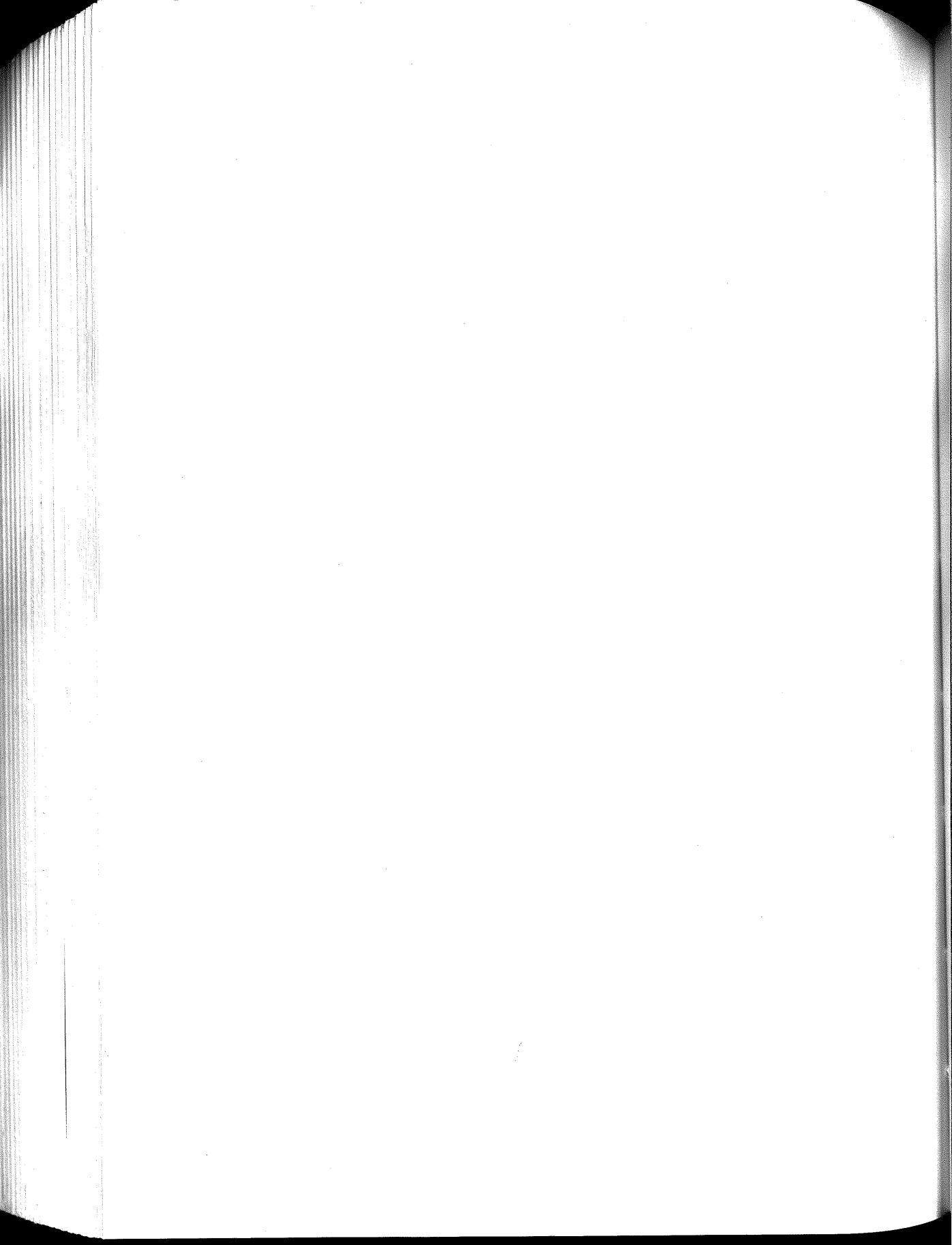
- Arines J., Vilarino A., 1991. Growth, micronutrient content and vesicular-arbuscular fungi infection of herbaceous plants on lignite mine spoils: A greenhouse pot experiment. *Plant and Soil*, **135**, 269-273.
- Balloni W., Materassi R., Filpi C., Sili C., Vincenzini V., Ena A., Florenzano G., 1982. Il metodo di trattamento a batteri fotosintetici delle acque di scarico. Monografia CNR AQ/2/21 P.F. "Promozione della qualità dell'ambiente", pp. 188-189.
- Buresti E., 1990. Gli impianti forestali delle discariche minerarie dell' ENEL miniera di Santa Barbara nel Valdarno. ENEL.
- Bosco M., Buresti E., Moiroud A., Materassi R., 1992. Biomass production improvement and soil reclamation by nitrogen-fixing actinorrhizal plants in two disturbed sites. In: Biomass for Energy, Industry and Environment. 6th E.C. Conference ( G.Grassi, A.Collina and H.Zibetta eds.) pp.128-132. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Danielson R.M., 1985. Mycorrhizae and reclamation of stressed terrestrial environments. In : Soil Reclamation processes: Microbiological Analyses and Applications. (R.L. Tate and D.A. Klein eds.). pp. 173-201. Marcel Dekker Inc. New York.
- Falchini L., Sparvoli E., Tomaselli L., 1992. Effetti di un polisaccaride cianobatterico sulle caratteristiche strutturali di due suoli argillosi. Atti del X Convegno Nazionale Della Società Italiana di Chimica Agraria. pp.149-154. Roma.
- Favilli F., Caroppo S., Materassi R., 1977. Su un esperimento di algalizzazione di un suolo argilloso. *Ann. Microbiol.*, **27**, 101-107.
- Favilli F., 1978. Azotofissazione asimbiotica nella rizosfera. Atti del XVIII Congr.Naz. Soc. Ital. Microbiol., **2**, 1296-1303. Fiuggi.
- Favilli F., Margheri M.C., Tomaselli L., 1985. I cianobatteri azotofissatori in agricoltura. In "Impiego degli azotofissatori in agricoltura. Limitazioni e prospettive". Monografia n.7 CNR, P.F. IPRA-CNR, pp.71-84.
- Favilli F., Balloni W., Sili C., 1988. Attività nitrogenasica nella rizosfera di *Digitaria sanguinalis*; graminacea spontanea dell' Italia centrale. *Agric. Mediterranea*, **118**, 246-253.
- Florenzano G., 1982. Fondamenti di microbiologia del terreno, Reda.
- Haines S.G., De Bell D.S., 1979. Use of nitrogen fixing plants to improve and maintain productivity of forest soils. In "Proc. Impact of intensive harvesting on forest nutrient cycling", pp.275-303.
- Jasper D.A., Robson A.D., Abbott L.K., 1987. The effect of surface mining on the infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Aust. J. Bot.* **35**, 641-652.
- Jasper D.A., Robson A.D., Abbott L.K., 1988. Revegetation in an iron-ore mine. Nutrient requirements for plant growth and the potential role of vesicular-arbuscular (VA) mycorrhizal fungi. *Aust.J. Soil Res.*, **26**, 497-507.
- Kierman J.M., Hendrix J.W., Maronek D.M., 1983. Endomycorrhizal fungi occurring on orphan strip mines in kentucky. *Can.J. Bot.*, **61**, 1798-1803.
- Lumini E., Bosco M., Puppi G., Isopi R., Frattegiani M., Buresti E., Favilli F., 1994. Field performance of *Alnus cordata* Loisel (Italian Alder) inoculated with *Frankia* and VA-mycorrhizal strains in mine-spoil afforestation plots. *Soil Biol.Biochem.*, **26** (5), 659-661.
- Lynch J.M., 1981. Promotion and inhibition of soil aggregate stabilization by microorganisms. *Journal of Gen. Microbiol.*, **126**, 371-375.
- Lynch J.M., Bragg E., 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, **2**, 133-171.
- Marathe K.U., 1972. Role of some blue-green algae in soil aggregation. In: The Biology and Taxonomy of Blue-Green Algae. (T.V. Desikachary ed.),pp. 328-331, Madras,University of Madras Press.

- Metting B., 1987. Dynamics of wet and dry aggregate stability from a three-year microalgal soil conditioning experiment in the field. *Soil Science* 143 (2), 139-143.
- Metting B., Rayburn W.R., 1983. The influence of a microalgal conditioner on selected Washington soils. An empirical study. *Soil. Sc.Soc.Am.J.*, 47, 682-685.
- Tarrant R.F., 1983. Nitrogen fixation in North American Forestry: Research and application. In : *Biological Nitrogen Fixation in Forest Ecosystems: Foundations and Application*" (J.C. Gordon and C.T.Wheeler Eds.), pp.262-278, Martinus Nijhoff/Dr: W: Junk Publish.
- Warrington D., Shainberg I., Levy G.J., Bar-or Y., 1991. Polysaccharide and salt effects on infiltration and soil erosion. A rainfall simulation study. *Soil Technol.* 4, 79-91.



*Sessione poster*

---





# LA VOCAZIONE DELLE TERRE DELL'OLTREPO MANTOVANO ALLA COLTURA DEL PERO

L. Andreoli, M. Brigatti, R.M. Cabrini, D. Fasolini, ERSAL -  
Ufficio del Suolo, Segrate (MI)

## Riassunto

Il presente studio è stato effettuato nel territorio del Consorzio Perwiva (MN) per evidenziare le potenzialità dei suoli e la loro vocazionalità alla coltivazione del pero; oltre alle finalità per le quali è stato condotto (ottenimento dell'Indicazione Geografica Protetta - I.G.P.), rappresenta quindi un valido strumento di supporto alle scelte di pianificazione e gestione degli impianti di pero. Il tematismo proposto consente di orientare l'utente alla conoscenza territoriale delle principali potenzialità e limitazioni pedologiche in relazione alla coltura presa in esame; la sua applicazione a livello aziendale, per il livello di dettaglio adottato, deve pertanto essere integrata con indagini specifiche a livello locale.

## 1. Descrizione generale dell'area

L'area compresa nel Consorzio della pera tipica dell'Oltrepo mantovano si estende per 97.974 ettari nell'estremità sudorientale della Lombardia; è compresa interamente nella provincia di Mantova, e confina con le provincie di Verona, Rovigo, Ferrara, Modena, Reggio Emilia, Parma e Cremona.

L'elemento geografico di riferimento è il fiume Po, il cui asse scorre nella porzione settentrionale e delimita alla sua destra il territorio del cosiddetto "Oltrepo mantovano". Con i suoi principali affluenti della zona, Mincio, Oglio e Secchia, caratterizza marcatamente l'area anche dal punto di vista fisiografico per la predominanza di alluvioni oloceniche antiche, recenti ed attuali, frutto di una dinamica fluviale estremamente attiva. A nord compaiono i lembi meridionali del cosiddetto "livello fondamentale della pianura", formazione del Pleistocene superiore, poi rimodellata dall'attività fluviale.

Altimetricamente l'area è definita dalla quota superiore di 23.6 m s.l.m. e dalla quota inferiore di 5 m s.l.m., a sud di Malcantone di Sermide.

Il clima dell'area può essere definito, secondo Charles W. Thornthwaite (Thornthwaite, 1957), da subumido a subarido.

L'andamento della temperatura è caratterizzato da una marcata escursione termica stagionale, con inverni molto freddi ed estati molto calde. La temperatura media dell'aria è di 13,5°C.

L'assetto agronomico del territorio è caratterizzato prevalentemente da seminativi (cereali, barbabietola da zucchero, soia), da colture foraggere, fra cui spicca l'erba medica, da colture frutticole (pero, melo e susino), colture orticole da pieno campo (pomodoro, cocomero, cipolla) ed infine la viticoltura (l'Oltrepo ricade nella zona di produzione del Lambrusco mantovano D.O.C.). Soprattutto nelle aree golenali è diffusa la pioppicoltura.

L'attività zootecnica è finalizzata prevalentemente alla produzione di latte per trasformazione in formaggio grana, Parmigiano Reggiano nella porzione dell'Oltrepo. Oltre ai caseifici, a cui si collega spesso l'allevamento di suini, esistono alcune grosse strutture, per lo più cooperative, per la trasformazione dei prodotti agricoli (cantine sociali, distillerie, centri di raccolta per la conservazione e la commercializzazione di prodotti ortofrutticoli).

## 2.1 I suoli del comprensorio "Pera Tipica dell'Oltrepo Mantovano".

Le note che seguono hanno lo scopo di descrivere i principali caratteri dei suoli che contraddistinguono il territorio del comprensorio; la descrizione è articolata secondo un approccio a diverse scale in modo da focalizzare gradualmente, e secondo il progressivo dettaglio della cartografia, i principali tratti pedologici presenti. Questo approccio è reso possibile dalla presenza, in questo tratto di pianura lombarda, di una notevole mole di dati pedologici rappresentati a diverse scale; l'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia ha infatti intrapreso nel 1985 il progetto di cartografia dei suoli della pianura alla scala di semidettaglio (scala 1:50.000) sviluppando negli ultimi anni anche studi finalizzati alla produzione di cartografia alla scala schematica (1:500.000) e di riconoscimento (1:250.000).

All'interno dell'area di studio, sono stati definiti ambienti omogenei contraddistinti da condizioni geologiche, morfologiche, idrografiche e altimetriche, e in ultima analisi, pedologiche, simili; sono questi i fattori che più condizionano il nostro territorio e che definiscono quindi il *pedopaesaggio*.

Sulla base di queste considerazioni è stato messo a punto un tentativo di classificazione, codifica e definizione del pedopaesaggio della pianura lombarda, che è stato usato per caratterizzare le varie porzioni di territorio di questa area.

Il sistema proposto prevede la suddivisione del pedopaesaggio in tre livelli che dettagliano e caratterizzano in modo via via crescente le superfici e cioè: i Sistemi, i Sottosistemi e le Unità di paesaggio.

L'area indagata, è caratterizzata da due ambiti ben distinti (sistemi), il Livello Fondamentale della Pianura e la Piana Alluvionale di prevalente pertinenza del Po; questi due ambiti corrispondono al Sistema **L** e al Sistema **V** della classificazione pedopaesaggistica.

Spingendosi al sottosistema, il livello fondamentale della pianura è stato distinto nel livello distale (**LF**), caratterizzato da depositi fluvioglaciali e fluviali carbonatici, e nel livello interessato dalle acque di emergenza dei fontanili (**LQ**). La piana alluvionale è stata caratterizzata nel sottosistema con la sigla **VA**, che individua la piana alluvionale inondabile a deposito prevalente.

## 2.2 Una lettura alla scala del programma di semi-dettaglio

La carta pedologica alla scala di semidettaglio (1:25.000 e 1:50.000) rappresenta lo strumento conoscitivo a maggior definizione, disponibile nell'area; a questa scala infatti, è possibile rappresentare e definire a livello locale, la variabilità pedologica e quella paesaggistica di un territorio.

La metodologia per ottenere questi elaborati si basa su un approccio multidisciplinare che ha come fulcro il rilevamento di campagna, condotto attraverso l'esecuzione di trivellate manuali, e sezioni pedologiche scavate con pala meccanica; queste ultime vengono descritte, campionate e analizzate per rappresentare i tipi di suolo e le loro caratteristiche specifiche.

Il materiale di partenza per l'elaborazione delle carte attitudinali per la coltivazione del pero alla scala 1:25.000, è costituito dalle informazioni contenute nei rilevamenti pedologici delle seguenti aree:

- Oltrepo mantovano - destra Secchia, eseguito nel 1987-88 (SSR 4);
- Pianura Ostigliese, eseguito nel 1989 (SSR 6);
- Pianura mantovana centrale, eseguito, per la parte interessata, nel 1991 e 1992 (non pubblicato);
- Viadanese, eseguito nel 1989-90 (SSR 11);
- Oltrepo mantovano - sinistra Secchia, eseguito nel 1984-85, aggiornato nel 1994 (non pubblicato).

Il materiale di partenza è stato quindi rielaborato e correlato per i suoli cartografati nelle diverse aree ed il risultato di questa elaborazione è costituito da una lista di unità cartografiche (U.C.) che, ordinate alfabeticamente e numericamente, formano la legenda della carta pedologica.

Le U.C. costituenti la Carta Pedologica sono state digitalizzate, e per ciascuna di esse è stata compilata una scheda nella quale vengono codificati alcuni parametri pedoambientali. L'informatizzazione dei dati ha permesso una successiva rielaborazione degli stessi per la realizzazione delle carte vocazionali per la coltivazione del pero secondo un modello interpretativo appositamente predisposto e di cui si descriverà il contenuto in un capitolo successivo.

L'ultima fase nella produzione cartografica è stata quella relativa al plottaggio avvenuta su una base topografica prodotta da riduzione fotomeccanica ed assemblaggio delle tavole della Carta Tecnica Regionale (CTR).

### **2.3 Fattori e processi di formazione del suolo**

Nell'area di studio il grado evolutivo dei suoli attuali è stato influenzato in particolare dall'azione di tre fattori pedogenetici fondamentali: il materiale parentale, il tempo e l'azione dell'uomo. Diversi processi sono stati interessati nella formazione dei suoli dell'area. Fra tali processi si ricordano l'accumulo di materia organica; la soluzione, lo spostamento e la rimozione dei carbonati e altre basi; la liberazione e la traslocazione di argilla silicata (Magaldi, 1984); la pedoturbazione dovuta al movimento di argille rigonfianti; l'ossidoriduzione e ridistribuzione dei composti ferrosi.

I carbonati ed altre basi sono stati in molti suoli parzialmente rimossi dalla parte superiore, e si ritrovano, concentrati in varie forme, nella parte inferiore del profilo; spesso un vero e proprio orizzonte calcico si ritrova nei suoli del livello fondamentale. Anche nei suoli a drenaggio più difficoltoso, dove il movimento verticale delle acque solubilizzanti è ostacolato, si nota comunque una certa rimozione di carbonati.

La lisciviazione delle basi e la traslocazione delle argille con formazione di un orizzonte argillico sono uno dei più importanti processi nella differenziazione di orizzonti pedologici; tale processo è poco diffuso nell'area, ed è localizzato prevalentemente nella zona nord dell'area e nel Viadanese. Più spesso invece si nota, nei depositi più antichi, liberazione degli ossidi di ferro e neoformazione di minerali argillosi, che conferiscono agli strati interessati i caratteri di un orizzonte cambico, anch'esso sovente sovrastante un orizzonte calcico.

La riduzione ed il trasferimento del ferro, o gleizzazione, sono intervenuti nelle aree a drenaggio più difficoltoso, con maggiori evidenze laddove esso è molto lento o impedito.

Un altro dei processi rilevanti per i suoli dell'area è la cosiddetta pedoturbazione, dovuta ai fenomeni di rigonfiamento e contrazione delle argille a reticolo espandibile, in presenza o in assenza di acqua. E' così che tali processi portano alla formazione di profonde e larghe crepacciature durante la stagione secca, e ad un rigonfiamento durante la stagione umida.

### **3.1 La vocazionalità dei suoli alla coltura del pero**

La carta pedologica rappresenta uno strumento di base per la conoscenza del territorio e dei suoli che su di esso insistono.

L'insieme di dati raccolti sui suoli e sull'ambiente alla conclusione di un rilevamento risulta sempre notevole; numerose inoltre sono le combinazioni o le elaborazioni di questi dati in vista di soluzioni di pratici problemi gestionali, pianificatori, ambientali ed agricoli.

Il territorio può essere valutato attraverso metodologie (modelli interpretativi) che permettono di leggere le informazioni pedologiche in funzione di precise esigenze o tematiche suggerite da utenti o ispirate dalle caratteristiche generali dell'area oggetto di studio. L'interpretazione dei dati a fini applicativi risulta facilitata in quanto il territorio studiato viene suddiviso in unità "naturali", le U.C., che possono diventare unità di gestione della risorsa suolo.

Per VOCAZIONALITA' di un'area si intende l'insieme delle condizioni pedoclimatiche e di tutte quelle strutture di supporto (centri di assistenza tecnica, di conferimento, di conservazione, di trasformazione e distribuzione) ottimali per una produzione di qualità.

### 3.2 Metodologia proposta e modello interpretativo

Il metodo adottato si basa sulla classificazione di idoneità delle unità del territorio (Land suitability classification) che, nel nostro caso, si identifica, con la classificazione di idoneità dei suoli dominanti nelle unità cartografiche (profilo di riferimento) cioè delle unità di suolo (Soil suitability classification). L'idoneità del suolo è definita come "l'idoneità fisica del suolo e del clima per la produzione di una specifica coltura o gruppo di colture o per altri definiti usi o vantaggi, entro uno specifico contesto socio economico, ma non considerando i fattori economici specifici alle aree del territorio" (Brinkman e Smyth, 1973).

Per ottenere "carte di vocazionalità" abbiamo considerato il contesto socio economico, escluso dal concetto di suitability, come favorevole ovunque nell'area indagata e quindi non limitante.

Il modello proposto esamina una serie di parametri riferiti al suolo che a loro volta influenzano direttamente o indirettamente, gli "input" visti come definiti sopra.

Il modello è stato elaborato per la zona indagata e per la combinazione pero/cotogno, per cui la sua applicazione su altri portainnesti o in altri territori comporta necessariamente una sua revisione ed eventualmente, una variazione del numero di parametri inseriti e delle soglie utilizzate.

Il sistema di classificazione si articola in classi e sottoclassi. Le classi sono designate con lettera maiuscola e numero arabo (S1, S2 e S3) indicano il grado di attitudine alla coltura; la lettera N indica la NON adattabilità.

Per le necessità del Consorzio le quattro classi così risultanti sono state a loro volta raggruppate in tre classi (A, B e C) definite di VOCAZIONALITA' alla coltura del pero. Riportiamo la classificazione ed una breve descrizione:

**A** *Suoli vocati*. Suoli che presentano condizioni favorevoli alla coltura o lievi limitazioni che inducono blande pratiche agronomiche di conservazione.

**B** *Suoli con limitata vocazione*. Suoli che presentano limitazioni allo sviluppo della coltura e necessitano di interventi agronomici di conservazioni più incisivi.

**C** *Suoli scarsamente vocati*. Suoli che presentano limitazioni severe allo sviluppo della coltura, tali da sconsigliarne l'uso per la pericoltura.

Nel modello viene anche individuata il tipo di limitazione prevalente codificata nella sottoclasse e individuata con un numero dopo il simbolo della classe nelle apposite colonne.

I parametri presi in considerazione perché ritenuti discriminanti i suoli della zona, sono:

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1 - profondità del suolo (cm);   | 2 - Calcare attivo (%);      |
| 3 - Tessitura;                   | 4 - Drenaggio;               |
| 5 - Profondità della falda (cm); | 6 - Rischio di inondabilità. |

Nella classificazione si è considerato che il clima locale non fosse limitante e trattandosi di colture arboree, per le caratteristiche interne al suolo, è stata adottata come sezione di controllo, la parte del profilo da 25 a 100 cm.

In Tab. 1. si riporta il modello interpretativo adottato.

Parametri	Tipo di limitazione	S1	S2	S3	N
Profondità del suolo (*) cm	1	> 90	60 - 90	35 - 60	< 35
Calcare attivo (**) (%)	2	< 5	5 - 8	8 - 10	> 10
Famiglia granulometrica U.S.D.A.(***)	3	franca fine, limosa fine, limosa grossolana	franca grossolana moderata-	sabbiosa fine (con argilla tra 35 - 50 %)	fine (con argilla > 50%), molto fine
Drenaggio	4	buono, mediocre (in assenza di falda)	mente rapido, mediocre	rapido, lento	molto lento, impedito
Profondità della falda (cm)	5	> 150	100 - 150	75 - 100	< 75
Inondabilità	6	/	lieve	moderato	alto, molto alto

Classi di vocazione	A	B	C
* (intesa come la profondità utile all'approfondimento radicale)			
** (entro 100 cm)			
*** (calcolata sulla "sezione di controllo" che, per i suoli dell'area, è compresa tra 25 cm e 100 cm di profondità)			

Tab. 1

### 3.3 Descrizione dei parametri inseriti nel modello interpretativo proposto.

**Profondità del suolo (cm):** viene intesa come profondità utile all'approfondimento radicale e rappresenta la distanza fra la superficie e strati del suolo in cui fattori chimici e/o fisici ostacolano lo sviluppo in profondità degli apparati radicali della maggior parte delle piante agrarie. Si definisce orizzonte impenetrabile quello dove la radicabilità è maggiore o uguale al 30%. Il pero su cotogno è in grado di crescere ottimamente su suoli profondi almeno 50 cm, mentre suoli più profondi sono necessari per pero su franco.

**Calcare attivo (%):** è la frazione finemente suddivisa del calcare totale (frazione limosa e argillosa) principalmente di Calcio, Magnesio e Sodio, suscettibile a solubilizzarsi rapidamente in acqua satura di CO<sub>2</sub> sotto forma di bicarbonato.

E' espresso generalmente in percentuale sulla terra fine (particelle di diametro < di 2 mm). L'eccesso di calcare causa la ben nota fisiopatia denominata "clorosi ferrica o clorosi da calcare" che causa, oltre alla sintomatologia fogliare dell'ingiallimento, un peggioramento della produzione, sia quantitativa che qualitativa. La causa principale è da imputarsi al mancato assorbimento e circolazione all'interno della pianta di ferro assimilabile, con conseguente abbassamento o annullamento, del processo di fotosintesi clorofilliana.

L'elevata % di calcare attivo nel suolo causa un innalzamento del valore di pH per cui il ferro è in forma ossidata, non assimilabile dalla pianta.

In linea di massima forniamo alcuni valori soglia di calcare attivo per alcuni portainnesti:

Franco ( <i>Pyrus communis</i> )	max 12%
Cotogno CTS 212	max 8%, non adatto ai terreni siccitosi
BA 29	max 10%, buona adattabilità ai terreni siccitosi
EM A	max 5%, sensibile alla siccità
EM C	max 5%, sensibile alla siccità
SYDO	max 5%, resistente alla siccità
Cotogno d'Angers	max 5,5 %
Cotogno d'Orleans	max 8%

*Famiglia granulometrica e tessitura:* la famiglia granulometrica esprime la combinazione quantitativa dei singoli componenti della terra fine ( $< 2$  mm) e dello scheletro ( $> 2$  mm) di un campione di suolo (USDA).

Diversa dalla *famiglia granulometrica* è la *famiglia tessiturale*, data dalle proporzioni relative alle principali frazioni granulometriche del suolo al di sotto di 2 mm di diametro. Il pero predilige generalmente terreni a tessitura equilibrata (né eccessivamente sabbiosi, né eccessivamente argillosi) anche se il portainnesto franco si adatta a suoli argillosi e calcarei. Terreni pesanti (argilloso-limosi) soprattutto se mal strutturati inducono condizioni di asfissia radicale e deperimento delle piante.

*Drenaggio:* il drenaggio interno del suolo descrive la capacità del suolo di eliminare l'eccesso idrico nel profilo. La velocità e le modalità del drenaggio dipendono dalla permeabilità del suolo e dei suoi diversi orizzonti, dalla profondità della falda freatica, dalla morfologia del sito e del territorio circostante.

E' inoltre possibile stabilire correlazioni tra classi di drenaggio e condizioni di idromorfia. Il pero predilige suoli ben drenati (drenaggio buono, moderatamente rapido) e la tolleranza ai ristagni idrici varia con il portainnesto.

*Profondità della falda:* l'acqua di falda condiziona la disponibilità di ossigeno per le radici occupando i pori del terreno. Per la maggior parte delle piante comunemente coltivate, un normale sviluppo è possibile solo se la concentrazione di ossigeno a livello radicale è superiore ad una certa soglia minima: con ossigeno limitato l'accrescimento rallenta e si arresta del tutto quando la sua concentrazione scende al di sotto del 2%.

Il pero cresce stentatamente quando la falda entro il suolo si trova entro il metro di profondità.

*Rischio di inondabilità:* l'inondabilità di un territorio è il rischio probabilistico che, entro un definito intervallo di tempo, si verifichi una piena e la fuoriuscita dall'alveo del corso d'acqua, con conseguente allagamento e alluvionamento del territorio considerato.

La coltivazione della pera è vocata esclusivamente in territori dove il rischio di inondazione è assente o lieve.

#### 4. Commento dei risultati

##### *Suoli vocati ( A )*

Comprendono al loro interno i suoli classificati come S1 e S2; rappresentano il 46% dell'area (circa 40.772 ha) ed hanno scarse o nulle limitazioni alla coltura del pero.

*Suoli S1:* si tratta per la maggior parte, di suoli della piana alluvionale, profondi o molto profondi, caratterizzati da una tessitura media o moderatamente fine. Sono situati in posizione morfologica e altimetrica favorevole allo sgrondo delle acque, situazione che favorisce un drenaggio buono o tutt'al più mediocre in situazioni locali dove l'acqua ristagna per un tempo limitato e comunque negli strati profondi.

Sono suoli, le cui caratteristiche tessiturali consentono una buona capacità di immagazzinamento dell'acqua. Le operazioni colturali eseguite con mezzi meccanici sono facilitate dalle buone proprietà dei suoli, ma nei suoli dominati dalla frazione limosa, durante i periodi piovosi, va prestata una particolare attenzione all'entrata in campo delle macchine operatrici pesanti, per non alterare la struttura e causare costipazione.

I caratteri fin qui descritti inducono a prevedere, per questi suoli, il maggior grado di produttività dell'area indagata.

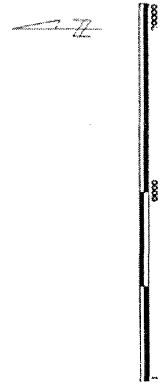
*Suoli S2:* questi suoli sono localizzati in prevalenza nella piana alluvionale, in aree adiacenti ai corsi dei fiumi. Presentano condizioni favorevoli alla coltura, simili ai suoli S1, ma richiedono alcune pratiche agronomiche per ottenere produzioni soddisfacenti garantendo un buon sviluppo della coltura.

# VOCAZIONE DELLE TERRE ALLA COLTURA DEL PERO

Visione di insieme



- LEGENDA
- NON SUOLO
  - SUOLI VOCATI
  - SUOLI CON LIMITATA VOCAZIONE
  - SUOLI SCARSAMENTE VOCATI



Si tratta di suoli profondi o molto profondi, dotati di tessitura moderatamente grossolana o media. La prevalenza della frazione sabbiosa all'interno della terra fine, conferisce a questi suoli una limitata capacità di immagazzinamento dell'acqua e un drenaggio moderatamente rapido, condizioni che richiedono un maggior numero di interventi irrigui rispetto ai suoli S1.

#### *Suoli con limitata vocazione ( B ) Suoli S3*

Rappresentano il 18% dell'area indagata pari a circa 16.367 ettari. I suoli presentano limitazioni severe che possono indurre una notevole riduzione della produzione e richiedono pratiche agronomiche e/o sistemazioni per garantire uno sviluppo accettabile della coltura. Un esempio di tali suoli è riportato nella scheda B in fondo al paragrafo.

Si tratta per la maggioranza, di suoli che pur essendo profondi, presentano una tessitura moderatamente fine, con tenori in argilla che variano dal 35 al 40%. Queste caratteristiche di granulometria, associate a condizioni morfologiche e altimetriche sfavorevoli, ostacolano lo sgrondo delle acque, che tendono quindi a ristagnare anche negli strati sottosuperficiali del profilo (drenaggio lento).

La lavorabilità di questi suoli risulta alquanto ostacolata dall'elevata adesività e plasticità; inoltre queste condizioni allungano il tempo di attesa per l'entrata in campo delle macchine operatrici dopo eventi piovosi.

#### *Suoli scarsamente vocati ( C ) Suoli N*

Sono suoli che presentano limitazioni molto gravi, che ostacolano pesantemente lo sviluppo e la gestione della coltura presa in esame; in queste condizioni deve essere attentamente valutata la possibilità di effettuare nuovi impianti. Occupano il 36% dell'area (32.400,67 ettari). Un esempio di tali suoli è riportato nella scheda C in fondo al paragrafo.

Si distinguono principalmente, tre tipologie di limitazioni. L'eccessiva presenza di calcare attivo (valori > del 12 - 15%) in orizzonti situati entro i primi 100 cm del profilo, si rinviene nei suoli dei livelli fondamentale in sinistra Po.

Caratteristiche negative relative alla tessitura, caratterizzano i suoli delle depressioni vallive distribuiti nella piana alluvionale; i tenori in argilla sono superiori al 50% e rendono molto difficoltosa la loro lavorabilità. La scarsa permeabilità e le sfavorevoli condizioni morfologiche e altimetriche (bacini chiusi), rendono molto limitato lo sgrondo delle acque (drenaggio lento o molto lento) e inducono gravi fenomeni di ristagno idrico che provocano l'asfissia radicale.

Altre aree sfavorevoli sono rappresentate dalle golene aperte del Po e del Secchia, nelle quali il rischio di inondazione alto o molto alto, può provocare danni ingenti agli impianti.

## **5. Conclusioni**

Lo studio realizzato per valutare la vocazionalità dei suoli alla coltura del Pero nell'area denominata "Oltrepo mantovano", ha evidenziato come la zona sia contraddistinta dal condizioni peculiari in ambito regionale: innanzitutto il territorio è dominato da un'ampia pianura alluvionale dove hanno confluato depositi provenienti da diversi bacini di alimentazione, situazione che ha determinato sotto l'aspetto mineralogico, un notevole arricchimento dei depositi. Anche per questo motivo i suoli sono dotati di una elevata fertilità intrinseca e quindi potenzialmente ben adattabili a colture intensive di pregio. L'analisi delle proprietà generali dei suoli, considerate importanti per il pero, ha individuato l'esistenza di combinazioni pedoambientali per la maggior parte favorevoli alla coltura. La specifica valutazione vocazionale dei diversi tipi di suolo, tratti dalla Carta Pedologica, ha



infatti mostrato come circa il 50 % del territorio coltivabile sia dotato di suoli con caratteristiche particolarmente favorevoli alla coltura, condizione da ritenersi indispensabile, per ottenere un prodotto qualitativamente pregiato.

Il lavoro completo sarà pubblicato prossimamente a cura del Consorzio Pera Tipica Mantovana nella pubblicazione dal titolo "PERA DELL'OLTREPO MANTOVANO Studio preliminare per l'Indicazione Geografica Protetta".

### Bibliografia

- Amm. Prov. di Mantova, I.S.L.C., 1989. Unità di paesaggio e capacità d'uso del territorio provinciale di Mantova. CNR, Progetto finalizzato IPRA.
- Andreoli L., Buffa S., Marini G., Tartaglia P., 1990. Note illustrative alla cartografia pedologica del comune di Terrazzo (VR). Relazione dattiloscritta.
- Baldoni G., Pelliconi F., 1994. Come correggere i suoli alcalini. *Terra e Vita*, **12**.
- Bonciarelli F., 1981. *Agronomia*. Edagricole.
- Bosi A.M., 1994. Anche per il pero un disciplinare nazionale. *Terra e Vita*, **24**.
- Brinkman R., Smyth A.J., 1973. Land evaluation for rural purposes. Publ. n° 17, Wageningen: International Institute Land Reclam. and Improvement (ILRI).
- Casalichio G., 1991. Fattori pedologici da valutare prima dell'impianto del frutteto. *Frutticoltura*, **3**.
- Cazzola U., 1988. Indagini sulle caratteristiche fisiche e mineralogiche dei suoli della provincia di Mantova. Università degli Studi di Bologna, Tesi di laurea.
- E.R.S.A.L., 1986. Norme generali per il rilevamento e la compilazione della Carta Pedologica della Lombardia - scala 1:50.000". Relazione dattiloscritta.
- E.R.S.A.L., 1989. Capitolato speciale di appalto per l'elaborazione della carta pedologica della Regione Lombardia alla scala 1:50.000. Relazione dattiloscritta.
- E.R.S.A.L., 1991a. Norme tecniche per il rilevamento e la compilazione della Carta Pedologica della Lombardia, scala 1:50.000, nota integrativa n°1 - Capacità d'uso dei suoli. Relazione dattiloscritta.
- E.R.S.A.L., 1991b. Norme tecniche per il rilevamento e la compilazione della Carta Pedologica della Lombardia, scala 1:50.000, nota integrativa n°2 - Istituzione di nuove unità tassonomiche e cartografiche. Relazione dattiloscritta
- E.R.S.A.L., 1991c. Capitolato speciale di appalto". Relazione dattiloscritta.
- ERSAL, 1991). I suoli dell'Oltrepo mantovano destra Secchia. Collana SSR n° 4.
- ERSAL, 1991. I suoli della Pianura Ostigliese. Collana SSR n° 6.
- ERSAL, 1991. I suoli del Viadanese. Collana SSR n° 11.
- ERSAL, 1992. Guida agrometeorologica della Lombardia. Collana di Agrometeorologia e Pedologia Applicata, n° 7.
- ERSAL, 1994. Cartografia pedopaesaggistica della pianura lombarda orientale: Sinistra Adda, scala 1:100.000 e relativa nota illustrativa. Progetto CNR, Raisa.
- ERSAL, 1994. Manuale per la compilazione delle schede delle unità cartografiche. Aggiornamenti di Agrometeorologia e Pedologia, n° 7.
- ERSAL, 1994. Carta pedologica della Lombardia, Fogli F7F8: Ostiglia-Sermide".
- ERSAL, 1995. I suoli della pianura mantovana centrale. In print.
- ERSAL, 1995. I suoli dell'Oltrepo mantovano sinistra Secchia. In corso di realizzazione.
- Arretini A, Lorenzoni P., Lulli L., 1980. La carta dei suoli, la loro capacità d'uso, l'attitudine dei suoli all'olivo e al Sangiovese. CNR, Progetto finalizzato conservazione suolo, Pubblicazione n° 56.
- Magaldi D., 1984. I processi pedogenetici e gli orizzonti del suolo. In: *Conoscere il suolo, introduzione alla pedologia*, di D. Magaldi e G. Ferrari, ETAS libri, Cuneo.
- Marini F., 1994. Pero, nei disciplinari emiliani. *Terra e Vita*, 41.

- Previtali F., 1994. Glossario pedologico. Aggiornamenti di Agrometeorologia e Pedologia", n° 6.
- Puppini G. ed altri, 1955. Le terre salse del comprensorio di Burana e loro bonifica pedologica. Consorzio interprovinciale per la bonifica di Burana, Modena.
- Regione Emilia Romagna, Provincia di Modena, 1993. I suoli della pianura modenese.
- Sanesi G., 1977. Guida alla descrizione del suolo. C.N.R., Firenze.
- Soil Conservation Service, 1990. Keys to Soil Taxonomy. USDA.
- Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. Government Prov. Office, Washington, DC.
- Thornthwaite C. W., Mather J. R., 1957. Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Certerton.
- UNAPOA, 1994. Disciplina di produzione delle pere.

## **TRASFORMAZIONI DELLE AREE ALLUVIONALI ESEMPIO DEL BASSO CAMPIDANO**

**A. Aru, Dipartimento Scienze della Terra, Università di Cagliari**  
**M.A. Dessena, geologo, libero professionista, Cagliari**  
**F. Pani, geologo, libero professionista, Cagliari**  
**M. R. Sanna, geologo, libero professionista, Oristano**

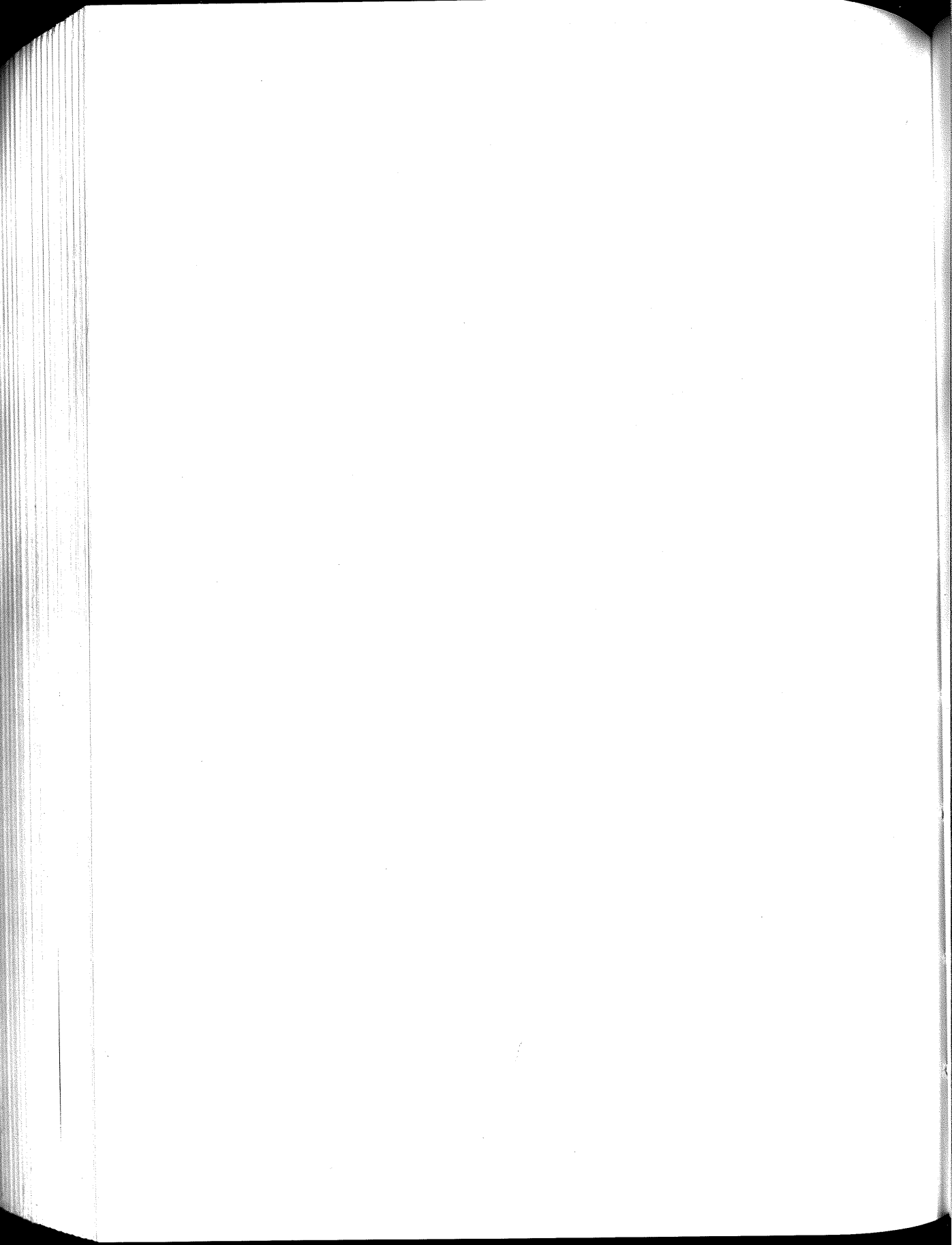
Il lavoro svolto nel 1982 sul tema dell'espansione urbana dell'hinterland cagliaritano e del capoluogo stesso (PF/CNR "Conservazione del suolo"), gettava le basi per interessanti contributi sul consumo dei suoli in Sardegna dall'epoca storica all'attuale.

Nell'ambito del Progetto Medalus, finanziato dalla DG XII della Comunità economica Europea (Coord. Prof. A. Aru), si sta sviluppando una ulteriore fase di approfondimento che coinvolge non solo l'area urbana e periurbana, ma gran parte del basso campidano alluvionale.

L'innovazione consiste nell'evidenziazione non solo delle fasce urbanizzate, ma di tutte le trasformazioni nell'uso e gestione del territorio avvenuto nell'arco di tempo di un secolo.

L'importanza del lavoro sta nel contributo indispensabile offerto alla programmazione e pianificazione urbanistica oggi competenza, formalmente riconosciuta, di settori interdisciplinari quali quello geologico, pedologico, agronomico, forestale ecc..

I primi risultati esposti in questa sede in una serie di carte tematiche, mostrano come le modificazioni più evidenti si siano avute negli ultimi 30 anni, coinvolgendo il comparto urbano che è andato ancora una volta ad interessare i suoli a più alta vocazione agricola, il settore vitivinicolo che ha assistito all'espianto di numerosi vigneti (soprattutto nella porzione più occidentale) e il settore forestale attualmente in fase di "potenziamento" (Legge 2050/92).



# LA PEDOLOGIA NELLA PIANIFICAZIONE PAESISTICA. IL PARCO REGIONALE DELLE ALPI APUANE

**C. Bini, Dipartimento di Produzione Vegetale e Tecnologie Agrarie,  
Università di Udine.**

**F. Fiorani, Fiorani Associati - Studio di Progettazione  
Architettonica e Pianificazione Ambientale, Pistoia.**

**G. Paolinelli, Fiorani Associati - Studio di Progettazione  
Architettonica e Pianificazione Ambientale, Pistoia.**

## **Riassunto**

Si riferisce di uno studio multidisciplinare condotto su un ambito territoriale di alto valore paesaggistico, ecologico e naturalistico, quale il gruppo delle Alpi Apuane in Toscana. L'esperienza, improntata a **finalità di ricerca metodologica**, fornisce motivi di riflessione sul ruolo della pedologia nella pianificazione paesistica contemporanea.

Il lavoro si è articolato essenzialmente in tre fasi:

- lo studio dei caratteri generali del territorio: fisici, fitogeografici, storico-economici e fisionomici (fase di analisi),
- la valutazione "diagnostica", ecologica e socio-economica, del territorio attraverso la parametrizzazione delle informazioni acquisite ed il loro ordinamento in classi di valore, vulnerabilità e sensibilità (fase di sintesi);
- il progetto di parco definito in termini di sviluppo sostenibile, con strategie di valorizzazione conservativa degli aspetti paesistici legati alla natura ed alla storia, nelle mutate condizioni socio-economiche (fase propositiva).

## **Premessa: le radici della pianificazione in Italia.**

"Pianificazione paesistica" è stata per molti anni nel nostro Paese un'espressione priva di ogni concretezza e riscontro operativo. Di fatto, fino ad un decennio fa, l'unica disciplina legittimata da specifici disposti legislativi che individuavano strumenti e competenze per la pianificazione era l'urbanistica. Ne è derivata una concezione distorta di pianificazione, per cui tutto quanto non ancora urbanizzato assumeva il solo e riduttivo ruolo di riserva di spazio per la crescita urbana ed infrastrutturale. Veniva in tal modo disconosciuto il valore delle risorse del territorio quali entità fortemente diversificate con specifiche caratteristiche di potenzialità e vulnerabilità.

Questa visione parziale è stata definitivamente rimossa anche sul piano legislativo nel 1985, con la riaffermazione della pianificazione paesistica come strumento positivo di regolazione e progettazione contenuta nella cosiddetta legge Galasso; una riaffermazione che, ad oltre quaranta anni dalla Legge 1497 del 1939, è senza dubbio un punto di svolta determinante nell'evoluzione tecnico-scientifica ed amministrativa, anche se notoriamente ha dato luogo più a dibattito e ricerca che ad applicazioni pratiche. La stessa urbanistica ha modificato il proprio panorama disciplinare per cui oggi è un dato di fatto l'accresciuta

attenzione, nei confronti dell'ambiente. Il riconoscimento della necessità di una base conoscitiva diagnostica di carattere ambientale, tradizionalmente legata ai piani e progetti per i parchi naturali, si sta estendendo ai *Piani di Bacino*, ai *Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale*, ai *Piani Regolatori Comunali* (che sempre più si avvalgono di studi sui *sistemi del verde e delle aree protette*) ed infine ai progetti di opere, con la procedura di *Valutazione di Impatto Ambientale* (ancorché non pienamente recepita a livello nazionale).

Al diffondersi della cultura e dei metodi della pianificazione paesistica è connaturata una crescita di interesse per le scienze naturali, agrarie e forestali: una loro finalizzazione alla informazione di piani, programmi e progetti, permette infatti di colmare notevoli lacune conoscitive ed individuare precisi ed efficaci indirizzi di uso delle risorse, secondo un'ottica non più strettamente settoriale e zonale. Quello attuale è un periodo di superamento del divario che si è progressivamente aggravato tra la realtà strutturale della società e dell'ambiente, l'evoluzione delle discipline di analisi del territorio e il complicato, quanto inadeguato, quadro legislativo. In tal senso si vuole pensare ottimisticamente che il piano possa divenire in un futuro prossimo strumento normale ed efficace di gestione del territorio.

### **Il Parco delle Alpi Apuane: la pedologia nel processo di piano.**

I parchi naturali sono i tradizionali ambiti di sperimentazione della pianificazione paesistica, veri e propri laboratori/campione per lo studio e l'applicazione di politiche territoriali alternative. Al di là delle finalità istitutive di conservazione attiva della natura e del paesaggio, il "Parco" può in tal senso contribuire alla diffusione di strumenti di governo del territorio definiti in termini di compatibilità e sostenibilità nelle aree in cui sono invece consolidate procedure informate esclusivamente da criteri di carattere economico ed urbanistico. Eco-nomia ed eco-logia divengono, secondo l'ottica della pianificazione paesistica, termini distinti di un processo unitario di ricerca di forme di equilibrio per l'uso durevole delle risorse. Già da tempo in campo internazionale si tenta di rimuovere la contrapposizione aprioristica fra conservazione e sviluppo, fortemente radicata nella società contemporanea. E' del 1980 un documento congiunto IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura) - UNEP (Programma Ambiente delle Nazioni Unite) - WWF (Fondo Mondiale per la Natura), denominato "Strategia per la conservazione del mondo", che recita: "Lo **sviluppo** viene qui definito come modificazione della biosfera e impiego delle risorse umane, finanziarie, viventi e non viventi, allo scopo di soddisfare i bisogni degli uomini e per migliorare la qualità delle loro condizioni di vita. Per assicurare la permanenza dello sviluppo (sviluppo sostenibile), bisogna tener conto sia dei fattori sociali ed ecologici che di quelli economici, sia delle risorse viventi di base che dei vantaggi e degli svantaggi a breve e lungo termine di tutte le soluzioni che possono essere praticate. La **conservazione** viene qui definita come gestione dell'uso della biosfera da parte dell'uomo, in modo che le attuali generazioni realizzino il massimo vantaggio dalle risorse viventi, assicurando al tempo stesso la loro perennità, per poter essere in grado di soddisfare i bisogni ed le aspirazioni delle generazioni future" (IUCN, UNEP, WWF).

Lo studio di ricerca metodologica intorno alle problematiche della pianificazione paesistica di cui queste note riferiscono, è stato condotto su di un campione territoriale pari ad un settimo circa della superficie del Parco delle Alpi Apuane (55.000 ha ca.), con l'ausilio di contributi analitico-diagnostici da parte di più campi disciplinari, fra cui la pedologia, che hanno costituito la banca dati per le scelte normative e progettuali del piano (ved. schema in fig. 1).

Ipotizzando l'applicazione del processo all'intero territorio del parco ed in ragione delle finalità di coordinamento del piano, si è scelto di operare in scala 1: 25000: come spesso

accade nella predisposizione di piani, la scarsità e la disomogeneità di informazioni cartografiche tematiche ha costituito un ostacolo non indifferente.

La ricerca di materiale informativo riguardante i suoli ha reso disponibile una cartografia geologica in scala 1: 25000 ed uno studio pedologico (Bigi, Favi, Maiani, Rustici, Vinci) con allegata carta 1: 50000 predisposta sulla base di dati rilevati con una frequenza assai bassa (una stazione ogni 2500-3000 ha). Attraverso queste informazioni è stata predisposta una cartografia ad esplicito uso strumentale della sperimentazione metodologica, espressamente detta "geopedologica" per quanto derivata dalla considerazione della pedogenesi tendenziale caratteristica delle varie litologie e successiva attribuzione delle etichette pedologiche esistenti in zona (risultanti dai profili rilevati per la cartografia pedologica 1:50000).

La carenza di informazioni di base ha comunque comportato una direzione obbligata per il processo valutativo: sulla base della disponibilità di conoscenze relative ai suoli e della pendenza superficiale dei versanti è stata condotta una **valutazione di limitazioni all'uso del suolo per le attività agrosilvopastorali** che ha prodotto una articolazione in aree omogenee per grado di limitazione secondo le sei classi di seguito riportate, derivate da un adattamento ai caratteri del territorio italiano della classificazione internazionale del Soil Conservation Service (USA 1957) elaborato sulla base delle classi della "Carta di limitazioni all'uso dei suoli del comune di Impruneta" (G.A. Ferrari, U. Galligani, I. Pizzolli). E' stata invertita la gerarchia convenzionale, per la quale si hanno massime limitazioni nella classe di massimo ordine, per necessità di sintesi con la diagnosi geologica:

**Classe I** Suoli con limitazioni severe e permanenti alle attività di produzione agrosilvopastorale che rendono necessarie politiche di gestione e modalità di intervento finalizzate alla difesa del suolo. Hanno di regola pendenza e rocciosità molto elevata e spessore di suolo molto ridotto che limitano preferibilmente la utilizzazione a scopi di difesa del suolo ed eventualmente di ricreazione.

**Classe II** Suoli con limitazioni gravi e permanenti alla produzione agricola che rendono praticabile esclusivamente il pascolo e la forestazione. Hanno forte pendenza e spessore limitato.

**Classe III** Suoli con limitazioni gravi e permanenti che rendono onerose le pratiche agricole con restrizione della scelta delle colture e tecniche complesse.

**Classe IV** Suoli con medie limitazioni che riducono la scelta delle colture e richiedono pratiche colturali e metodi di gestione complessi, in quanto la pratica agricola si svolge comunque su pendici montane. Le limitazioni sono difficilmente modificabili o superabili. Tra le principali: pendenza, spessore non elevato, tessitura non sempre favorevole. Le superfici appartenenti a questa classe sono utilizzabili a costi maggiori delle seguenti e necessitano di pratiche per la conservazione del suolo e di sistemazioni idrauliche.

**Classe V** Suoli con modeste limitazioni alla produzione agricola che richiedono una minima riduzione delle scelte colturali e che interferiscono con la coltivazione. Le limitazioni possono essere dovute a profondità del suolo non ottimale, modesta pendenza, limitato pericolo di erosione. Vi si può far crescere un'ampia gamma di colture con pratiche di corretta agricoltura. Occorre attenzione alla difesa del suolo.

**Classe VI** Suoli in condizioni ottimali per la produzione agricola, con pochissime limitazioni d'uso di carattere fisico e/o chimico. Sono generalmente ben drenati, profondi, con tessitura non sfavorevole, buone riserve idriche, morfologia pianeggiante. Hanno possibilità di ottenere buoni rendimenti da un vasto numero di colture con normali tecniche agricole. Possono avere qualche limitazione di carattere microclimatico.

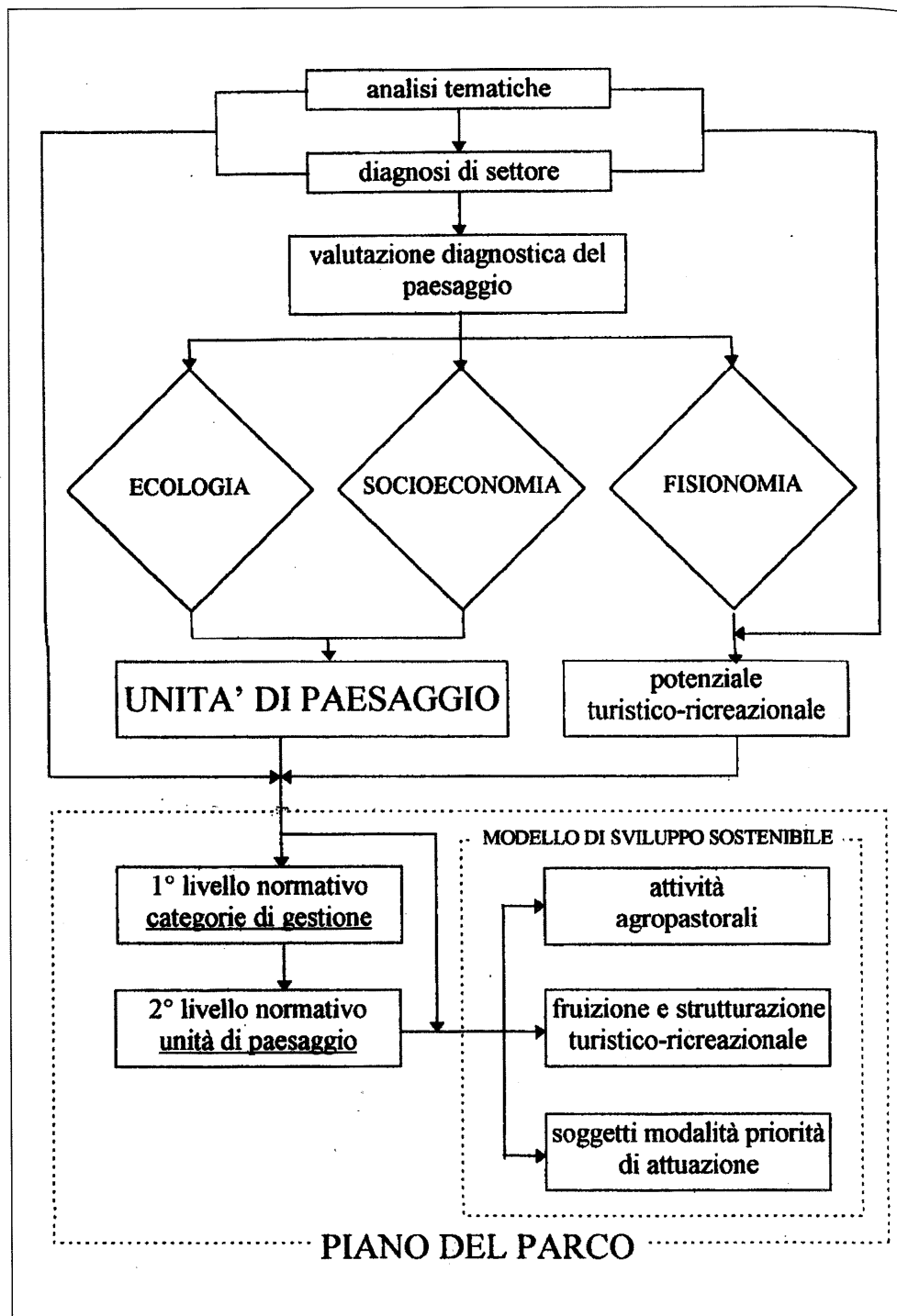


Fig. 1. Diagramma logico del processo di piano



La cartografia è stata elaborata secondo le attribuzioni di classe di seguito riportate:

**Suoli su litologie calcaree di bassa quota**

TYPIC EUTROCHREPTS - TYPIC UDORTHENTS - TYPIC PALEUDALFS

reazione	pH 7,5-8,5	Classe III
tessitura	Fa - FLA	Classe V
spessore	60 - 90 cm	Classe IV

**Suoli su litologie calcaree di alta quota**

TYPIC UDORTHENTS - TYPIC RENDOLLS

reazione	pH 7,5-8,5	Classe III
tessitura	Fa - FLA	Classe V
spessore	30 - 60 cm	Classe III - II

**Suoli su litologie arenacee**

TYPIC DYSTROCHREPTS - UMBRIC DYSTROCHREPTS - TYPIC UDORTHENTS - TYPIC EUTROCHREPTS

reazione	pH 5,5-6,5	Classe V
tessitura	FS	Classe IV
spessore	60 - 90 cm	Classe IV

**Suoli su litologie argillitiche**

LITHIC UDORTHENTS - LITHIC EUTROCHREPTS

reazione	pH 7,5-8,5	Classe III
tessitura	FLA - FL - L	Classe V - IV
spessore	inferiore a 30 cm	Classe I

**Suoli su litologie ofiolitiche e silicee**

TYPIC UDORTHENTS - LITHIC UDORTHENTS

reazione	pH 7,5-8,5	Classe III
tessitura	FLA - FL	Classe V
spessore	inferiore a 30 cm	Classe I

**Suoli su litologie quaternarie**

UMBRIC DYSTROCHREPTS - LITHIC HAPLUDOLLS - PACHIC HAPLUDOLLS - TYPIC EUTROCHREPTS

reazione	umbric dystrochrepts	pH 5,5-6,5	Classe V
	altri	pH 7,5-8,5	Classe III
tessitura	umbric dystrochrepts	F - FL	Classe V
	altri	FLA - FL	Classe V
spessore		60 - 90 cm	Classe IV

**Pendenza**

p < 10%	Classe V
10% < p < 20%	Classe IV
20% < p < 35%	Classe III
35% < p < 50%	Classe II
p > 50%	Classe I

Secondo questo schema la pianificazione paesistica ha a disposizione una serie di indicazioni di attenzione, ovvero di suggerimenti di indirizzo negativo. Non è conseguente però all'individuazione dei tipi e livelli di vulnerabilità, del suolo come delle altre componenti ecosistemiche, la possibilità di definire strategie di conservazione attiva: è necessaria la

conoscenza delle specifiche potenzialità delle risorse. In tal senso “(...) **un rilevamento del suolo ed una valutazione del territorio per usi diversificati (Land Suitability Evaluation) costituiscono la premessa necessaria ad un qualsiasi lavoro di pianificazione** (...) Le attitudini studiate devono essere specifiche: è infatti fuorviante fare riferimento, ad esempio, ad una attività agricola generalizzata, quando invece un pianificatore necessita di informazioni su un uso specifico come l’agricoltura irrigua, una specifica coltura ecc.” (Bini, Del Sette, Mercati, Micillo): la **valutazione di attitudine** costituisce un salto di qualità nelle diagnosi al servizio dei processi decisionali proprio per quanto strutturata in chiave positiva di potenzialità specifica, anziché di limitazione generica. “La valutazione della attitudine del suolo per un uso specifico nasce come proposta di un metodo che possa inserirsi nell’ambito della pianificazione. Esso conseguentemente deve possedere i requisiti necessari per collegarsi agli aspetti economici e sociali del piano” (Sanesi).

La differenza fra il concetto di compatibilità e sostenibilità rispecchia pienamente lo spirito ed il grado di evoluzione dei due tipi di valutazione pedologica applicata. Mentre la diagnosi di **limitazione all’uso**, fornisce in termini di compatibilità, delle soglie di crisi oltre le quali non è garantibile l’uso durevole della risorsa suolo, la valutazione di **attitudine all’uso** si struttura in chiave più complessa in termini di sostenibilità. Infatti, assunto alla base il livello conoscitivo strettamente pedologico delle compatibilità, il percorso diagnostico prosegue, interagendo con altri campi disciplinari, per distinguere le risorse secondo livelli di attitudine relativi a specifici usi valutati in termini tecnico-produttivi ed economici.

### **Il Parco delle Alpi Apuane: la pianificazione per l’uso durevole delle risorse.**

Il modello di piano proposto si articola su due livelli distinti e complementari (ved. schema in fig. 1): la **normativa** ed il **progetto d’uso e gestione**.

La fase di sintesi ha prodotto una gerarchizzazione del paesaggio attraverso le valutazioni parametriche di *valore*, *vulnerabilità* e *sensibilità* ecosistemica e socio-economica condotte secondo un adattamento di quanto proposto da V. Romani per il Piano Paesistico dell’Alto Garda Bresciano. Questa articolazione spaziale per omogeneità di valori ha guidato, insieme alle diagnosi di settore, le scelte normative e progettuali.

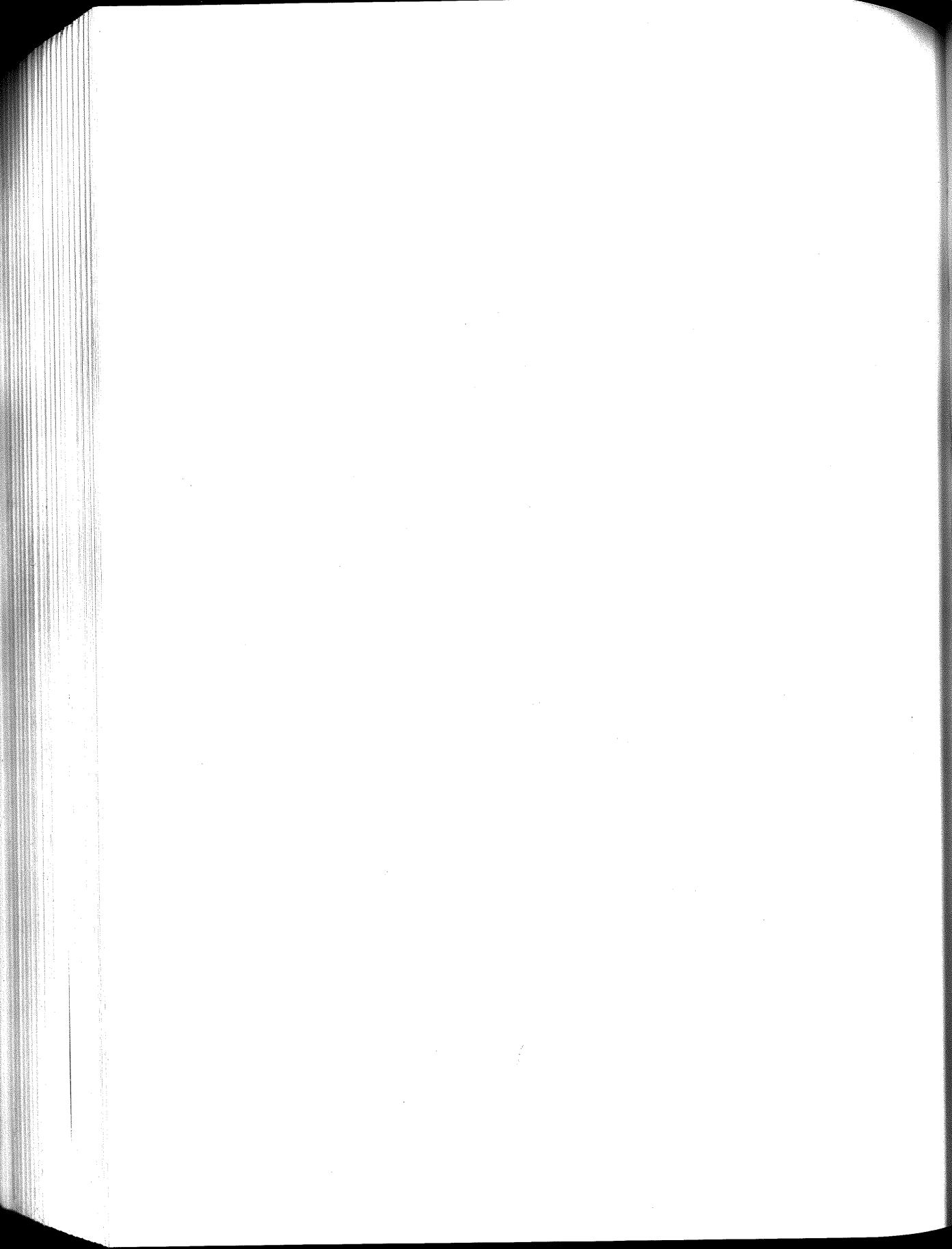
Al livello normativo corrispondono gli aspetti di compatibilità fra i caratteri specifici delle risorse e i possibili usi. Sono stati distinti due livelli normativi: il primo, delle **Categorie di Gestione (IUCN)**, riguarda indirizzi generali comuni a tutte le aree ricomprese in una certa tipologia, il secondo delle **Unità di Paesaggio** contiene le specifiche indicazioni di compatibilità relative ai singoli siti e associa alla cartografia di riferimento una schedatura riguardante le singole unità.

Al livello progettuale corrispondono le scelte che, secondo le opzioni messe in luce dalla normativa, costituiscono sotto forma di “disegno unitario di coordinamento” uno dei possibili modelli di uso durevole (di cui in una situazione ottimale di partecipazione pubblica sarebbe opportuno discutere le alternative) che, limitatamente alle competenze della pianificazione territoriale di parco, sono a fondamento del processo di sviluppo sostenibile. A tale livello fanno capo tre elaborati di cui due di **previsioni d’uso per le attività produttive primarie e secondarie e per le attività turistico-ricreative**, mentre la terza, in stretta relazione con le altre, riguarda le **previsioni di gestione**, proponendo i diversi soggetti competenti nelle singole operazioni, le modalità e priorità di attivazione delle strategie, nonché i rapporti fra i vari livelli e tipi di piano che la legislazione ha farraginosamente affastellato nel tempo. Il livello progettuale deve essere utilizzato secondo modalità processuali: attraverso una costante attività di monitoraggio può divenire infatti strumento di registrazione e di controllo degli effetti dell’attuazione delle strategie di Parco, e quadro

di riferimento per la loro progressiva attualizzazione in piena corrispondenza con il dinamismo evolutivo caratteristico del paesaggio.

### **Bibliografia**

- Bini C., Del Sette M., Mercanti F., Micillo G., "I suoli del bacino alto del torrente Virginio, Tavarnelle Val Di Pesa, Firenze", CNR Centro di Studi per la Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo; ETSAF Ente Toscano Sviluppo Agricolo e Forestale
- Ferrara G., "Parchi naturali e cultura dell'uomo", Maggioli, Rimini, 1994.
- Romani V., "Il paesaggio dell'Alto Garda Bresciano. Studio per un piano paesistico", Brescia, 1988
- Sanesi G., "Metodologie di valutazione del suolo", estratto dagli Atti del corso residenziale su "Problematiche della Botanica applicata: Assetto del territorio e gestione dell'ambiente", Pisa, 1988.



# INFORMAZIONI PEDOLOGICHE A DIVERSO LIVELLO DI DETTAGLIO A SUPPORTO DELLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO AGRICOLO

**S. Brenna, ERSAL - Ufficio del Suolo, Segrate (MI)**

## **Introduzione**

In Lombardia l'attività zootecnica ha una grande rilevanza e determina, soprattutto nella parte orientale della Regione, un considerevole potenziale impatto sull'ambiente.

In questo ambito le informazioni pedologiche assumono un rilievo particolare: infatti un'utilizzazione agronomica e "sostenibile" delle deiezioni zootecniche dipende direttamente dalla capacità depurativa del sistema suolo.

La necessità di governare il settore contemperando le esigenze dell'ambiente e dell'igiene pubblica con quelle della produzione richiede peraltro un'integrazione degli interventi e delle politiche di gestione del territorio a scala diversa e tra soggetti diversi.

Prendendo spunto da una richiesta inoltrata dalla Regione Lombardia di valutazione delle risorse pedologiche a supporto di politiche di intervento di livello regionale per la gestione dei reflui zootecnici si è voluta fare una esperienza di verifica della coerenza informativa assicurata da inventari pedologici di diverso dettaglio, dalla scala schematica (1:500.000) fino alla scala di dettaglio (1:10.000).

## **Metodi e risultati**

Mediante un procedimento di "expert judgement", da una carta pedologica a scala schematica (1:500.000) si è inizialmente derivata una cartografia del valore protettivo dei suoli con tre classi (valore protettivo alto, moderato e basso).

Successivamente si è quindi verificato, prendendo come riferimento il territorio del comune di Pozzolengo (BS) situato nell'area morenica gardesana ove la morfologia è piuttosto complessa ed articolata e che, a scala schematica, risultava quasi integralmente compreso nella classe di valore protettivo "moderato", quale risultato si sarebbe ottenuto a partire da inventari pedologici più dettagliati, rispettivamente a scala di riconoscimento (1:250.000), di semidettaglio (1:50.000) e di dettaglio (1:10.000).

Agli inventari pedologici a queste scale è stato applicato uno specifico modello interpretativo elaborato per la valutazione dell'attitudine dei suoli allo spandimento dei liquami zootecnici, che ripartisce i suoli in quattro classi di attitudine (fig.1).

La condizione più limitante tra quelle riscontrate determina la classificazione: pertanto i suoli "adatti" non presentano significative controindicazioni ad un uso agronomico dei liquami, mentre i suoli che rientrano nelle successive classi manifestano limitazioni crescenti, tali da rendere necessarie riduzioni dei quantitativi distribuiti ed accorgimenti via via più attenti, utili a garantire la riduzione al minimo dei rischi per l'ambiente.

I risultati di questo confronto sono stati i seguenti:

- a scala di riconoscimento, nel territorio del comune di Pozzolengo risultano identificati in prevalenza suoli "poco adatti" (classe più diffusa) e "moderatamente adatti"; i cordoni morenici cartografabili a questa scala appaiono "non adatti";

- a scala di semidettaglio, la più elevata densità informativa consente di differenziare ulteriormente la variabilità pedologica e delineare in modo più articolato e preciso le aree di suolo a diversa attitudine allo spandimento; tuttavia la maggior parte dei suoli ricade anche in questo caso nelle classi "poco adatti" (classe prevalente) e "moderatamente adatti", le zone a maggiore pendenza sono "non adatte" e compaiono solo poche ed isolate porzioni di suoli "adatti" allo spandimento;
- a scala di dettaglio, infine, il modello distributivo dei suoli e il rapporto tra le diverse classi di attitudine allo spandimento dei liquami non variano significativamente rispetto alla scala di semidettaglio.

FATTORI LIMITANTI	CLASSI DI ATTITUDINE DEI SUOLI			
	<i>ADATTI</i>	<i>MOD. ADATTI</i>	<i>POCO ADATTI</i>	<i>NON ADATTI</i>
RISCHIO DI INONDABILITA'	<i>ASSENTE</i>	<i>DA LIEVE A MODERATO</i>	<i>ALTO</i>	<i>MOLTO ALTO</i>
ROCCIOSITA' (%)	<i>ASSENTE</i>	<i>0 - 2</i>	<i>2 - 10</i>	<i>&gt; 10</i>
PIETROSITA' (%)	<i>0 - 15</i>	<i>15 - 50</i>	<i>15 - 50</i>	<i>&gt; 50</i>
PENDENZA (%)	<i>0 - 5</i>	<i>5 - 10</i>	<i>10 - 20</i>	<i>&gt; 20</i>
DRENAGGIO	<i>BUONO MEDIOCRE LENTO</i>	<i>M. LENTO (con falda &gt; 150 cm) MOD. RAPIDO (con falda &gt; 150 cm)</i>	<i>M. LENTO (con falda &lt; 150 cm) MOD. RAPIDO (con falda &lt; 150 cm) RAPIDO (con falda &gt; 150 cm)</i>	<i>IMPEDITO RAPIDO (con falda &lt; 150 cm)</i>
PROFONDITA' DELLA FALDA (cm)	<i>&gt; 150</i>	<i>100 - 150</i>	<i>75 - 100</i>	<i>&lt; 75</i>
SCHELETRO (%) (1)	<i>&lt; 35</i>	<i>35 - 70</i>	<i>35 - 70</i>	<i>&gt; 70</i>
CARATTERISTICHE E VERTICHE	<i>FESSURAZIONI ASSENTI o PRESENTI (con orizz. fino a 100 cm a tess. media, fine o mod. fine)</i>	<i>FESSURAZIONI PRESENTI (con orizz. a tess. mod. grossolana entro 100 cm)</i>	<i>FESSURAZIONI PRESENTI (con orizz. a tess. grossolana entro 100 cm)</i>	<i>FESSURAZIONI PRESENTI (con orizz. a tess. grossolana entro 100 cm e con falda)</i>
STRATO PERMEABILE (cm)	<i>&gt; 80</i>	<i>50 - 80</i>	<i>30 - 50</i>	<i>30 - 50 (con falda &lt; 150 cm)</i>
TESSITURA (PRIMO METRO)	<i>F AS FSA FA FL L FLA A AL</i>	<i>FS</i>	<i>SF (con falda &gt; 150 cm)</i>	<i>S SF (con falda &lt; 150 cm)</i>
ORIZZONTI ORGANICI	<i>ASSENTI</i>	<i>PRESENTI TRA 100 E 150 cm</i>	<i>PRESENTI TRA 50 E 100 cm</i>	<i>PRESENTI ENTRO 50 cm</i>

(1) Parametro da valutare con riferimento ai primi 100 cm di suolo (valore medio ponderato)

Figura 1 - Modello Interpretativo per la valutazione dell'attitudine dei suoli allo spandimento dei liquami zootecnici

## Conclusioni

Gli inventari pedologici elaborati a diversa scala e applicati in questo caso alla gestione dei reflui zootecnici hanno mantenuto coerenza informativa; infatti le classi di attitudine allo spandimento dei liquami intermedie (poco e moderatamente adatti) sono prevalenti a tutte le scale, in sostanziale accordo con l'attribuzione, effettuata a scala schematica, di un valore protettivo prevalentemente moderato al territorio del comune di Pozzolengo.

L'esperienza effettuata sembra quindi confermare la possibilità di utilizzare informazioni pedologiche di dettaglio commisurato al livello decisionale interessato, assicurando l'integrazione tra le diverse scale del processo pianificatorio e degli interventi sul territorio.

L'altro elemento di giudizio del quale è indispensabile tenere conto è invece rappresentato dagli investimenti, sia in termini finanziari che temporali, che è necessario sostenere per raggiungere il livello di precisione e di dettaglio cartografico desiderato.

Infatti le informazioni pedologiche a scala geografica sono idonee a definire orientamenti ed indirizzi di carattere generale, ma hanno tempi e costi di elaborazione contenuti.

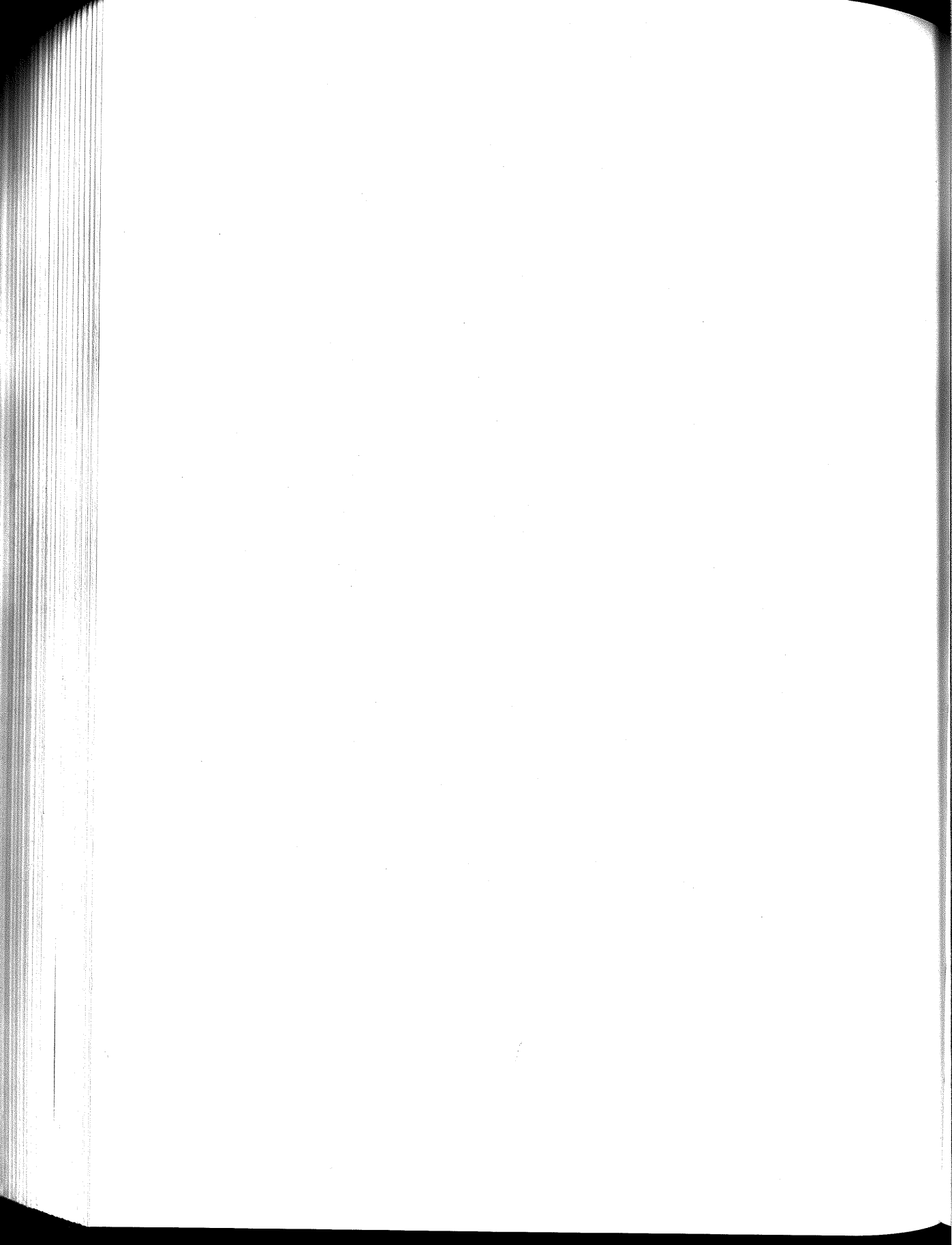
Viceversa, quanto più la cartografia pedologica è dettagliata, tanto più è confacente ad orientare i comportamenti e le scelte a livelli approfonditi, ma i tempi e il costo necessari per realizzarla aumentano in modo più che proporzionale al crescere della scala.

Basti, in proposito, ricordare che la densità informativa degli inventari pedologici realizzati in Lombardia è riferita a standard di circa 4 osservazioni ogni 100 ha per la scala di semidettaglio, con valori che salgono fino a 1 oss./ha per rilevamenti molto dettagliati e, viceversa, scendono a circa 0,2-0,5 oss./100 ha per i rilevamenti a scala di riconoscimento.

Per ogni tipo di esigenza pianificatoria diviene quindi necessario identificare il supporto conoscitivo pedologico che consente di realizzare il più favorevole rapporto tempi e costi/benefici.

## Bibliografia

- S. Brenna, R. Rasio, "Evaluating soil resources for application of EU policy in agroenvironment", Proceedings 3rd ESA Congress, Abano-Padova, Italy, 1994;
- ERSAL, "Manuale per la compilazione delle schede delle unità cartografiche - 2° versione", 1995;
- ERSAL, "Cartografia pedologica a scala di riconoscimento per il territorio regionale in sinistra Adda" - non pubblicata;
- ERSAL, "I suoli del Comune di Pozzolengo (BS)", in corso di pubblicazione;
- ERSAL, "I suoli dell'area morenica gardesana bresciana", in corso di pubblicazione;
- M.J. Reeve, "Soils" in "Earth science mapping for planning, development and conservation" pp. 119-154, Graham and Trotman Inc. - Kluwer Academic Publishers Group, 1991.





## **CARATTERISTICHE DI TRASFORMAZIONE E PROBLEMI DI DESTINAZIONE DELL'AREA OCCI- DENTALE DI NAPOLI**

**E. Buondonno, Istituto di Idraulica Agraria, Costruzioni e Topografia, Facoltà di Agraria, Università "Federico II", Napoli.**

**A. Ermice, Facoltà di Scienze Ambientali, Seconda Università di Napoli**

**M. Murolo, Dipartimento Scienze Chimico-Agrarie, Facoltà di Agraria, Università "Federico II", Napoli.**

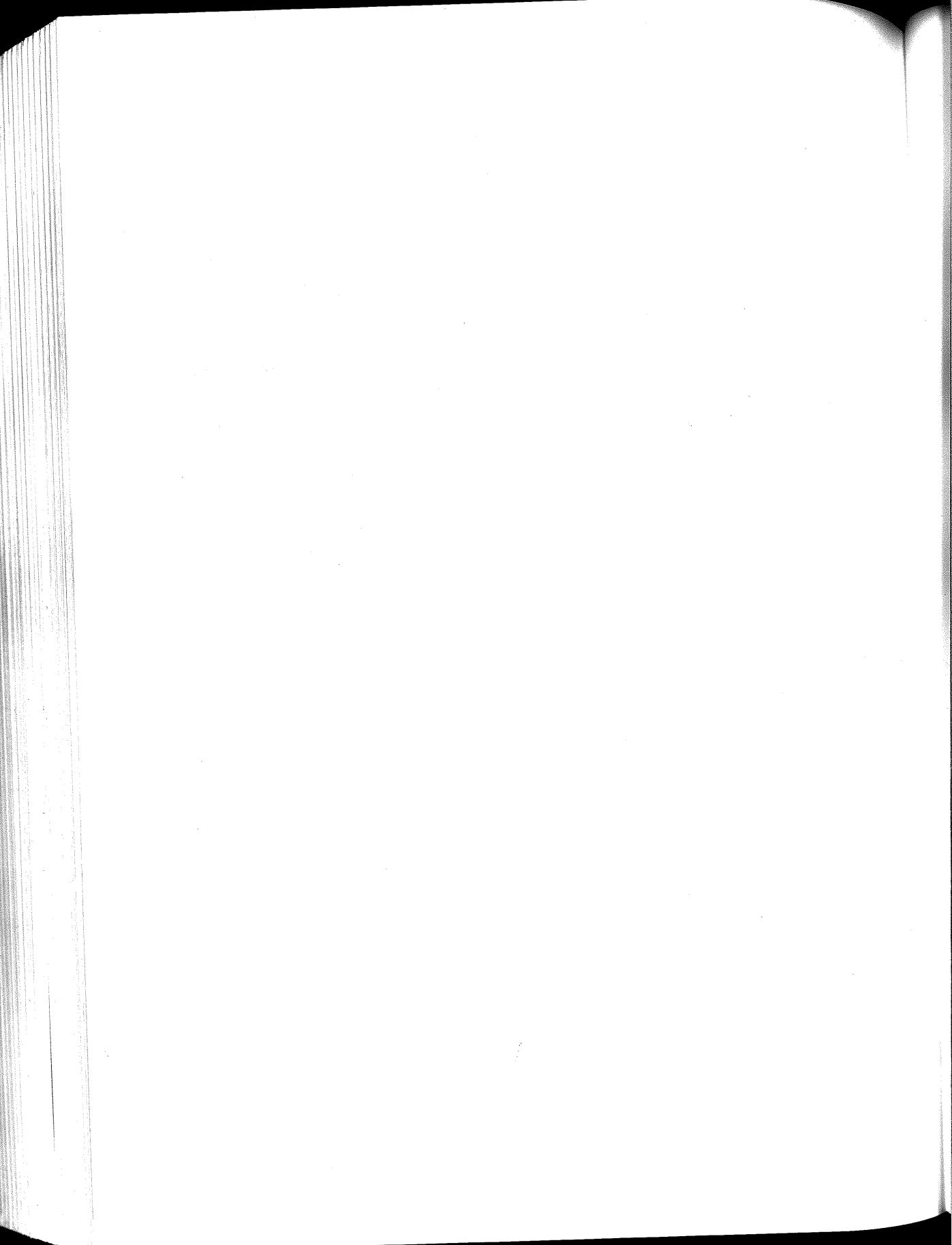
**M.L. Pugliano, Dipartimento Scienze Chimico-Agrarie, Facoltà di Agraria, Università "Federico II", Napoli.**

Le aree immediatamente ad oriente ed occidente di Napoli segnano profondamente lo sviluppo della città. Già dall'ottocento infatti, esse vengono scelte per dare a Napoli prospettive di metropoli industriale.

Con alterne vicende si giunge all'ultimo dopoguerra in una situazione di completo ribaltamento: queste aree che avevano svolto un importante ruolo di crescita economica, si rivelano, nelle mutate situazioni storiche, un ostacolo alle nuove esigenze di vivibilità.

Nel momento attuale su queste due aree è incentrato il dibattito e lo scontro tra le forze sociali per il futuro assetto urbanistico.

Nel convincimento che gli studi di valutazione delle attitudini dei suoli, basati su rigorosi criteri di classificazione pedologica, debbano costituire elementi essenziali di un piano regolatore, si è avviato un programma di ricerche per la caratterizzazione dei suoli delle aree industriali dismesse del golfo di Napoli.



# IL RUOLO DEI FATTORI EDAFICI NELLA DISTRIBUZIONE DELLE SUGHERETE LAZIALI

**G. Dowgiallo, A.M. Testi, P. Pesoli**

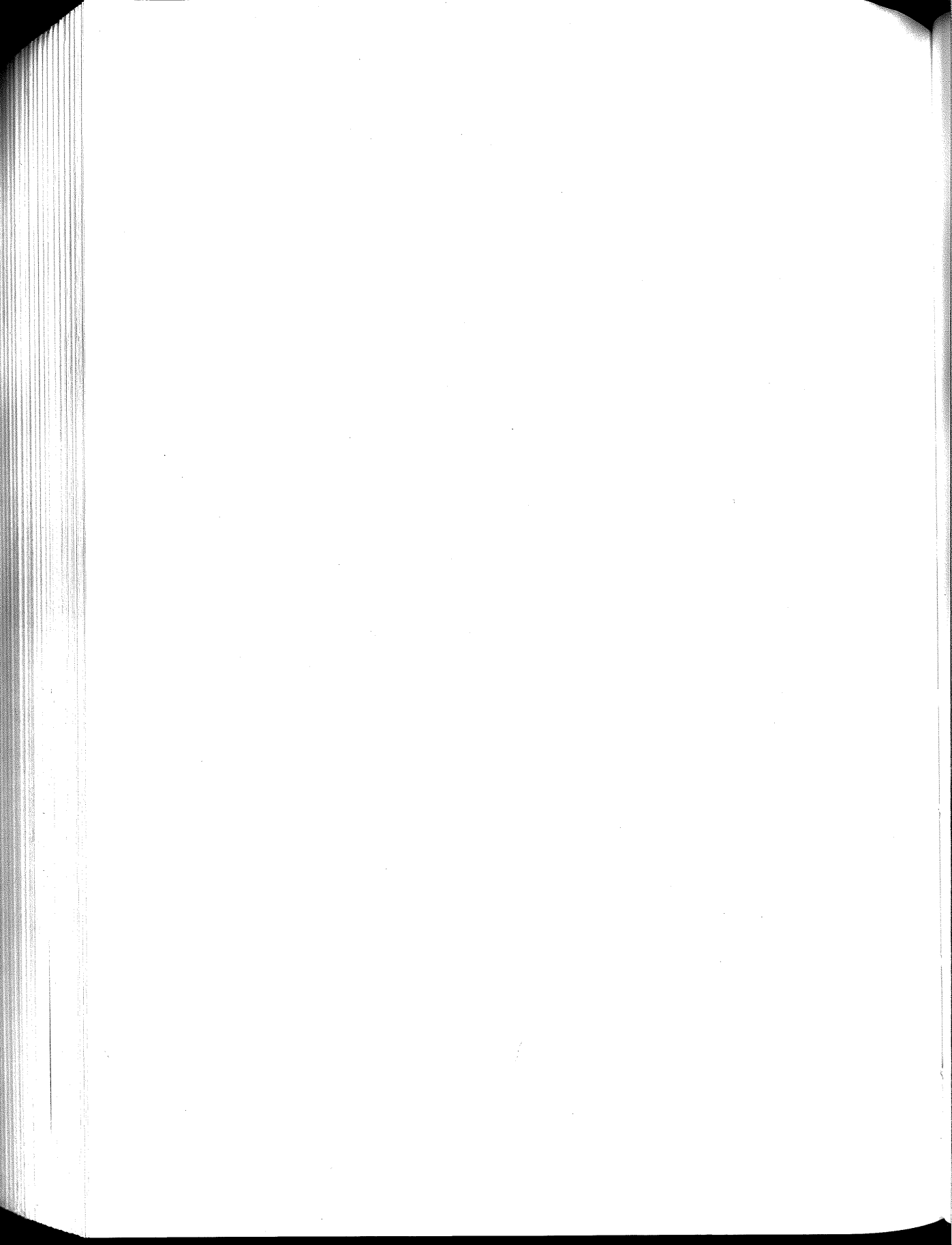
**Dipartimento di Biologia Vegetale, Università La Sapienza, Roma**

Nel presente studio si è cercato di definire il ruolo dei fattori edafici nella distribuzione e nella composizione dei boschi di *Quercus suber* del Lazio, recentemente inquadrati in una nuova associazione (*Cytiso-Quercetum suberis*) caratterizzata da un ricco contingente di specie mesofile.

Indagini pedologiche sono state effettuate parallelamente a rilievi di vegetazione in dieci aree ritenute le più rappresentative di questi popolamenti, ubicate lungo la fascia costiera e subcostiera laziale, da Toscana ai Monti Aurunci, su substrati litologici di varia natura (vulcaniti, calcari, sabbie plioceniche, depositi colluviali, sabbie della duna antica) e in situazioni mesoclimatiche diverse.

Sono stati ritrovati suoli a vari stadi di evoluzione (regosuoli, rankers, suoli lisciviati, terre rosse); dal punto di vista chimico tutti risultano essere acidi o subacidi (pH 4,5-6,5) e decarbonati, con un grado di saturazione in basi medio-basso (25-40%) e tenori di calcio scambiabile piuttosto scarsi (in genere <10 cm/kg). Inoltre, tranne per qualche area eccessivamente degradata dall'impatto antropico, i suoli sono in genere profondi e con orizzonti B (cambici o argillici) contenenti argilla in percentuali variabili dal 30% a oltre il 70%, quindi a tessitura abbastanza fine da garantire buone disponibilità idriche per le piante in tutti i periodi dell'anno. Anche per i regosuoli sabbiosi dell'area urbana di Roma, si creano condizioni di notevole igrofilia dovute al contatto con uno strato di argille marnose impermeabili.

Il fattore idrologico sembra dunque svolgere un ruolo importante nella composizione e nello smistamento di questi lembi di sughereta nel Lazio. Il *Cytiso-Quercetum suberis* mostra pertanto, non solo nella composizione floristica, ma anche dal punto di vista edafico, caratteristiche di spiccata mesofilia, rivelando una maggiore affinità con le cerrete piuttosto che con le leccete, come già evidenziato nei più recenti studi fitosociologici.



# **IL CONTRIBUTO DELLA GEOPEDOLOGIA NELLA PIANIFICAZIONE COMUNALE: L'AREA CAMPIONE DI QUARTU SANT'ELENA**

**F. Fantola - Geologo libero professionista - Cagliari**

**M. R. Lai - Geologo ERSAT - Cagliari**

**Coordinatore: Prof. A. Aru - Dipartimento Scienze della Terra - Cagliari**

In questi ultimi anni nelle aree urbane e suburbane dei paesi sviluppati si è venuta a creare una conflittualità di fondo tra il sistema urbano ed il sistema agricolo; tale fenomeno riguarda il possesso e l'utilizzo della "risorsa suolo".

Nel nostro paese una delle cause di questa conflittualità deriva, in parte, dalla separazione nella organizzazione della amministrazione pubblica che, in mancanza di una pianificazione globale del territorio, ha creato due sfere nettamente differenziate di leggi, poteri, diritti, competenze e procedure tra agricoltura e urbanistica. Ciò ha fatto sì che i due settori interagissero ed interferissero sul suolo con modalità spesso incoerenti e irrazionali, determinando costi, sprechi, consumi, degrado e conflitti economici ed amministrativi.

Data la naturale limitatezza delle terre coltivabili ad elevata altitudine per l'agricoltura in generale, e per quella irrigua in particolare, si teme che sia sempre più vicino il cosiddetto "punto di crisi", sia alla scala mondiale che alle scale locali. La crescita del fabbisogno di terra per gli usi agricoli, legata all'espansione demografica, si scontrerà in modo irrisolvibile con una uguale crescita per gli usi urbani ed infrastrutturali, interessando proprio le aree delle regioni pianeggianti su cui si sono sviluppati i suoli più fertili e dove esiste la disponibilità idrica per l'irrigazione. L'impatto esercitato all'urbanizzazione sullo spazio agricolo, inoltre, non è limitato alla sottrazione di suoli, ma comporta anche la destrutturazione per opera, ad esempio, dei nuovi tracciati viari che sezionano i campi coltivati, causando spesso l'abbandono delle colture, o per effetto del progressivo deterioramento delle strutture agrarie preesistenti (fabbricati rurali e impianti, rete irrigua e di drenaggio, strade vicinali) e delle risorse di base (suolo, acque superficiali e sotterranee).

I fenomeni descritti interessano anche la Sardegna, ma nella nostra regione sono quanto mai preoccupanti. Nell'isola, infatti, i suoli pianeggianti ed irrigui dotati di caratteristiche fisico-chimiche idonee per produzioni agricole quali-quantitative rilevanti, rappresentano una modesta superficie. Per tale motivo il loro consumo o degrado irreversibile assume un'importanza particolare ed andrebbe quanto più limitato e controllato.

E' fondamentale, quindi, individuare una "politica" per la programmazione delle utilizzazioni del suolo, che prenda in considerazione sia i costi/benefici dello sviluppo urbano, che quelli della sottrazione di aree agricole, nonché i costi "ambientali" in senso lato. Conseguentemente sorge la necessità di mettere a punto indagini e criteri metodologici in grado di valutare i consumi reali e potenziali, che suggeriscano gli interventi da attuare per minimizzarli e che permettano di raffrontare tra loro le diverse alternative possibili di organizzazione urbanistico-territoriale.

Uno dei metodi più idonei a tale scopo è quello cartografico-quantitativo, articolato in differenti categorie di indagine che richiedono un approccio multidisciplinare:

- analisi del consumo reale del suolo e sue dinamiche attraverso il confronto tra situa-

zioni pregresse e attuali e la misurazione delle superfici agricole che hanno cambiato destinazione d'uso in un determinato periodo di tempo;

- analisi degli usi attuali e potenziali del suolo mediante la realizzazione di carte dell'uso del suolo, di carte geopedologiche e di carte di valutazione per usi specifici (Metodo della Land Suitability Evaluation);
- analisi della struttura e della maglia aziendale attraverso indagini dettagliate sulle aziende agricole (efficienza, livelli di produttività, strutture ed impianti);
- analisi della strumentazione urbanistica comunale mediante la rappresentazione territoriale delle aree interessate da consumi futuri e attraverso l'individuazione delle aree destinate alle espansioni e alle infrastrutturazioni.

Attualmente in Sardegna i comuni compresi all'interno delle aree sottoposte a pianificazione paesistica (secondo quanto disposto dalla Legge n. 431/85) hanno l'obbligo dell'adeguamento dei propri strumenti urbanistici comunali alle previsioni generali e ai vincoli d'uso previsti dal Piano Territoriale Paesistico, inoltre in base alla normativa regionale (L.R. n. 45/89 e Direttive Regionali per le Zone Agricole del 27/10/94) le aree agricole devono essere studiate dal punto di vista pedologico ed agronomico al fine di valutare e valorizzare le vocazioni produttive dei suoli, garantendo la tutela del suolo e delle emergenze ambientali di pregio, e al contempo incoraggiando la permanenza della popolazione rurale in condizioni adeguate alle esigenze sociali.

La normativa regionale non fornisce indicazioni precise sui criteri da seguire nella predisposizione delle indagini che dovranno condurre sia alla pianificazione territoriale comunale che alla zonizzazione delle aree agricole in sottoclassi d'uso. Per tale motivo nell'area in esame, ed in altri comuni isolani, si è proposto di adottare la metodologia di valutazione della Land Suitability. L'intero studio realizzato come supporto fondamentale al processo di pianificazione urbanistica, in corso nel comune di Quartu Sant'Elena, è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Rilevamento geologico e morfologico ed elaborazione della Carta Geomorfologica.
- Rilevamento pedologico ed elaborazione della Carta delle Unità di Paesaggio accompagnata dalla classificazione del territorio in base alla capacità d'uso per fini agro-silvo-pastorali.
- Rilevamento dello stato d'uso del territorio e redazione della Carta dell'Uso del Suolo, accompagnata dalla zonizzazione dell'area agricola in funzione del grado di compromissione e consumo del territorio il consumo diretto, il consumo in diretto e gli usi agricoli.
- Applicazione della Classificazione Attitudinale dei Suoli (Land Suitability Evaluation) al fine di valutare il grado di attitudine dei suoli ai diversi usi proponibili (agricolo, zootecnico, edilizia residenziale, turistico-ricreativo, industriale, ecc.). Il processo di valutazione e gli schemi proposti per il territorio comunale di Quartu Sant'Elena, non considerano il territorio in senso globale, ma solo nella componente suolo e rappresentano, quindi, una parte dell'analisi multidisciplinare prevista dalla Land Evaluation.

Da quanto detto emerge che lo studio pedologico assume, quindi, un ruolo fondamentale nelle indagini preliminari per la pianificazione urbanistica comunale. Inoltre gli elementi ricavati dall'analisi effettuata, ci permettono di trarre alcune considerazioni di fondamentale interesse per la successiva fase di pianificazione.

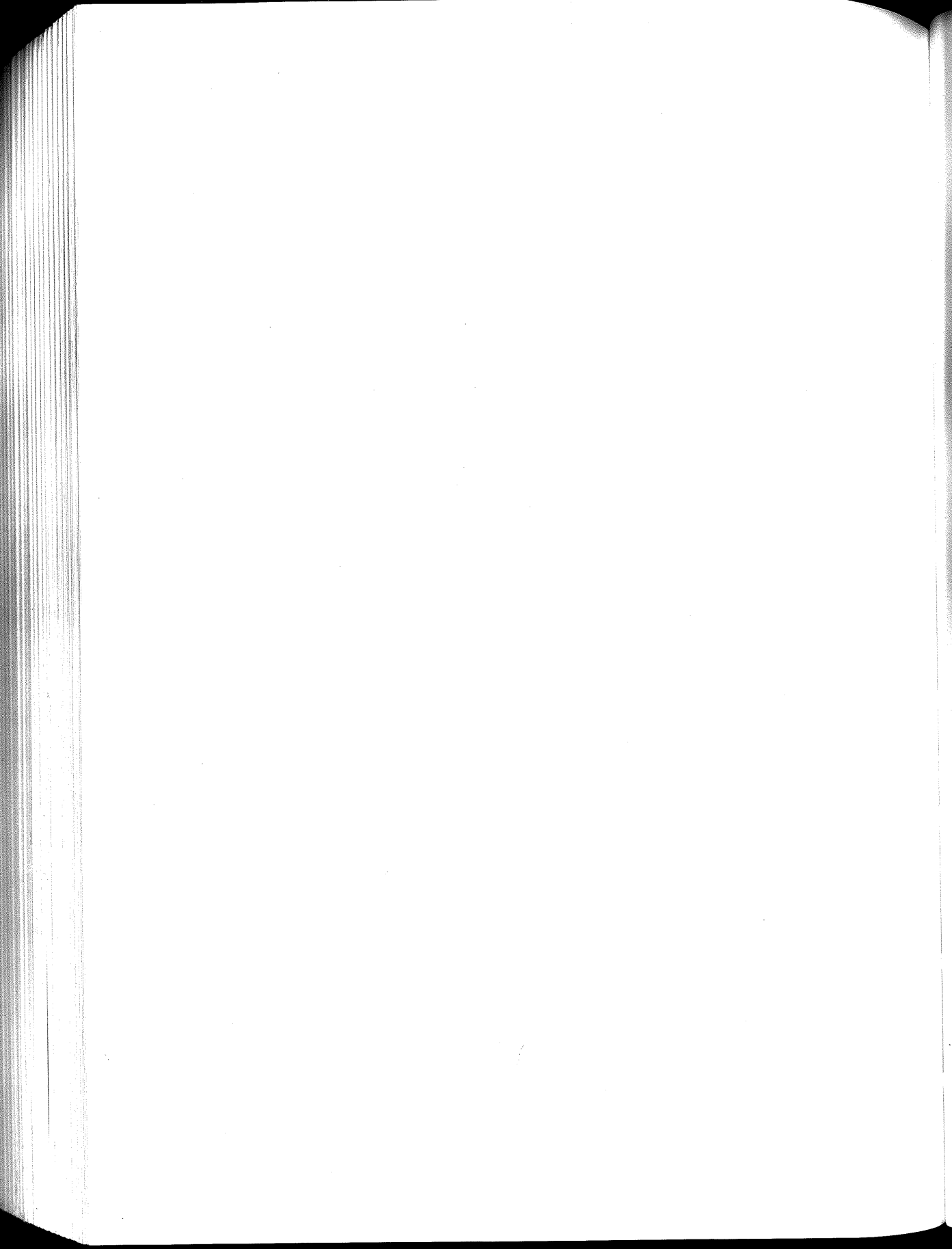
Una situazione particolarmente esemplificativa dello stato del territorio comunale, è rappresentata dalle unità cartografiche D1 - D2 - D3 localizzate appunto nella Zona Agricola. Si tratta di suoli con un'alta vocazione agricola ricadono infatti nelle prime tre classi di attitudine per l'uso agricolo, inoltre sono comprese all'interno del Comprensorio di Bonifica della Sardegna Meridionale, oggetto di rilevanti interventi infrastrutturali, per la conversione dell'agricoltura da asciutta in irrigua. Purtroppo in ampi tratti di queste aree sono presenti insediamenti diffusi si tratta per lo più di seconde case o residenze fisse che conservano talvolta all'interno della proprietà residui di frutteto o vigna. Una siffatta edificazione ha deter-

minato un consumo irreversibile dei suoli con le migliori potenzialità agricole, uno spreco di risorse pubbliche per l'impossibilità di utilizzare al meglio la rete irrigua, ed un ulteriore danno economico per i maggiori costi di urbanizzazione necessari a sanare la situazione di abusivismo edilizio (acquedotti, fognature, viabilità, servizi). Sarebbe pertanto auspicabile che il restante settore della zona agricola, servita dalla rete irrigua, non ancora fortemente compromesso dagli insediamenti, venisse destinato esclusivamente all'agricoltura intensiva. Le ragioni di una tale scelta possono essere riassunte nei seguenti punti i suoli hanno un'elevata attitudine per l'uso agricolo intensivo; il clima è favorevole per le produzioni di colture erbacee ed arboree di notevole interesse economico, sfruttando in particolar modo le varietà a maturazione precoce; in una parte di queste aree è possibile lo sviluppo di colture protette ad alto reddito, sia orticole che floricole; è necessario preservare la risorsa suolo che ha subito, soprattutto nell'hinterland cagliaritano, una notevole e preoccupante diminuzione. Una diversa situazione riguarda l'unità cartografica F1, che è caratterizzata dalle classi S3-N1 per l'uso insediativo residenziale, per gli insediamenti commerciali ed industriali e per gli impianti sportivi. Le caratteristiche ambientali che determinano queste valutazioni sono il rischio di inondazione e la profondità della falda queste zone in occasione di eventi piovosi di una certa intensità subiscono frequenti allagamenti con danni sia alle colture agrarie, che alle abitazioni ed ai giardini; si verificano, inoltre, problemi alla rete fognaria ed alla viabilità, soprattutto in corrispondenza della fascia costiera (Margine Rosso, Foxi, S'Oru e Mari, Porticciolo, Sa Tiacca, S.Andrea, Flumini).

La metodologia della valutazione territoriale permette, quindi, di evidenziare come lo sviluppo urbanistico incontrollato del territorio e l'assenza di una pianificazione effettuata con criteri tecnico-scientifici oggettivi, possano essere fonte di gravi problemi socio-economici ed ambientali che le amministrazioni sono costrette ad affrontare e risolvere con gravi oneri economici.

### Bibliografia

- AA.VV. (1991) - Trasformazioni d'uso del suolo agricolo (a cura di Ugo Maggioli). Progetto Finalizzato IPRA - CNR, Sottoprogetto Sistema Agricolo Forestale. Franco Angeli, Milano, 356.
- Aru A. (1983) Importanza dello studio dei suoli sulla pianificazione delle aree suburbane. In Sviluppo Agricolo, Anno 17, n/p 8-9.
- Aru A., Baldaccini P., Malquori A., Melis R.T., Vacca S. (1983) Il consumo delle terre a causa della espansione urbana del territorio intorno a Cagliari. P.F. Conservazione del Suolo, U.O. n/p 25, C.N.R., Pubbl. n/p 94, Cagliari.
- Bartelli L.J., Klingebiel A.A., Baiard J.V., Heddleson M.R. (1966) Soil Survey and Land Use Planning. Soil Science Soc. America and America Soc. Agronomy.
- Beek J., Bennema J. (1972) Land evaluation for agricultural land use planning, an ecological methodology. Land bouw Hogeschool, Wageningen.
- F.A.O. (1976) A framework for land evaluation. Soil Bulletin n/p 32, F.A.O., Roma.
- Fantola F., Lai M.R. (1994) - Il contributo della geopedologia nella pianificazione territoriale il Piano Urbanistico del comune di Quartu S.Elena (Sardegna meridionale). Atti dell'VIII Congresso Nazionale dell'Ordine dei Geologi. Roma, 21-23 Gennaio 1994. (in corso di stampa).
- Pecorini G., Cherchi A. (1969) - Ricerche biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). Mem. Soc. Geol. It., 8, 421-451 .
- U.S. SOIL SURVEY STAFF (1981) Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for marking and interpreting soil survey. U.S.D.A. Edizione italiana a cura di C. Giovagnotti. Edagricole, Bologna.





**LO STUDIO GEOPEDOLOGICO  
NELLA PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI DI  
DIFESA DEL SUOLO E DI MITIGAZIONE DELLA  
DESERTIFICAZIONE. SALVAGUARDIA DELLA  
RISORSA PEDOLOGICA NEL QUADRO DELLA  
LEGGE N. 183/89: IL BACINO  
DEL RIO SANTA LUCIA DI CAPOTERRA**

**M. R. Lai, geologo ERSAT, Cagliari**

**S. Loddo, geologo libero professionista, Cagliari**

**R. Puddu, geologo libero professionista, Assemini**

**G. Serra, laureando in Scienze Forestali, Torino**

**Coordinatore: Prof. A. ARU, Dipartim. Scienze della Terra,  
Cagliari**

La Legge n. 183/89 (Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo) individua nel bacino idrografico "l'ecosistema unitario" di base su cui attuare tutti gli interventi, il piano di bacino pertanto dovrà svolgere il ruolo di un vero e proprio piano territoriale sovraordinato rispetto alla pianificazione di settore. In base alla legislazione il piano di bacino assume al ruolo di fondamentale strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo in vista della pianificazione razionale delle azioni, delle norme d'uso e delle opere necessarie al ripristino o al mantenimento degli equilibri naturali delle risorse. La redazione del piano di bacino deve essere necessariamente improntata ad una organizzazione multidisciplinare ed interdisciplinare abbracciando una molteplicità di indagini di tipo fisico-ambientale e socio-economico.

La sua articolazione può essere riassunta in tre fasi fondamentali:

1. Stato delle conoscenze aggiornato delle caratteristiche fisiche del territorio, delle utilizzazioni antropiche, dei vincoli d'uso, attraverso la realizzazione di banche dati e di cartografia tematica.
2. Individuazione e caratterizzazione degli squilibri ambientali: rischio idrogeologico ed ambientale, alterazione della qualità degli ecosistemi (flora e fauna), insufficienze nella disponibilità quali-quantitativa delle risorse, sovrasfruttamento delle risorse disponibili, inquinamento delle acque e del suolo, incongruenza delle opere esistenti rispetto agli obiettivi da raggiungere.
3. Azioni propositive coordinate, rivolte alla difesa e valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione delle acque e di tutte le risorse ambientali presenti.

In questo ambito si può inserire lo studio realizzato nel bacino idrografico del Rio S. Lucia di Capoterra. Tale studio è nato all'interno del Progetto MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use) promosso dalla Comunità Europea con lo scopo di individuare i rapporti esistenti tra sistemi ecologici e pedologici nelle aree dell'Europa mediterranea interessate da processi di desertificazione, allo scopo di intervenire con adeguate strategie per la conservazione e la difesa del suolo. Lo studio ha infatti comportato un'indagine di base dei caratteri litologici, morfologici, climatici, pedologici, vegetazionali, di utilizzo del suolo e dei vincoli d'uso. Da tale analisi sono emersi i principali

elementi di rischio e di squilibrio ambientale presenti sul territorio, sia nel bacino montano che in quello pedemontano e costiero.

### **Stato delle conoscenze**

La cartografia presentata illustra alcuni degli aspetti studiati. L'area dell'intero bacino idrografico è di circa 110 kmq, i suoi limiti orografici sono chiaramente individuabili nel settore montano, mentre si incontra qualche difficoltà nella definizione dello spartiacque superficiale nella zona della piana, in cui la topografia estremamente livellata non permette una delimitazione chiara ed univoca verso la foce, essendo presenti anche diverse aree paludose.

Dal punto di vista litologico il bacino montano si contrappone totalmente a quello costiero, il primo essendo costituito da metamorfiti e graniti paleozoici, generalmente da poco a mediamente permeabili per fessurazione, contraddistinti da una notevole energia del rilievo; il secondo costituito da depositi ciottoloso-sabbiosi ed argillosi quaternari, da poco ad altamente permeabili per porosità e con una morfologia estremamente livellata.

Questa suddivisione nei due ecosistemi principali si riflette anche sulla vegetazione e sulle utilizzazioni antropiche passate e presenti. Il bacino montano, da sempre caratterizzato da imponenti complessi forestali ha subito, soprattutto nella seconda metà di questo secolo, un uso indiscriminato con il taglio del legname e l'incendio, frequentemente utilizzato nelle aree pedemontane per favorire il pascolo del bestiame, con il sovrapascolamento in certi areali, con la caccia ed il bracconaggio. Solo recentemente (anni '80) l'acquisizione di gran parte del bacino montano da parte dell'Azienda Foreste Demaniali e del WWF, che gestiscono rispettivamente la valle del Rio Gutturu Mannu con l'omonima Foresta e la valle del Rio Gutturreddu con l'oasi di Monte Arcosu, ha contribuito ad una significativa mitigazione di alcuni tipi di impatto. La loro gestione riguarda essenzialmente tagli colturali appropriati, con la conversione da ceduo a fustaia in alcune zone, la protezione ed il ripopolamento di specie faunistiche in via di estinzione (cervi, daini, avvoltoi), la creazione di aree fruibili dal punto di vista turistico ricreativo. Il bacino costiero, da sempre a forte vocazione ed utilizzazione agricola (vigneti, frutteti, seminativi, oliveti) ha vissuto un sostanziale aumento produttivo inizialmente grazie alle opere di bonifica e di trasformazione agraria del settore della "Tuerra di Capoterra" (conclusasi negli anni '70) quindi con la diffusione delle colture serricole avvenuta negli ultimi 30 anni.

Dal punto di vista pedologico lo studio ha messo in evidenza come nel bacino montano a causa sia della storia geologico-tettonica, della morfologia che dell'uso passato delle aree forestali, i suoli presenti siano poco evoluti e spesso troncati dall'erosione sia areale che incanalata (Inceptisuoli ed Entisuoli), l'elevata pendenza, l'alta pietrosità e rocciosità, la scarsa profondità, l'acidità e la desaturazione ne limitano fortemente i caratteri fondamentali. Solo localmente la presenza di depositi ciottolosi, la morfologia più dolce e la presenza di una fitta copertura vegetale che li stabilizza, permettono la formazione di suoli più profondi ed evoluti (Alfisuoli ed Inceptisuoli). Il settore pianeggiante mostra nei caratteri pedologici l'influenza dei depositi sedimentari quaternari: sulle alluvioni e sui glaciais più antichi incontriamo infatti suoli evoluti (Alfisuoli), contraddistinti comunque da notevoli limitazioni d'uso per l'alta percentuale di scheletro, le difficoltà di drenaggio, l'elevata compattazione; sui depositi più recenti i suoli sono meno evoluti (Inceptisuoli ed Entisuoli) ma sempre contraddistinti da diverse limitazioni (pietrosità, scheletro, tessitura, elementi nutritivi).

## Squilibri osservati

L'analisi realizzata ha permesso di mettere in evidenza alcuni problemi che dovranno essere affrontati durante la realizzazione del piano di bacino. Alcuni di questi vengono di seguito schematizzati.

**Clima:** L'analisi delle serie storiche dei dati climatici e soprattutto lo studio delle variazioni intervenute negli ultimi anni, mostrano una tendenza sempre più evidente verso un'evoluzione in senso "caldo", ossia con estati sempre più lunghe ed aride ed inverni più brevi e meno piovosi del passato, in conseguenza di un aumento del verificarsi di condizioni anticicloniche in tutto il Mediterraneo occidentale. Le precipitazioni, inoltre, si manifestano con episodi intensi e concentrati in pochi giorni, a volte poche ore, subito dopo il periodo arido estivo, con uno scarso sviluppo della copertura vegetale (particolarmente nelle aree coltivate). L'effetto derivante è quindi un'accentuazione dei processi di degrado e di asportazione del suolo e quindi uno squilibrio nei processi pedogenetici.

**Geomorfologia:** i processi geomorfici legati alla dinamica dei versanti e a quella fluvio-torrentizia, indicano un'accentuata tendenza all'erosione dei versanti più acclivi, soprattutto in quelle condizioni di degrado della vegetazione assai frequenti nel settore pedemontano. Particolarmente significativa la notevole capacità di trasporto solido dei due rii Gutturu Mannu e Gutturreddu, testimoniata dal materiale trasportato in occasione degli eventi pluviometrici più intensi e chiaramente evidenziabile dall'interrimento della traversa dell'EAF a Tanca su Para.

**Idrogeologia:** le mutazioni climatiche insieme con lo sfruttamento dell'acqua a monte e a valle, attuato con prelievi non pianificati e controllati, causano nei periodi di maggior siccità grossi problemi di salinizzazione delle falde freatiche. L'ingressione delle acque marine salmastre è un fenomeno assai comune che pregiudica l'utilizzazione dei pozzi costieri prossimi agli stagni, con gravi danni per l'attività agricola e zootecnica e per gli usi potabili (acquedotti delle lottizzazioni costiere). Anche i lavori di sistemazione dell'alveo del Rio S.Lucia si inquadrano in una utilizzazione non correttamente pianificata della risorsa acqua: infatti sono stati realizzati imponenti lavori di arginatura e di modifica del profilo di equilibrio del rio, nel tratto vallivo senza la minima opera di regimazione delle acque e di difesa dei versanti dall'erosione in tutto il bacino montano.

**Pedologia:** i suoli, come già detto, subiscono nel settore montano uno squilibrio per effetto delle condizioni climatiche in via di lenta modificazione, che ne accentuano la scarsa resistenza all'erosione e la possibilità di un'evoluzione verso forme più evolute e stabili. Nella parte di pianura subiscono aggressioni di tipo antropico, sia con consumi diffusi ed irreversibili (cave, urbanizzazione, industrializzazione, infrastrutture viarie e reti di servizi), sia con inquinamenti localizzati (discariche abusive, uso di prodotti chimici, smaltimento di liquami, salinizzazione).

**Vegetazione:** la copertura forestale nella zona montana, costituita prevalentemente da cedui matricinati di leccio e macchie di degradazione della lecceta (a carattere più o meno termofilo in funzione della quota), mostra un evidente squilibrio rispetto alla situazione climax (altofusto di leccio). Sui suoli più acidi derivati dai graniti sono inoltre presenti estese sugherete, pure o miste a leccio, in cui la rinnovazione è stata a lungo impedita dal sovrapascolamento. Prove sperimentali particellari hanno dimostrato come la possibilità di rigenerazione spontanea sia legata alla riduzione e, soprattutto, all'abbandono del pascolo caprino e suino. Le zone pedemontane vengono percorse periodicamente da incendi di origine dolosa ed in alcuni casi le medesime aree sono state rimboschite con essenze "a rapido accrescimento" (eucalitto e conifere) che, per le particolari condizioni pedoclimatiche, presentano incrementi legnosi spesso non superiori ai 5 mc/ha/anno.

## Azioni propositive

Le tipologie di intervento da adottare per la difesa del suolo e delle acque possono essere riassunte nei seguenti punti fondamentali:

- Piani di assestamento forestale con particolare attenzione alla necessità di conservazione del suolo e delle lettiere.
- Infittimento della vegetazione nelle aree degradate da incendi e/o dai tagli irrazionali.
- Utilizzo esclusivamente di specie autoctone ed esclusione della diffusione di specie esotiche a scopi forestali.
- Razionalizzazione del pascolamento attraverso una valutazione tra produttività dei pascoli e carichi di bestiame.
- Stabilizzazione delle discariche minerarie (zona della Miniera di S. Leone)
- Predisposizione del bilancio idrogeologico dell'intero bacino: pianificazione delle captazioni superficiali e degli emungimenti sotterranei in funzione della capacità di ricarica della falda, al fine di evitare i fenomeni di salinizzazione costiera.
- Razionalizzazione dell'urbanizzazione con una pianificazione che destini alle aree urbane ed alle infrastrutture i suoli più evoluti (Ultic Palexeralfs).
- Pianificazione degli usi agricoli con la preservazione per tali scopi dei suoli meno evoluti (Entisuoli ed Inceptisuoli).
- Eliminazione delle cave in alveo e nella piana.
- Promozione e divulgazione dell'uso di sistemi finalizzati al risparmio dell'acqua in agricoltura (irrigazione a goccia) e al riciclo delle acque reflue depurate.

## Bibliografia

- Aru A., Baldaccini P., Vacca A. (1991): Nota illustrativa alla Carta dei Suoli della Sardegna. R.A.S. Ass. Prog. - Univ. degli Studi di Cagliari, Dipart. Scienze della Terra, Cagliari.
- Barca S., Coccozza T., Leone F. (1986) - Il Paleozoico dell'area di San Leone: nuovi dati stratigrafico-strutturali (Sulcis, Sardegna SW). Boll. Soc. Geol. It., 105, 21-26.
- Ferrari G., Zanchi C. (1979) - La desertificazione, un fenomeno sempre più vasto ed intenso. L'Italia Agricola, Anno 16, 2: 117-133.
- Lai M.R., Loddo S., Puddu R., Aru A., Baldaccini P. (1994) - Geological, soil and environmental survey in the Rio Santa Lucia catchment. Proceedings of the MEDALUS - MEditerranean Desertification And Land USE, Conference held in Sassari, Italy, 25 May 1994.
- Puddu R., Lai M.R. (1994) - Quarrying activities in the Rio Santa Lucia catchment basin (Southern Sardinia, Italy). Proceedings of the MEDALUS - MEditerranean Desertification And Land USE, Conference held in Sassari, Italy, 25 May 1994.
- Leone F., Hamman W., Laske R., Serpagli E., Villas E. (1990) - Lithostratigrafic of the Silurian and early Devonian of the southest Sardinia. Boll. Soc. Paleont. Ital., 30 (2), 201-235.
- Pala A. (1983) - Studio geoidrologico della Piana di Capoterra (Sardegna meridionale). Rendic. Semin. Fac. di Scienze Univ. di Cagliari, 53(2), 171-196.
- Seuffert O. (1970) - Die reliefentwicklung der grabenregion sardiniens (L'evoluzione del rilievo nel Campidano e nel bacino del Cixerri). Wurzburgher Geograph., Arb., vol. 24.
- U.S. Soil Survey Staff (1981): Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for marking and interpreting soil survey. U.S.D.A. Edizione italiana a cura di C. Giovagnotti. Edagricole, Bologna.

## LA CARTOGRAFIA DEL SUOLO A VARIA SCALA APPLICATA ALLA ZONAZIONE VITICOLA

**R. Minelli, ERSAL, Ente Region. di Sviluppo Agricolo della Lombardia, Ufficio del Suolo, Segrate (MI)**

**C.A. Panont, Istituto di Coltivazioni Arboree, Università di Milano**

**R. Rasio, ERSAL, Ente Region. di Sviluppo Agricolo della Lombardia, Ufficio del Suolo, Segrate (MI)**

Con l'entrata in vigore della legge sulle denominazioni di origine (legge n.164/1992), la qualità dei vini viene innanzitutto riferita ad una origine geografica determinata; ciò ha amplificato l'esigenza di monitorare il territorio ai fini della pianificazione e della gestione delle aree viticole di pregio. Questo tipo di analisi va sotto il nome di zonazione viticola; si tratta di una lettura in termini pluridisciplinari del territorio il cui obiettivo è quello di valutare e caratterizzare la catena **ambiente-vite-uva-qualità del vino** attraverso lo studio dell'interazione *genotipo con ambiente*. L'indagine pedologica rappresenta la prima fase operativa dello studio di zonazione.

In funzione di esigenze diverse la scala d'indagine può variare da semidettagliata a molto dettagliata; tuttavia ai fini dell'inquadrimento di grandi ambiti possono essere prodotti documenti a scala schematica o di riconoscimento.

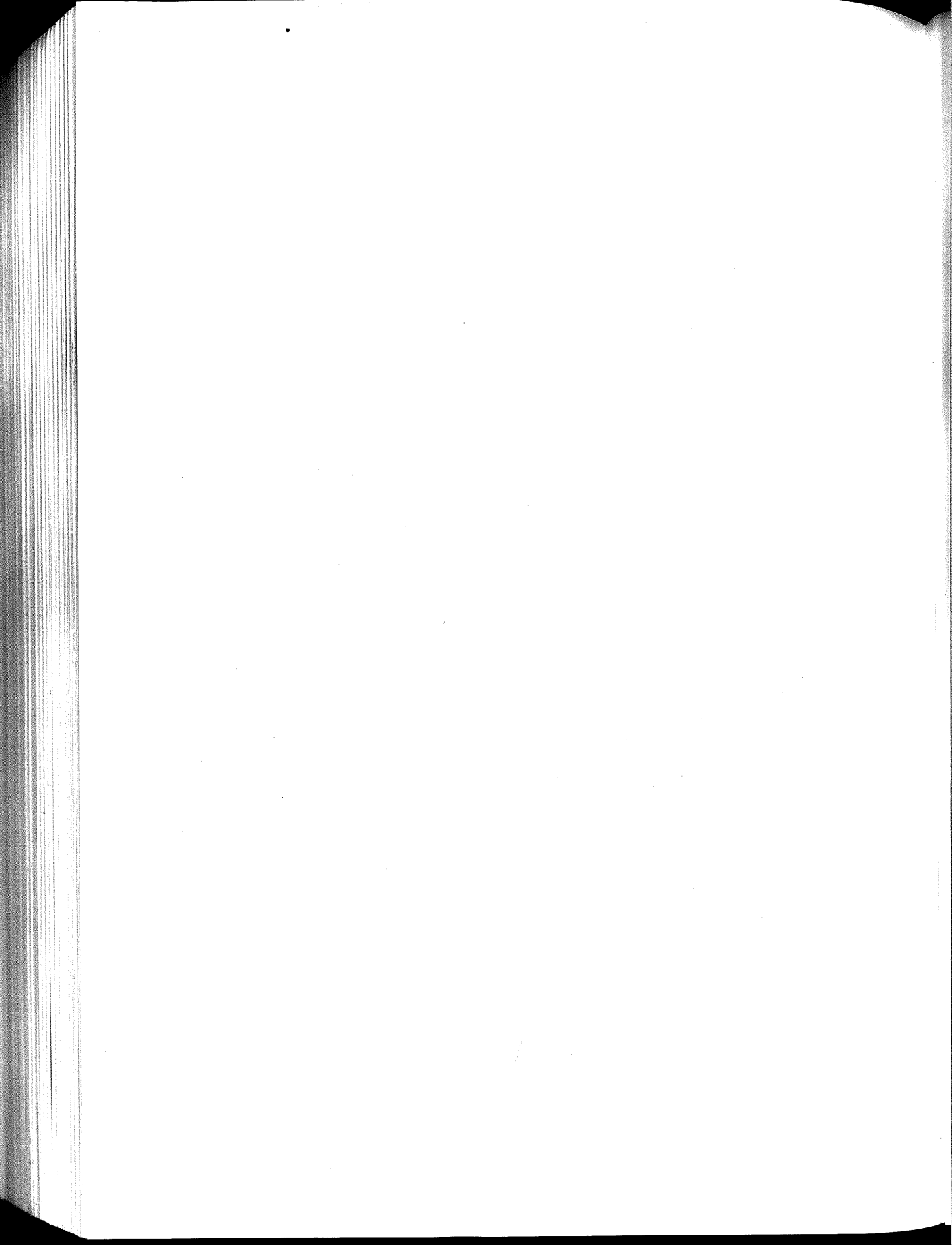
L'analisi alle diverse scale disponibili del territorio della Regione Lombardia e più in dettaglio della Franciacorta ha consentito di individuare le chiavi di lettura caratteristiche per ogni singolo livello di approfondimento.

Considerando il caso della Lombardia, si può osservare come la cartografia schematica (scala 1:500.000) consenta una prima caratterizzazione delle aree viticole D.O.C.. Le D.O.C. infatti hanno delineazioni in scala con il documento: possono coincidere con la singola delineazione (es. San Colombano), oppure essere suddivisioni di singole delineazioni (es. Morenico del Garda Bresciano, Morenico Mantovano), o ancora essere aree descritte da più delineazioni (es. Oltrepo pavese, Franciacorta).

La cartografia di riconoscimento (scala 1:250.000, 1:100.000) permette, attraverso la sintesi dei caratteri pedopaesaggistici (Unità di Paesaggio) ed agronomici, una prima differenziazione e delimitazione delle grandi unità caratterizzanti un'area di D.O.C.

La cartografia di semidettaglio (scala 1:25.000, 1:50.000), comunemente utilizzata per le indagini di zonazione viticola consortile (Consorzio Vini Franciacorta, zonazioni D.O.C. trentine), è quella che meglio descrive la sequenza **paesaggio-pedotipo-vitigno-vino**, ed è la scala di lavoro per la pianificazione della gestione di un'area D.O.C. in riferimento alle suddivisioni in sottozone e loro ripartizioni previste dalla legge 164/92.

Con scale di grande dettaglio (1:5.000, 1:2.000) si analizza la sequenza **paesaggio-pedotipo-vitigno-vino-vigna** arrivando così a definire quest'ultima unità (la vigna) direttamente utilizzabile in termini di gestione aziendale, e caratterizzata dal proprio prodotto.



# TECNICHE NON INVASIVE A LUCE LASER NELLO STUDIO DELLE ALTERAZIONI SUPERFICIALI DEI TERRENI

**R. Pini, Istituto per la Chimica del Terreno, CNR, Pisa**  
**G. Pardini, Istituto per la Chimica del Terreno, CNR, Pisa**  
**A. Barbini, Istituto di Fisica Atomica e Molecolare, CNR, Pisa**  
**M. Raffaelli, Istituto per la Chimica del Terreno, CNR, Pisa**  
**G. Vigna Guidi, Istituto per la Chimica del Terreno, CNR, Pisa**

## Riassunto

Lo studio qualitativo e quantitativo della rugosità superficiale è strettamente legato a tutti quei fenomeni che avvengono nel terreno e sono influenzati da alterazioni, anche piccole, della struttura superficiale e della microtopografia del terreno stesso.

Vengono sommariamente descritti due strumenti per la misurazione della rugosità a scale diverse e utilizzabili l'uno per prove di laboratorio e l'altro per rilievi in campo. Viene altresì presentato un esempio di utilizzazione di tali strumenti nello studio dei processi di alterazione fisica di rocce argillose in zone montane nelle quali sono attivi intensi fenomeni erosivi.

## Rugosità del terreno: significato pedologico e agronomico

La superficie del terreno è caratterizzata da rilievi e depressioni, che vanno da pochi millimetri a qualche decina di centimetri e che nel loro insieme possono essere definiti come rugosità superficiale. Tale rugosità è in continuo divenire a motivo di agenti naturali (temperatura, umidità, precipitazioni, vegetazione) e/o in seguito all'intervento diretto dell'uomo (pratiche agricole) (Zobeck and Onstad, 1987). D'altro canto la rugosità superficiale influenza profondamente l'infiltrazione, il ristagno d'acqua nelle depressioni del terreno e l'evaporazione (Moore et al., 1980). Essa gioca altresì un ruolo fondamentale nei processi di erosione dovuta allo scorrimento superficiale o al vento (Foster et al., 1984). Una misurazione obiettiva della rugosità del terreno può perciò essere di aiuto sia nello studio delle alterazioni superficiali di terreni naturali che nella valutazione dell'efficacia e correttezza delle pratiche agricole.

## Sistemi di misura della rugosità del terreno

I sistemi di misura utilizzati in passato si sono spesso caratterizzati per scarsa attendibilità (Podmore and Huggins, 1981), insoddisfacente precisione o costi elevati e difficoltà di gestione (Harral and Cove, 1982; Welch et al., 1984). L'avvento di sistemi ottico-elettronici che utilizzano la luce laser ha ovviato a molti di questi problemi (Bertuzzi et al., 1990; Pini et al., 1991; Huang and Bradford, 1992); essi sono infatti:

- *non invasivi*: non entrano in contatto con la superficie di misura e non ne provocano alterazioni indesiderate; è così possibile eseguire le misure prima e dopo eventuali trattamenti sui materiali esaminati;
- *veloci*: l'acquisizione dei dati richiede pochi minuti e consente quindi un numero elevato di misure;

- *semplici*: l'effettuazione delle misure non richiede personale altamente qualificato e i dati in uscita non richiedono particolari procedimenti di elaborazione, almeno per ciò che attiene la descrizione elementare del profilo superficiale.

### Un prototipo da laboratorio

Una versione da laboratorio di un tale sistema di rilevazione (Fig. 1) è stata realizzata in collaborazione tra l'ICT e l'IFAM del CNR di Pisa. Il sistema consiste di un trasduttore di distanza a luce laser e un sistema elettronico per l'acquisizione del segnale; il tutto è stato montato su un'intelaiatura metallica e munito di un'interfaccia che consente il controllo e l'elaborazione dei dati a un computer. La sorgente laser è traslata da un dispositivo meccanico ed effettua la scansione, per una lunghezza massima di 40 cm, di campioni fissati su un piano sottostante. I campioni possono essere spostati sul piano di appoggio perpendicolarmente al percorso della sorgente laser, consentendo così di ottenere una successione di misure su profili paralleli. La distanza del sensore dal piano di misura può variare da 60 a 140 mm; la risoluzione verticale è di 100  $\mu$ m e il passo di acquisizione è programmabile fino a 100 mm di spostamento del laser.

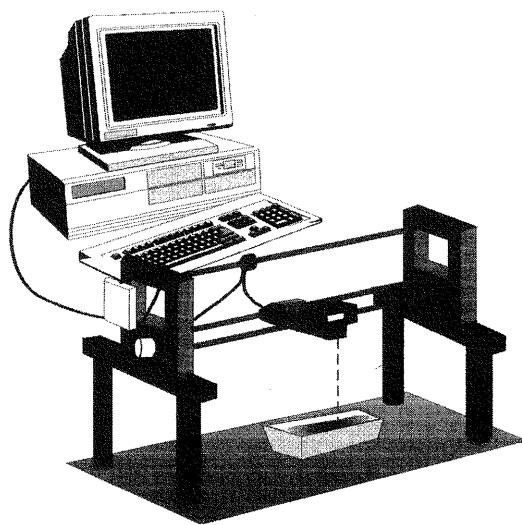


Fig. 1. Prototipo di *rugosimetro* da laboratorio

Tale strumento viene utilizzato con successo, tra l'altro, nello studio dei processi di alterazione fisica di rocce argillose in zone montane nelle quali sono attivi intensi fenomeni erosivi (Pardini et al., 1993; 1995). Campioni indisturbati e inalterati di tali materiali sono stati sottoposti a cicli di inumidimento-essiccamento e di gelo-disgelo e la loro rugosità superficiale è stata misurata dopo ogni fase dei vari cicli. L'analisi dei dati mostra che in una prima fase l'inumidimento e il congelamento inducono un rigonfiamento del materiale, provocando un innalzamento della superficie senza modificarne la microtopografia (fig. 2). Tale fenomeno è più marcato nei cicli di gelo che nei cicli di inumidimento. L'abbassamento della superficie durante i successivi essiccamento o disgelo non è mai completo e tende ad essere via via minore all'aumentare del numero dei cicli. In una fase successiva si verifica una alterazione della struttura superficiale dei campioni, simile a quella riscontrata in condizioni naturali.



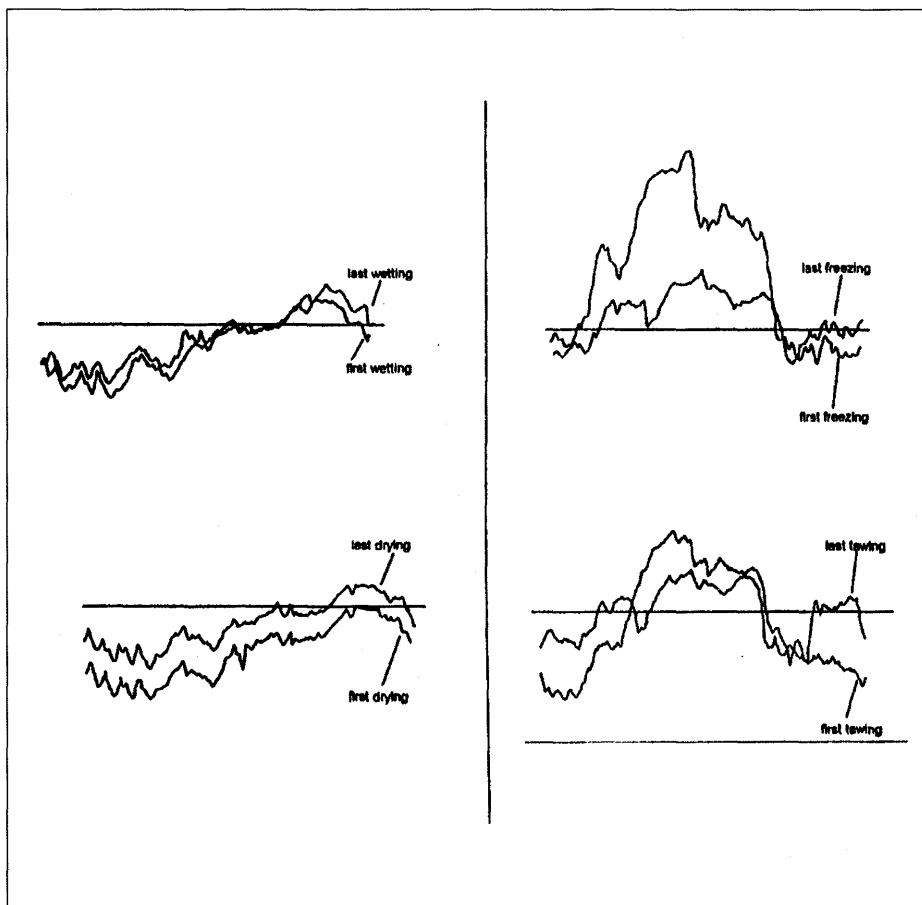


Fig. 2. Profili superficiali di terreni sottoposti a cicli inumidimento-essiccamento e gelo-disgelo

### Un prototipo da campo

Una versione da campo dello strumento utilizza un misuratore di distanza che funziona sul principio della misura del tempo di riflessione del raggio di luce emesso da una sorgente laser. In questo modo è possibile misurare la rugosità del terreno da una distanza variabile dai 10 cm ai 2 m, seppure pagando qualcosa in termini di risoluzione verticale, che non può essere inferiore a 1 mm. Il misuratore di distanza è agganciato ad un carrello che contiene il dispositivo elettronico di controllo e immagazzinamento dei dati; sul carrello è altresì alloggiato il motore che consente il suo spostamento lungo un binario di circa due metri. L'alimentazione del sistema è assicurata da una serie di batterie al piombo ricaricabili.

Tale strumento è attualmente in fase di collaudo e se ne prevede l'utilizzo nello studio delle pratiche agronomiche (lavorazioni, preparazione del letto di semina) in relazione al loro potenziale degradativo della struttura del terreno; un altro impiego previsto è quello nello studio di superfici esposte ad alto rischio degradativo ed erosivo.

## Bibliografia

- Bertuzzi P., J.M. Caussignac, P. Stengel, Morel G., Lorendeau J.Y and G Pelloux. 1990. An automated non contact laser profile meter for measuring soil roughness in situ. *Soil Sci.*, 149, 169-178.
- Foster G.R., Huggins L.F. and L.D. Meyer. 1984. A laboratory study of rill hydraulics. *Trans. ASAE*, 27, 797-804.
- Harral B.B. and C.A. Cove. 1982. Development of an optical displacement transducer for the measurement of soil surface profiles. *J. Agric. Eng. Res.*, 27, 421-429.
- Huang C. and J.M. Bradford. 1992. Applications of a laser scanner to quantify soil microtopography. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, 14-21.
- Moore I.D., Larson C.L. and D.C. Slack. 1980. Predicting infiltration and microrelief surface storage for cultivated soils. *Water Resour. Res. Center, Univ. of Minnesota, Bull.* 102.
- Pardini G., Pini R., Barbini A., Regués D., Plana F. and F. Gallart. 1995. Laser elevation measurements of a smectite-rich mudrock following freeze-tawing and wet-drying cycles. *Soil Tech.*, in corso di stampa.
- Pardini G., Gallart F., Regués D., Plana F., Pini R. and A. Barbini. 1993. Performance of a laser profiling technique to evaluate the response of a smectite-rich mudrock subjected to thermic-moisture cyclic changes. Symposium "Experimental Geomorphology and Landscape Ecosystems Changes", pp. 105-111, 22-26 March, Louven, Belgium.
- Pini R., Vigna Guidi G. e A. Barbini. 1991. Determinazione della rugosità superficiale del terreno con un sistema laser. *Atti IX Conv. Naz. SICA, Torino*, pp. 219-220.
- Podmore T.H. and L.F. Huggins. 1981. An automated profile meter for surface roughness measurements. *Trans. ASAE*, 24, 663-669.
- Welch R., Jordan T.R. and W.A. Thomas. 1984. A photogrammetric technique for measuring soil erosion. *J. Soil Water Conserv.*, 39, 191-194.
- Zobeck T.M. and C.A. Onstad. 1987. Tillage and rainfall effects on random roughness: a review. *Soil Till. Res.*, 9, 1-20.

# L'ESPANSIONE URBANISTICA NEL COMUNE DI VILLABATE (PALERMO)

**S. Raimondi, Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni  
Erbacee, Università di Palermo.**

## **Riassunto.**

L'indagine condotta nel territorio del comune di Villabate (PA) è stata diretta a precisare l'entità delle aree urbanizzate durante circa un trentennio (1968-1995).

Il risultato è rappresentato dalla "Carta della dinamica di sviluppo del territorio del comune di Villabate (PA)". L'area urbanizzata nel 1968 era estesa 42.12 ettari circa, pari all'11,0% della superficie totale; nel 1978 è passata a 76.81 ettari circa (incidenza del 20,1%). L'incremento è stato del 10% circa e si è mantenuto quasi costante nel periodo 1978-1995. Nel 1995 la superficie urbanizzata ammontava a circa 157.40 ettari, pari al 41,1%.

Il Piano Regolatore in vigore prevede un'area urbanizzata di 287.67 ettari, pari al 75,1%.

I suoli interessati dall'urbanizzazione sono i Typic Rhodoxeralfs e limitatamente gli Arent, che rappresentano i suoli a più alta "Potenzialità Agronomica" fra quelli presenti in zona.

## **Premessa**

Lo sviluppo delle aree urbane, industriali, artigianali, commerciali, di stoccaggio dei rifiuti solidi urbani e delle reti viarie, elettriche e idriche, in questi ultimi decenni ha interessato principalmente i suoli di più alto interesse agricolo provocando, spesso, perdite notevoli (per erosione, dissesti, rottura di equilibri naturali), generalmente espresse come: danni ingenti alle attività economiche, tragedie umane e "morte" di suoli (desertificazione).

Gli studi pedologici applicati (Fierotti G. et al., 1988, 1989; Poma I. et al., 1989; Raimondi S. et al. 1989, 1991a, 1991b, 1993), costituiscono un supporto necessario ed indispensabile per chiunque si interessa di sviluppo del territorio.

## **Scopi e metodologia adottata**

Durante lo studio pedologico del comune di Villabate (PA), condotto nel 1984 (Raimondi S. et al., 1989), è stata rilevata una notevole espansione urbanistica che è stata oggetto di ricerca.

Questo lavoro vuole quantizzare la superficie sottratta all'attività agricola dal 1968 al 1995 e quella che si presume uscirà dall'attività produttiva nel prossimo futuro.

Il lavoro ha avuto origine da una caratterizzazione ambientale ed è proseguito con la raccolta di fotoaeree, in bianco e nero e colore. Le prime sono state riprese nel 1968 e nel 1978 rispettivamente a scala 1:33.000 e 1:17.000; mentre quelle a colore riportano la data 1987 e sono al 10.000. La base cartografica utilizzata è un rilievo aerofotogrammetrico a scala 1:2.000. Successivamente, mediante fotointerpretazione (Amadesi S., 1977) ed escursioni di campagna sono stati elaborati una serie di documenti cartografici che riproducono l'evoluzione nel tempo dell'area urbanizzata.

L'interpretazione aerofotogrammetrica è stata determinante in quanto le proprietà agricole

sono delimitate da alte mura in conci di tufo, che ne ostacolano la visuale e l'accesso da terra.

Le superfici extra-agricole (del 1968, del 1978, del 1987, del 1995); quelle da urbanizzare secondo i Piani di Fabbricazione (1987) e Regolatore Generale oggi adottato, assieme all'uso agricolo attuale hanno permesso l'elaborazione della "Carta della dinamica di sviluppo del territorio del comune di Villabate (PA)", a scala 1:5.000.

Il nuovo Piano Regolatore Generale resterà in vigore fino all'anno 2007.

## L'ambiente

Il territorio di Villabate, compreso fra 19 e 250 m s.l.m., è esteso 383 ettari e ricade a sud-est di Palermo nella Conca d'Oro, ampia area pianeggiante bagnata a nord dal mar Tirreno e circoscritta dai monti di Palermo.

La storia di Villabate inizia (Abbate F., 1989) con la dominanza araba, ed attraverso quella spagnola arriva al '700 (secolo della formazione del primo nucleo abitativo), per giungere attraverso eventi politici, evoluzioni economiche, dinamica demografica e linguaggi artistici diversi, fino ai nostri giorni.

La Conca d'Oro fu abitata fin dai tempi remotissimi, grazie alla mitezza del clima ed alla fertilità del suolo (Abbate F., 1989).

Villabate significa Villa dell'Abate, in onore dell'abate Antonino Agnello (Abbate F., 1989). Il nucleo centrale cominciò a strutturarsi e svilupparsi quando gli eredi dell'Abate cedettero in enfiteusi i terreni ai contadini (1775).

Dall'inizio dell'800 l'aristocrazia palermitana è rimasta affascinata da questi luoghi per l'amenità della zona, conseguenza della salubrità dell'aria, degli agrumeti rigogliosi e delle vedute panoramiche della Conca d'Oro.

L'uso agricolo prevalente è l'agrumeto. Le specie presenti sono il mandarino (*Citrus reticulata* Blanco) con le due cultivar Avana e Tardivo di Ciaculli, ed il limone (*Citrus limon* Burm) con la cultivar Femminello comune. Il verde cupo dell'agrumeto associato al profumo della zagara (infiorescenza) primaverile ha caratterizzato la Conca d'Oro nel corso dei secoli.

Il clima, secondo il sistema di C. W. Thornthwaite, è da sub-umido a sub-arido (Raimondi S. et al., 1989).

Nell'ambito del territorio di Villabate la litologia è costituita da detriti di falda; da calcareniti organogene e da argille grige-azzurre, appartenenti al Quaternario; da dolomie e rocce calcaree dolomitizzate del Trias Superiore-Lias. Questi affioramenti litologici danno origine ad una ricca circolazione idrica sotterranea che alimenta falde di notevole portata, la cui acqua è utilizzata per scopi irrigui, potabili ed industriali.

I suoli descritti, analizzati, cartografati, classificati secondo la Soil Taxonomy dell'U.S.D.A. e riportati nella Tab. 1, si inseriscono fra i Lithic Xerorthents, i Vertic Xerochrepts, i Typic Rhodoxeralfs e gli Arents (Raimondi S. et al., 1989).

I Typic Rhodoxeralfs e gli Arents risultano molto estesi e accolgono floridi agrumeti in cui domina il mandarino.

I Lithic Xerorthents poggiano sulle dolomie di monte Cicerello, su superfici in forte o fortissimo pendio e spesso si presentano intercalati alla roccia affiorante. Il profilo è di tipo A-R, molto sottile, bruno rossastro scuro (5YR 3/3), la tessitura è franco-argilloso-sabbiosa e l'aggregazione grumosa fine e molto fine. La reazione è sub-alcalina; i carbonati sono assenti. La dotazione in elementi nutritivi è media. Secondo il sistema di valutazione del territorio denominato "Potenzialità dei Suoli" (Fierotti G. et al., 1989), si inseriscono nelle classi a "Potenzialità Bassa" e "Molto Bassa" (4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> classe). Nel 1984 risultavano estesi 27.20 ettari circa (7,1%) ed erano utilizzati a pascolo.

I Vertic Xerochrepts gravano sulle argille grigio-azzurre, su superfici pianeggianti e

<i>Soil Taxonomy</i>	<i>Estensione (ha)</i>	<i>Incidenza (%)</i>	<i>Uso del suolo</i>
Lithic Xerorthents	27.20	7,1	Pascolo
Vertic Xerochrepts	3.00	0,8	Orto
Typic Rhodoxeralfs	194.00	50,7	Agrumeto
Arents	38.00	9,9	Agrumeto
Totale S.A.U.	262.20	68,5	
Roccia affiorante	9.80	2,6	
Superficie urbanizzata	111.00	29,0	
Superficie totale	383.00	100,0	

*Tab. 1. Estensione, incidenza percentuale e utilizzazione dei tipi pedologici nel 1984.*

durante il periodo asciutto manifestano delle crepacciature. Il profilo è di tipo A-Bw-C. Sono molto profondi, di colore bruno oliva (2,5Y 4/4), con struttura poliedrica e prismatica. La tessitura è franco-argilloso-sabbiosa ed argillosa in profondità, la reazione è subalcalina; i carbonati sono eccessivi. La dotazione in elementi nutritivi è medio-bassa. La loro Potenzialità Agronomica è discreta (3<sup>a</sup> classe). Nel 1984 risultavano estesi 3.00 ettari circa (0,8%) ed erano utilizzati ad orto.

I Typic Rhodoxeralfs evolvono sulle calcareniti, sono pianeggianti o sub-pianeggianti, a profilo Ap-Bt-C, profondi o molto profondi, di colore bruno rossastro scuro (5YR 2,5/2) in superficie e rosso scuro (2,5YR 3/6) in profondità, a tessitura franco-argilloso-sabbiosa con una percentuale di argilla che aumenta con la profondità. L'aggregazione grumosa e poliedrica subangolare in superficie passa ad angolare e prismatica in profondità. La reazione generalmente subalcalina scende a neutra nell'orizzonte sottosuperficiale. Risultano discretamente dotati in elementi nutritivi. Gestiti in irriguo costituiscono i migliori suoli per l'attività agricola intensiva, tanto che secondo il sistema "Potenzialità dei Suoli" si inseriscono nella 1<sup>a</sup> classe definita a "Potenzialità Agronomica Elevata". Nel 1984 la loro superficie ammontava a 194.00 ettari circa, pari al 50,7% della superficie totale.

Gli Arents (suoli costruiti dall'uomo per mezzo di terrazzamenti) sono mediamente profondi o poco profondi, su un pendio che oscilla da lieve a forte, con superficie spezzettata in tanti ripiani ampi da pochi metri a otto-dieci metri. Hanno un profilo di tipo Ap-C, risultano argillosi, con struttura poliedrica subangolare, e reazione subalcalina, con una buona dotazione di elementi nutritivi.

Nel complesso hanno caratteristiche tali da essere inseriti nella 3<sup>a</sup> classe di Potenzialità definita a "Potenzialità Agronomica Discreta". Vi vegetano, in alcuni casi accettabili agrumi, mentre in altre aree permettono la produzione di ottimi mandarini tardivi. La loro superficie nel 1984 ammontava a 38.00 ettari circa, pari al 9,9% della superficie totale.

Gli affioramenti rocciosi occupavano 9.80 ettari circa (2,6%).

Le colture, prima della gestione in irriguo dei suoli, erano l'olivo e la vite (Abbate F., 1989).

## **Risultati**

L'uso della fotointerpretazione come mezzo di indagine territoriale e di analisi temporale ha permesso di quantizzare e di definire l'evoluzione delle aree sottratte all'attività agricola nel tempo.

Il centro abitato di Villabate ricade sulle calcareniti e si presenta ad andamento nord-ovest sud-est, adiacente alla Strada Statale n.121 "Catanese". Lo sviluppo del centro abitato si è

verificato a nord e a sud della nazionale. La carta elaborata permette di radiografare l'urbanizzazione verificatasi dopo il 1968 fino al 1995 e quella che si avrà nel prossimo futuro.

La ricerca ha messo in evidenza che dal 1968 in poi il consumo delle terre di Villabate ha avuto una notevole crescita (Tab. 2).

Nel 1968 l'area urbana occupava 42.12 ettari ed aveva un'incidenza dell'11,0% sulla superficie totale. Si presentava ubicata prevalentemente lungo la nazionale.

Nel 1978 la superficie è quasi raddoppiata, raggiungendo i 76.81 ettari (20,1%). Lo sviluppo è stato oasistico ed adiacente all'area precedente. Una notevole incidenza ha avuto lo sviluppo della rete viaria (Scorrimento veloce Palermo-Agrigento, autostrada e svincolo autostradale).

Dieci anni dopo, 1987, l'urbanizzazione raggiungeva i 122.40 ettari con una incidenza del 32,0% sulla superficie totale. Le nuove aree sono distribuite in tutto il territorio.

Il Piano di Fabbricazione in vigore nel 1987 prevedeva l'antropizzazione di aree adiacenti a quelle già realizzate o nelle immediate vicinanze delle principali vie di comunicazione (per Palermo, per Misilmeri e per Ficcarazzi). La superficie urbanizzata, a piano realizzato, doveva ammontare a 217.08 ettari circa, pari al 56,7% della superficie totale.

Il Piano Regolatore Generale, redatto nel 1992 ed attualmente in uso prevede che nel 2007 la superficie urbanizzata raggiungerà i 287.67 ettari circa ed avrà un'incidenza del 75,1% sulla superficie totale. Il verde agricolo occuperà 95.33 ettari (24,9%) e sarà concentrato prevalentemente nella fascia meridionale montana, mentre piccole aree si riscontoreranno in altre zone.

In data 10/04/1995, da un'ulteriore rilevazione, è scaturito che le aree urbanizzate, le aree espropriate e le aree in via di lottizzazione ammontavano a 157.40 ettari circa pari al 41,1% della superficie totale.

La superficie antropizzata ha registrato un incremento medio annuo che oscilla fra i 3.47 ettari, periodo 1968-1978, ed i 5.07 ettari, periodo 1978-1987. L'ultimo periodo (1987-1995) con un incremento di 4.48 ettari si inserisce nel mezzo. A Piano Regolatore Generale realizzato l'area urbanizzata avrà un incremento, rispetto al 1968, di 245.55 ha.

Analizzando l'uso attuale del suolo ed il Verde Agricolo del Piano (Tab. 3) si evince che gli agrumeti nel 2007 si estenderanno 60.00 ettari circa (15,7%), di cui 40.00 ettari ricadranno sui Typic Rhodoxeralfs e 20.00 ettari sugli Arents. Il pascolo subirà una diminu-

<i>Area urbanizzata o da urbanizzare</i>	<i>Estensione (ha)</i>	<i>Incidenza (%)</i>	<i>Incremento (ha) (ha/anno)</i>	
Area urbanizzata nel 1968	42.12	11,0		
Area urbanizzata nel 1978	76.81	20,1	34.69	3.47
Area urbanizzata nel 1987	122.40	32,0	45.59	5.07
Area da urbanizzare secondo il Piano di Fabbricazione del 1987	217.08	56,7	94.68	
Area da urbanizzare secondo il Piano Rego- latore Generale in uso e valido fino al 2007	287.67	75,1	70.59	
Area totale che si prevede di sottrarre all'attività agricola nel 2007 rispetto al 1968			245.55	
Verde agricolo previsto nel 2007	95.33	24,9		
Area urbanizzata al 10/04/1995	157.40	41,1	35.86	4.48

Tab. 2. Estensione, incidenza percentuale ed incremento dell'urbanizzazione nel tempo.

zione di 3.00 ettari, mentre l'orto si dimezzerà (da 3.00 a 1.33 ettari) e la superficie della roccia affiorante rimarrà inalterata. L'agrumeto sui Typic Rhodoxeralfs sarà quello che si ridurrà notevolmente, passando dai 194.00 ettari del 1984 ai 40.00 ettari del 2007. L'urbanizzazione cancellerà, per sempre, prevalentemente i suoli a Potenzialità Agronomica Elevata e questa porzione di Conca d'Oro, che tanta ricchezza ha prodotto in passato, contribuirà ad incrementare la "conca di cemento" creata dalla limitrofa città di Palermo.

<i>Destinazione</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Incidenza (%)</i>
Agrumeti	60.00	15,7
Orti	1.33	0,3
Pascoli	24.20	6,3
Totale S.A.U.	85.53	22,3
Roccia affiorante	9.80	2,6
Totale verde agricolo	95.33	24,9
Aree urbanizzate previste nel 2007	287.67	75,1
Superficie totale	383.00	100,0

*Tab. 3. Suddivisione della superficie comunale di Villabate alla scadenza dell'attuale Piano Regolatore Generale (2007).*

### **Conclusioni**

Negli anni cinquanta e sessanta si è verificato l'esodo di una notevole massa di lavoratori dalla provincia verso la città di Palermo ove hanno occupato, prevalentemente, posti nel settore della Pubblica Amministrazione e nelle attività del terziario.

La ripercussione immediata si è avuta sulla domanda di case ed ha determinato la lievitazione dei prezzi e l'incremento dell'attività edilizia residenziale. Successivamente negli anni settanta ed ottanta, molti hanno scelto di trasferire la loro residenza o abitazione nei "giardini" e nelle zone agricole periferiche o nei comuni satelliti (Cinisi, Carini, Monreale, Altofonte, Ficcarazzi, Villabate, Bagheria), in cerca di una migliore "qualità della vita" e, soprattutto, di abitazioni a costi inferiori.

L'influenza sull'urbanizzazione nel comune di Villabate è stata sensibile.

La popolazione del comune di Villabate, stimata in 9.000 unità nel 1968, è passata a 14.152 unità nel 1987 e a 16.707 unità all'inizio del 1995. A quest'ultima data si presume che altri 2.000 unità vi hanno solo il domicilio o sono pendolari. Si stima che più del 50% della popolazione risulta occupata a Palermo.

La notevole crescita demografica è anche effetto della fiorente economia creata dalla coltura e dalla commercializzazione degli agrumi.

Secondo il Piano Regolatore Generale, nel 2007 la popolazione sarà di 22.400 persone.

Anche in questo comune, la domanda crescente di case ha alimentato l'edilizia residenziale.

La nuova urbanizzazione, probabilmente, influenzerà negativamente l'assetto del paesaggio ed il grado di recettività della zona. Il giudizio molto diffuso a Villabate è che il centro abitato resterà chiuso da una cementificazione diffusa che bloccherà i venti locali. La brezza di mare non arriverà più nel centro abitato ed il profumo della zagara sarà notevolmente ridotto. Conseguentemente, durante l'estate si registreranno temperature più elevate delle attuali.

In questo territorio la coltura degli agrumi ha una importante funzione paesaggistica (come in tutta la Conca d'Oro) e quindi dovrebbe essere tutelata e protetta mediante aiuti alla coltivazione.

Il consumo di suoli agricoli è dovuto sia all' "edilizia-abitativa", sia al settore secondario e terziario (aree industriali, commerciali, artigianali, viabilità).

Da una analisi è emerso che i processi di trasformazione, del suolo da agricolo ad extra-agricolo, si sono verificati prevalentemente all'interno delle maglie della Pianificazione Urbanistica Comunale ed in progressione lineare con il numero degli abitanti.

Purtroppo la Pianificazione Urbanistica non svolge un efficace ruolo sulla scelta delle aree, in quanto tutela le colture specializzate, irrigue, gli impianti fissi, le falde idriche, il paesaggio (calanchi, fiumi, laghi, aree boscate) e non considera adeguatamente il suolo. Manca, infatti, una chiara legislazione relativa alla conservazione della "risorsa suolo", poichè non è previsto uno studio analitico concernente la natura dei suoli e la loro Potenzialità Agronomica, per regimare l'espansione dell'uso extra-agricolo.

Il Piano Agricolo Forestale comunale, previsto dalla legge della regione Sicilia n. 15/1991 e al quale deve essere compatibile il Piano Regolatore Generale non è stato ancora compilato a Villabate. Sono convinto, che così come viene interpretato in questo momento, tale piano non avrebbe dato nessun contributo in tal senso. Come è noto, nella valutazione si dà maggiore peso alla copertura vegetale (specialmente se specializzata) e si trascura il suolo.

La programmazione urbanistica edificatoria è dissipatoria della risorsa suolo, perchè il mercato dei suoli agricoli ha per oggetto beni non riproducibili ed il passaggio dai terreni agricoli al mercato delle aree fabbricabili corrisponde un aumento dei prezzi che è direttamente proporzionale alla rendita urbana del terreno oggetto della trasformazione. Di conseguenza il processo concernente l'uso migliore della risorsa suolo non è facilmente governabile con i normali strumenti urbanistici ma necessita di una politica territoriale consapevole, inserita in piani comunali, comprensoriali, regionali e nazionali.

Ciò consentirebbe: la conservazione e la tutela di quanto resta della Conca d'Oro e di tutti i beni artistici ed architettonici e l'incremento del turismo. Quest'ultima è la più importante risorsa siciliana.

### **Ringraziamenti**

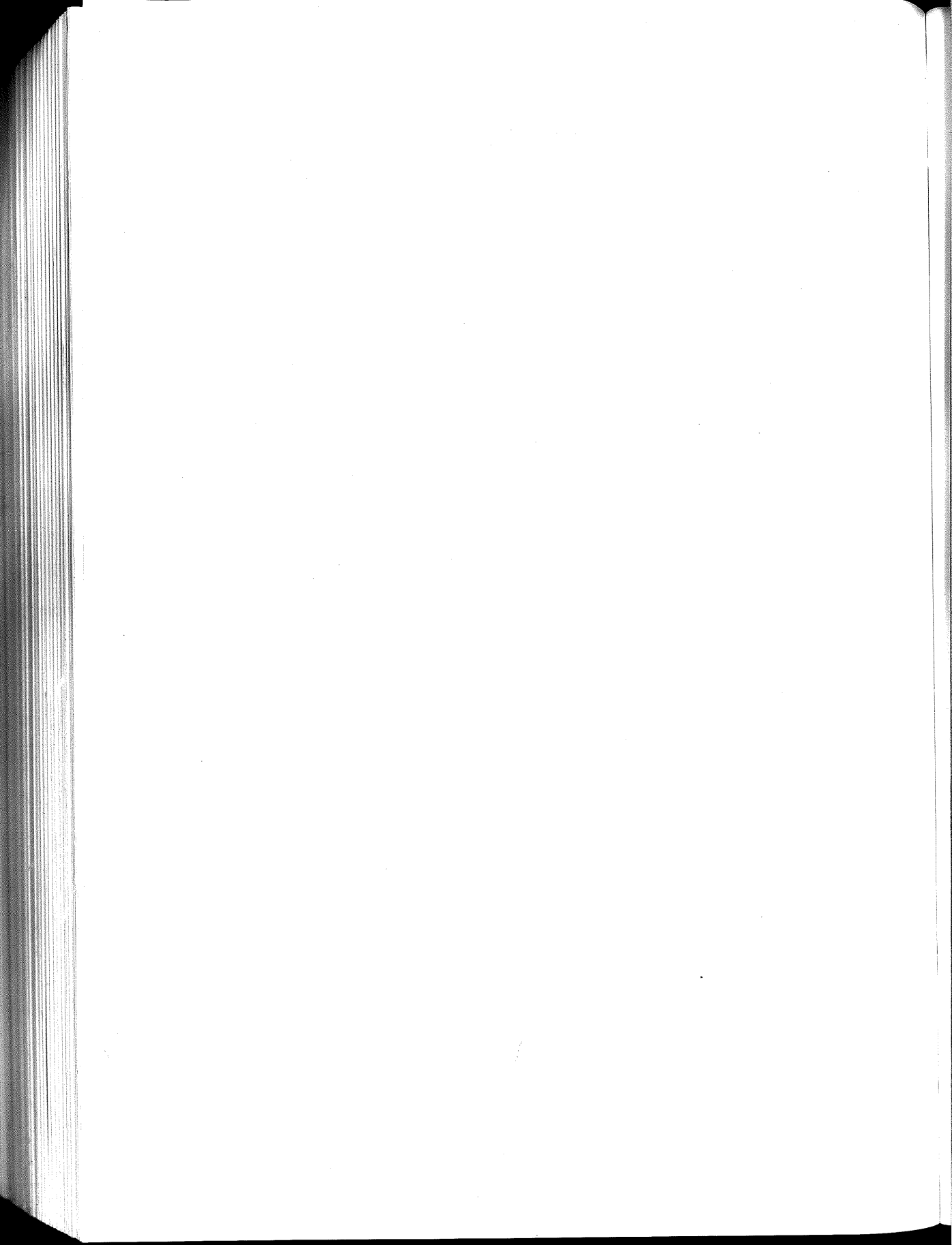
Desidero ringraziare gli architetti Giovanni Giannone e Giuseppe Giannone rispettivamente Capo Ufficio Urbanistica e Presidente del Consiglio Comunale, già assessore all'Urbanistica, per le notizie fornitemi.

### **Bibliografia**

- AA. VV. 1994. Gestione dei suoli e tutela dello spazio rurale periurbano nel territorio dell'area metropolitana di Napoli. *Genio Rurale* n. 3.
- Aru A., Baldaccini P., Malquori A., Melis R. T., Vacca S., 1983. Il consumo delle terre a causa della espansione urbana del territorio intorno a Cagliari. Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia Fisica, Cagliari.
- Abbate F., 1989. Villabate, alla prova del tempo. *Arti Grafiche Siciliane*, Palermo.
- Amadesi E., 1977. *Fotointerpretazione e aerofotogrammetria*. Pitagora editore, Bologna.
- Fierotti G. et al., 1988. *Carta dei Suoli della Sicilia*. Assessorato Territorio e Ambiente, Palermo.
- Fierotti G., 1988. La degradazione del suolo cause ed effetti. *Accademia Economico-Agraria dei Georgofili*. Vol. XXXIV - Serie settima, Firenze.
- Fierotti G., Dazzi C., Raimondi S., 1989. *La valutazione delle terre a fini agricoli: principi, metodi ed applicazioni*. Quaderno di Agronomia n.12, Palermo.
- Isidoro R., Conte G., Ricci F.M., 1981. *Analisi e prospettive di sviluppo per un piano*



- regolatore generale comunale. Genio Rurale n. X.
- Poma I., Raimondi S., D'Alessandro F., 1989. Studio dell'adattabilità bio-agronomica di alcuni genotipi di cotone (*Gossypium hirsutum* L.) a due tipi pedologici della collina argillosa trapanese (I anno di sperimentazione). Agricoltura Ricerca - n. 95, Roma.
- Raimondi S., Dazzi C. Marchiafava D., Paci R., 1989. Studi sui suoli della Sicilia. Nota XI: Su una litosequenza nel comune di Villabate (Palermo). Quaderno di Agronomia n. 12, Palermo.
- Raimondi S., Messineo E., 1991a. Adattabilità dell'*Eucalyptus camaldulensis* a tre tipi pedologici nell'ambiente caldo-arido siciliano. Cellulosa e Carta, Roma.
- Raimondi S., Messineo E., 1991b. Adattabilità dell'*Eucalyptus occidentalis* a diversi tipi pedologici nell'ambiente caldo arido siciliano. Cellulosa e Carta, Roma.
- Raimondi S., Poma I., 1993. Carta della Land Suitability del cotone in Sicilia. Istituto di Agronomia e Coltivazioni Erbacee, Palermo.
- Raimondi S., Fierotti G., Dazzi S. 1995. Consumo del suolo e modificazioni indotte dall'urbanizzazione nella fascia costiera orientale di Palermo. Convegno "Il ruolo della PEDOLOGIA nella Pianificazione e Gestione del Territorio", Cagliari.



**CARTA DELLE UNITA' DI TERRE DELLA ZONA  
INFERIORE DELLA BASSA PIANURA FRIULANA  
FRA TAGLIAMENTO E ISONZO.  
UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLE METODO-  
LOGIE DI LAND EVALUATION ALLA PIANIFICA-  
ZIONE AMBIENTALE**

**L. Ravanello, Architetto, Latisana (UD)**

**S. Vacca, Professore a Contratto, Dipartimento Scienze  
Ambientali, Università di Venezia**

La carta delle unità di terre, che viene presentata nella sessione poster, è il risultato dell'attività di rilevamento integrato (*approccio olistico*) dei caratteri del territorio della zona inferiore dell'area geografica denominata "Bassa Friulana"

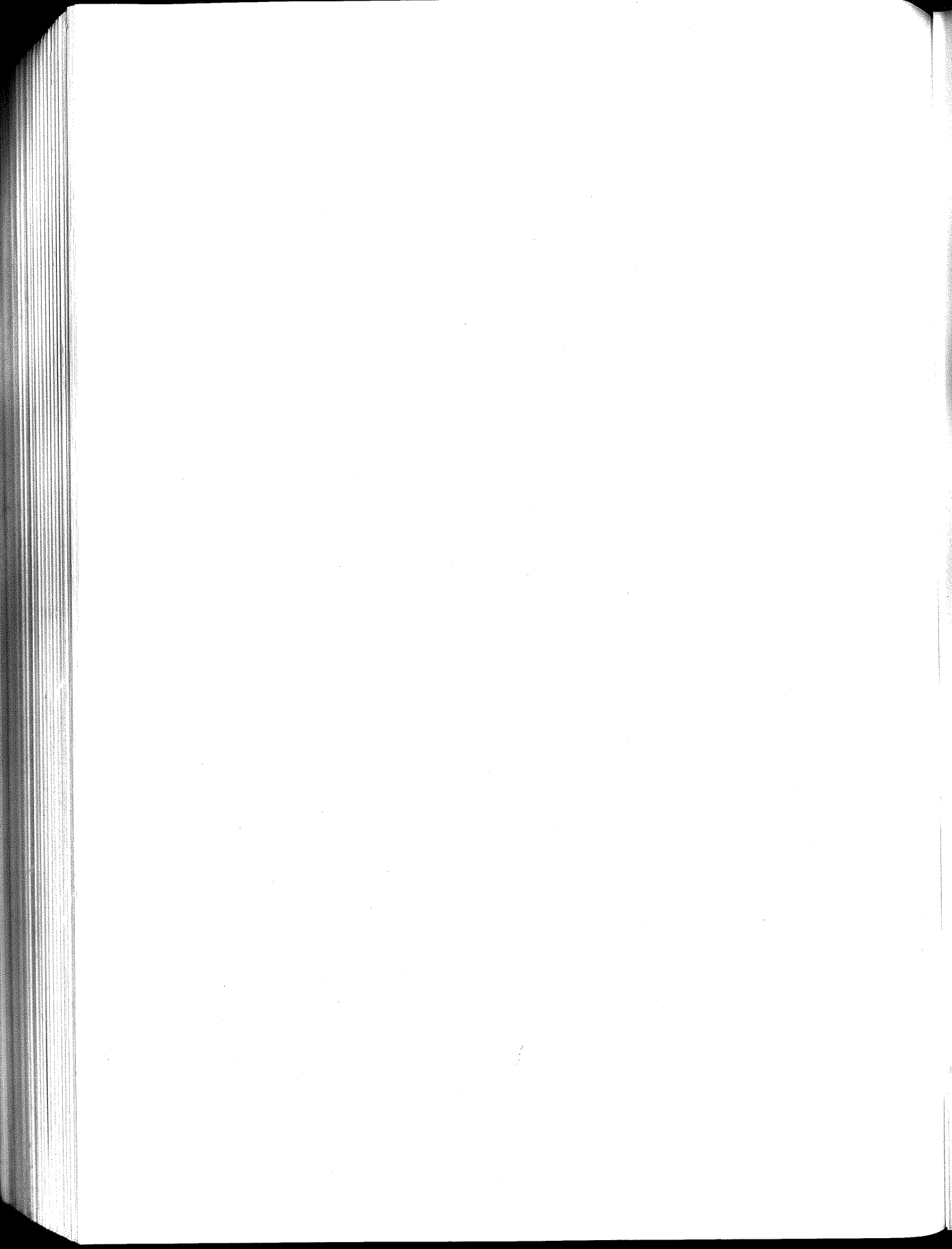
Questa è delimitata, da ovest ad est, dai fiumi Tagliamento e Torre-Isonzo e, da nord a sud, si situa tra il limite superiore della fascia delle risorgive ed il mare Adriatico. L'area comprende la laguna di Grado e Marano (l'area lagunare è lunga 32 km ed è profonda 5 km, ed ha una superficie di circa 12.500 ettari). Convenzionalmente la Bassa Pianura viene suddivisa in 4 zone: zona superiore asciutta (7.220 ettari), la zona delle risorgive ed intermedia (47.450 ettari), la zona circumlagunare (23.517 ettari). La superficie studiata, che ricade prevalentemente nella zona circumlagunare, ammonta a circa 51.000 ettari.

Le unità cartografiche, *unità di terre* (definite attraverso il concetto di sintesi integrata e dinamica delle forze naturali: *clima, processi geomorfologici, evoluzione della vegetazione e dei suoli, ecc.*, e delle forze antropiche: *usi del suolo per scopi agricoli, forestali, urbani, ecc.*, che agiscono nell'area considerata - Giordano, 1989) sono state individuate e delimitate con lo scopo di costituire la base geografica di riferimento per la gestione del territorio.

La carta è suddivisa in 5 grandi unità (*unità di paesaggio*), a loro volta distinte in 21 sottounità (*unità di terre*), che sono state individuate, attraverso la fotointerpretazione, prevalentemente in funzione delle caratteristiche geomorfologiche, del grado di antropizzazione delle forme e dei principali tipi di utilizzazione del suolo.

La legenda allegata alla carta contiene, per ciascuna unità di terre, la descrizione dei caratteri geomorfologici e del land-use (componenti discriminanti), mentre le altre risorse, quali il suolo, compaiono come componenti descrittive. Sono pure riportati i risultati della valutazione delle terre, secondo la *Land Capability, Land Classification for irrigation e Land Suitability Evaluation*, per differenti aspetti della loro utilizzazione (attuale e potenziale) riguardanti l'agricoltura in senso generale, gli usi irrigui o l'uso per specifiche colture e la conservazione dell'ambiente. All'interno di molte unità sono state individuate delle *stazioni* sulla base di caratteri peculiari dell'ambiente, di particolarità botaniche e faunistiche o riguardanti i beni culturali. Infine, oltre alla descrizione dei principali rischi per la conservazione delle risorse, sono formulati sinteticamente gli indirizzi generali di gestione.

Questa carta, pur con i limiti derivanti dagli scarsi mezzi a disposizione, ha messo in luce il ruolo del rilevamento integrato delle risorse del territorio e delle procedure di *Land Evaluation* nella pianificazione ambientale. Si è cercato cioè di evidenziare come i diversi metodi di *Land Evaluation* possano contribuire alla definizione di uno *zoning ambientale*, quale presupposto per la valutazione della compatibilità ambientale tra gli usi attuali e la *carrying capacity* del territorio, e alla valutazione preventiva dei piani e dei progetti di trasformazione d'uso del territorio stesso, con particolare riferimento alle aree sensibili.



**CARTA DELLE UNITA' DI TERRE  
E DELL'EROSIONE POTENZIALE  
DEL BACINO IDROGRAFICO  
DEL FLUMENDOSA.  
INDAGINI EFFETTUATE NELL'AMBITO  
DEGLI STUDI SULLE CAUSE  
DELL'EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE  
DEL SISTEMA IDRAULICO  
FLUMENDOSA-CAMPIDANO**

**S. Vacca, Ente Autonomo del Flumendosa, Cagliari**

Nell'ambito degli studi(\*) per risalire alle cause dell'eutrofizzazione delle acque del sistema idraulico Flumendosa-Campidano, è stata realizzata un'indagine sugli aspetti fisici del bacino idrografico che alimenta gli invasi sul Medio Flumendosa e sul Mulargia, con l'obiettivo di individuare le aree che contribuiscono maggiormente alla produzione di sedimenti.

Costituiscono i presupposti di questa fase della ricerca:

- i nutrienti (P,N) sono presenti nel suolo in funzione dei loro cicli biogeochimici;
- in particolari condizioni geo-morfologiche, le acque di ruscellamento superficiale convogliano le particelle di suolo verso la rete idrografica e quindi verso i serbatoi di fondo-valle, dove si depositano favorendo il processo di eutrofizzazione.

Approccio metodologico

*I Fase di lavoro*

In questa fase è stata realizzata un'analisi di tutte le componenti del territorio che influenzano il processo erosivo. Sono stati effettuati rilevamenti alla scala 1:25.000 (finalizzati ad una scala di progetto 1:50.000), su una superficie complessiva di 1180 Km<sup>2</sup>:

- litologia
- morfologia
- uso attuale del suolo
- acclività

E' stato quindi realizzato lo studio pedologico che, tuttavia, non ha portato alla redazione di una specifica cartografia, a causa dell'estrema complessità e variabilità del territorio sotto indagine. Altri aspetti considerati sono i caratteri del clima e l'idrologia.

*II Fase di lavoro*

In questa fase si è proceduto:

- A) ad una classificazione del territorio finalizzata alla valutazione del processo erosivo. E' stata definita una carta delle *unità di territorio*, nella quale le componenti litologia e morfologia costituiscono le unità cartografiche, mentre la componente descrittiva è rappresentata dalle associazioni di suoli, dall'uso attuale e dalle acclività;
- B) alla costruzione della carta dell'erosione potenziale dell'intero bacino, utilizzando il metodo P.S.I.A.C. (Pacific Southwestern Interagency Committee);
- C) alla realizzazione di una campagna sperimentale di erosione su parcelle, attraverso l'uso di un simulatore di pioggia sul bacino del Mulargia

D) alla quantificazione dell'erosione potenziale applicando l'*equazione universale delle perdite di suolo* (U.S.L.E.).

Il poster mostra i diversi tematismi rilevati ed elaborati relativi alla parte sud-occidentale del bacino (tavoleta IGM - Nurri).

---

(\*) *Questa fase della ricerca è stata realizzata da un gruppo di lavoro, coordinato come per le altre fasi dall'autore, composto da Roberto Abelardi, Francesca Fantola, Inge Keymeulen, Clelia Tore, con la collaborazione di Rita T. Lay (Coop. Hydroter). Gli aspetti idrologici sono stati curati da Paolo Botti (EAF), mentre gli aspetti organizzativi, le misure in campo, i campionamenti e le analisi di Laboratorio sono stati curati dal personale dell'EAF: Franco Arangino, Giovanni Atzeni, Cesare Borghero, Gianni Borghero, Salvatore Botta, Gianni Pichiri, Gianni Secci, Guido Serra, Sergio Zuddas e Paola Buscarinu e Tomasa Viridis (Coop. Hydroter).*

*Consulenti: Angelo Aru, Paolo Baldaccini, Paolo Bazzoffi, Giuliano Rodolfi, Camillo Zanchi*

# **CARTA DELLA IRRIGABILITA' DEI SUOLI DELLA SARDEGNA. APPLICAZIONE DELLA LAND CLASSIFICATION FOR IRRIGATION PER LA DETERMINAZIONE DEI FABBISOGNI IRRIGUI DELLA SARDEGNA NELL'AMBITO DEL PIANO GENERALE DELLE ACQUE**

**S. Vacca, Ente Autonomo del Flumendosa, Cagliari**

**A. Aru, Cattedra di Geopedologia, Università di Cagliari**

**P. Baldaccini, Cattedra di Geopedologia, Università di Sassari**

Il Piano per il potenziamento e l'utilizzazione ottimale delle risorse idriche della Sardegna, *Piano Generale delle Acque*, realizzato per conto del Centro Regionale di Programmazione dall'Ente Autonomo del Flumendosa, aveva tra i suoi obiettivi l'individuazione dei fabbisogni idrici per le diverse utenze, attraverso l'esame dello stato di fatto e dei programmi di sviluppo in atto.

Tra i fabbisogni previsti vi era anche la valutazione della domanda idrica per usi agricoli, rappresentati principalmente dall'irrigazione. Questa valutazione si è basata sul censimento di tutti gli elementi pedologici ed agronomici riguardanti le aree irrigue esistenti, attraverso il loro riesame e verifica e sulla individuazione di nuove aree che, per dimensioni, giacitura e caratteri pedologici(\*) risultassero convenientemente irrigabili.

Attraverso le opportune indagini pedologiche, seguite da una interpretazione applicativa con criteri omogenei, utilizzando le metodologie proposte dall'U.S. Bureau of Reclamation, si è giunti ad una valutazione della potenzialità e della suscettività irrigua delle aree interessate.

Una volta localizzate e studiate le aree irrigabili, si è proceduto alla formulazione di ipotesi alternative di ordinamenti colturali irrigui e alla conseguente valutazione dei fabbisogni idrici complessivi.

Sono state realizzati i seguenti documenti cartografici:

- la Carta dei suoli delle aree irrigabili della Sardegna, alla scala 1:100.000
- la Carta dell'irrigabilità dei suoli alla scala 1:250.000.

Si è ottenuto così un quadro della distribuzione generale dei suoli a differente altitudine per lo scopo previsto che fornisce, inoltre, la base e le informazioni indispensabili sia per l'individuazione e la scelta delle aree irrigue, sia per stabilire le priorità di intervento e la fattibilità economica della trasformazione a livello di pianificazione regionale.

---

(\*) *Lo studio è stato realizzato dall'Ufficio Speciale Studi Agropedologici dell'Ente Flumendosa (1979-1984: lo studio è stato pubblicato nel 1986): Prof. Paolo Baldaccini, P.A. Franco Arangino, P.C. Salvatore Botta, Dr. Geol. Sergio Vacca in collaborazione con il Centro Regionale Agrario Sperimentale: Prof. Angelo Aru*

