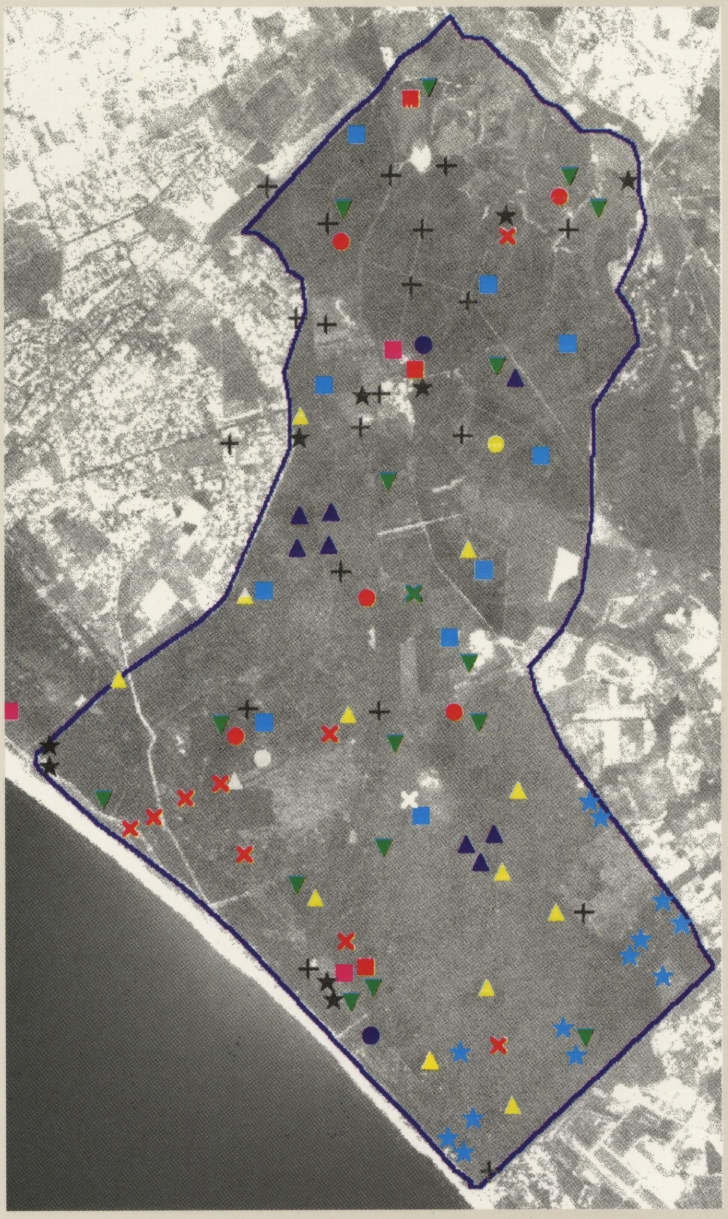
# Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano

## Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (S I T A C)



II Seminario

Tenuta Presidenziale di Castelporziano

12 Maggio 1995

# PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

## CREAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE AMBIENTALE CASTELPORZIANO (S I T A C)

II° SEMINARIO

TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

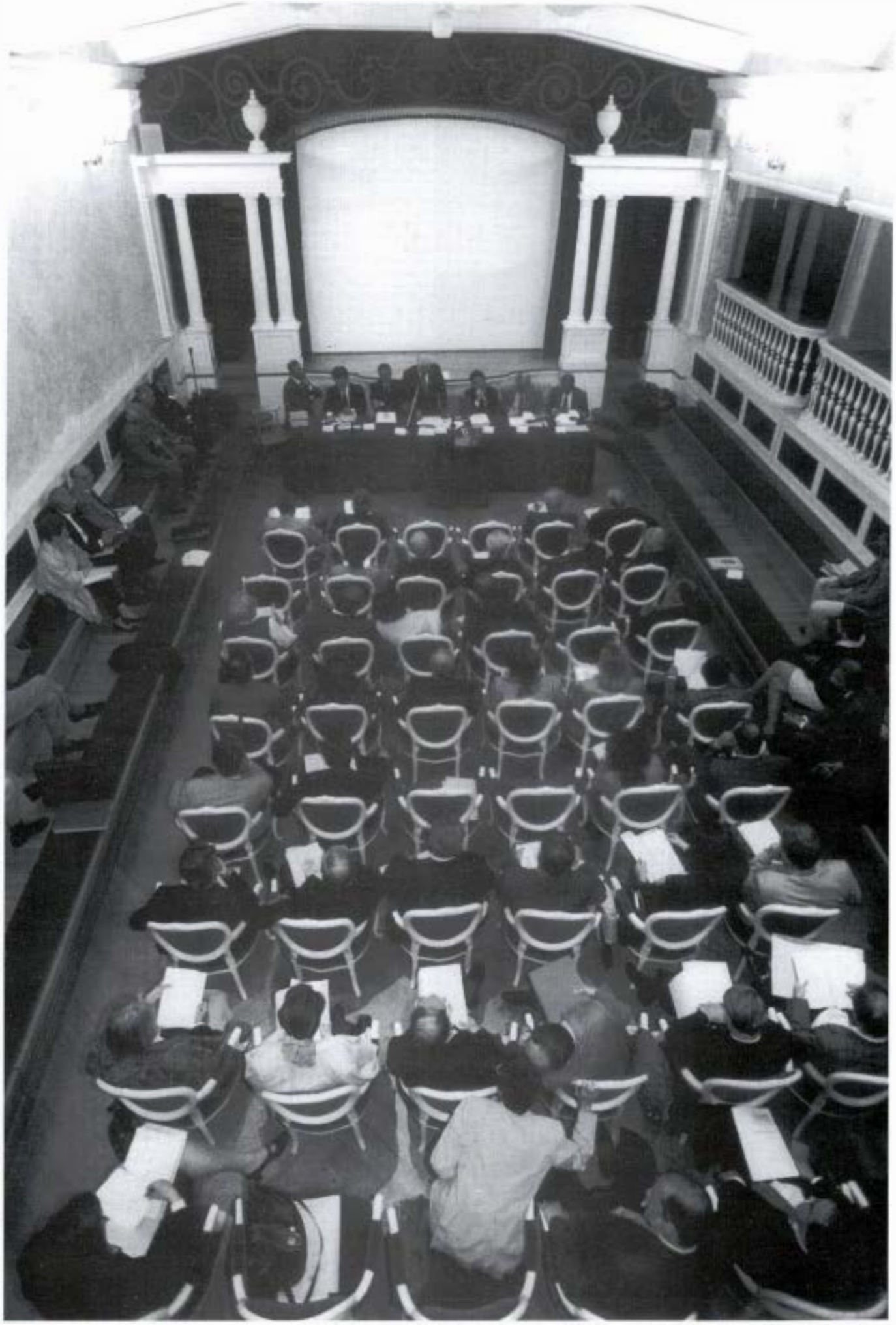
12 MAGGIO 1995

a cura di Luciano Morselli
Università degli Studi di Bologna/Ministero dell'Ambiente

*Realizzazione grafica di Lorenzo Moretti*
*ENEA amb.cat.fral Bologna*

*Redazione editoriale a cura dell'ENEA (Funzione Centrale Relazioni) - Roma*

*Foto di copertina*
*Ripresa da Satellite dell'area della Tenuta di Castelporziano*
*ENEA inn-rin-vis C.R. Casaccia - Roma*



Tenuta Presidenziale di Castelporziano - 12 Maggio 1995 - I lavori del II° Seminario

Tenuta Presidenziale di Castelporziano - 12 Maggio 1995 - I Ricercatori partecipanti al Progetto di Monitoraggio Ambientale

# INDICE

*Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza* - Introduzione al II° Seminario ... 9
*Prof. Luciano Morselli* - Presentazione del II° Seminario ... 15
Commissione Scientifica ... 19
Enti ed Istituzioni partecipanti ... 20

RELAZIONI DEI GRUPPI DI LAVORO

SITAC *Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano* ... 23
Campagna di acquisizione G.C.P. e mosaicatura di rilevamenti aerei ... 25

ATMOSFERA ... 33
Attività di ricerca del gruppo ... 35
Analisi dei dati telerilevati, indagini di campo e studi di bioindicazione ... 36
Campagna invernale di monitoraggio atmosferico: risultati delle misure e correlazione con il regime anemologico ... 46
Monitoraggio delle deposizioni atmosferiche umide presso la Tenuta Presidenziale di Castelporziano ... 54
Dinamica chimica e fisica degli inquinanti atmosferici nella Tenuta di Castelporziano ... 61
Programma per il 1995 ... 66

SUOLO ... 67
Introduzione ... 69
Valutazione dell'impatto di differenti fattori xenobiotici sulla fertilità del suolo. 70
Caratterizzazione delle acque di lavaggio della vegetazione di alto fusto per lo studio dell'inquinamento del suolo ... 86
Biomasse di origineanimale e vegetale e riciclo degli elementi nutritivi: produzione di un compost di qualità ... 90
Programma per il 1995 ... 93

IDROGEOLOGIA ... 95
Introduzione ... 97
Monitoraggio idrogeologico-Studi idrogeologici e monitoragio delle falde ... 98
Monitoraggio della falda-Rilevamento climatologico e morfologico ... 111
Monitoraggio idrogeologoco-Indagini geologiche e geoelettriche ... 123
Programma per il 1995 ... 140

VEGETAZIONE ..... 141
Introduzione ..... 143
Studio della banca dei semi di una prateria mediterranea del Tuberarietea Guttatae di Castelporziano ..... 146
La carta della biomassa vegetale di Castelporziano: analisi della struttura del bosco sempreverde a *Quercus ilex* L. ..... 152
Studio in *Quercus ilex* L. della risposta a differenti tipi di "stress" in condizioni naturali (Tenuta Presidenziale di Castelporziano) e in condizioni di laboratorio ..... 157
Monitoraggio dell'assorbimento di carbonio di un ecosistema mediterraneo (foresta mista di *Pinus pinea* L. e *Quercus ilex* L.) ..... 163
La rinnovazione naturale dei querceti caducifogli: dinamica temporale e interazione con i fattori ambientali ..... 170
Studio delle variazioni stagionali di discriminazione isotopica del carbonio e dell'attività fotosintetica in ambienti della fascia litoranea della Tenuta di Castelporziano ..... 175
Conclusioni ..... 179

FAUNA ..... 181
Introduzione ..... 183
Biomonitoraggio degli ambienti acquatici astatici ..... 184
Il popolamento di crostacei anostraci negli ambienti acquatici astatici ..... 185
La popolazione di tartaruga d'acqua *Emys orbicularis* L. 1758 ..... 188
Studio dell'ecologia ed il comportamento del tasso (*Meles meles*) ..... 189
Studio del successo riproduttivo di cinciallegra (*Parus major*) e cinciarella (*Parus caeruleus*) ..... 189
Censimenti generali delle entomocenesi forestali e litoranee ..... 190
Il popolamento di odonati ..... 192
Demografia e struttura delle popolazioni del daino e del cinghiale ..... 193

IMPATTO ANTROPICO ..... 199
Studio sull'evoluzione storica degli insediamenti urbani e sull'occupazione dei suoli ..... 201

INDIRIZZARIO ..... 221

# *Introduzione e Presentazione del Seminario*

## Introduzione* del II SEMINARIO
## del PROGRAMMA PER UN'AZIONE DI MONITORAGGIO AMBIENTALE NELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO
## -12 Maggio 1995-

Illustri ospiti, cari colleghi e collaboratori,

Il Sig. Presidente della Repubblica aveva deciso di essere presente a questo seminario e noi tutti saremmo stati molto lieti e onorati di poterGli illustrare i risultati di questo primo periodo di lavoro e le prospettive. Purtroppo, sopravvenuti, pressanti impegni lo hanno costretto ieri a modificare il programma e tramite il Segretario Generale, anch'egli forzatamente assente, ci ha manifestato il Suo rammarico, ma ha riconfermato il Suo interesse a questo progetto ed il desiderio di essere informato degli sviluppi.

Nell'esprimere a nome di tutti gratitudine e deferenza al Capo dello Stato, inizierò questa mia introduzione riprendendo il filo del discorso sul monitoraggio ambientale della Tenuta di Castelporziano introdotto nel corso dell'udienza dal Presidente della Repubblica concessaci il 4 dicembre 1992 al Palazzo del Quirinale.

In quella occasione, i componenti della Commissione di consulenza per la gestione (Tab.1) dei boschi e pascoli della Tenuta, integrata da studiosi e tecnici anche oggi qui presenti, illustrarono la proposta (raccolta in due fascicoli dal titolo "Programma per una azione di monitoraggio ambientale nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano" 1992) per un progetto di monitoraggio dell'ambiente di Castelporziano. All'inizio del 1993, il Sig. Segretario Generale ci comunicò l'assenso del Presidente della Repubblica e l'autorizzazione a predisporre il piano di fattibilità del progetto.

Tab. 1

| COMMISSIONE CONSULTIVA PER IL PIANO DI GESTIONE DEI BOSCHI E PASCOLI DELLA TENUTA DI CASTELPORZIANO (1995) | |
|---|---|
| A. Demichelis | Tenuta di Castelporziano |
| G. Emiliani | Tenuta di Castelporziano |
| F. Fanfani | Univ. "La Sapienza" |
| E. Giordano | Univ. "La Tuscia" |
| A. Pignatti | Univ. "La Sapienza" |
| F. Pratesi | WWF |
| F. Tinelli | Tenuta di Castelporziano |
| G.T. Scarascia Mugnozza | Univ. "La Tuscia" |
| S. Toso | Ist. Naz. Fauna Selvatica |
| L. Tripodi | Segr. Gen. della Presidenza della Repubblica |

La Commissione per la gestione dei boschi della Tenuta, con la collaborazione dei Proff. Guerrini (CNR), Marino (ENEA), Morselli (Min. Amb.), Sequi (Min. Risorse Agricole) riformulò dettagliatamente il progetto ed individuò i laboratori, i gruppi di ricercatori, le strumentazioni già disponibili presso gli Enti partecipanti (Tab. 2).

---

* *Presentazione letta dal Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, Rettore nell'Università della Tuscia, Viterbo e Presidente della Commissione Scientifica del "Programma di Monitoraggio Ambientale della Tenuta di Castelporziano"*

Tab. 2

| ENTI PARTECIPANTI |
| --- |
| Segretariato Genenerale<br>Presidenza della Repubblica |
| CNR |
| ENEA |
| ENEL |
| Università "La Sapienza" Roma |
| Università "Tor Vergata" Roma |
| Università "La Tuscia" Viterbo |
| Accademia delle Scienze |
| Min. Ambiente<br>Ispet. Difesa Mare |
| Min. Risorse Agricole<br>Ist. Nutriz. Piante |
| WWF |
| Ist. Preven. Sicur. Lavoro<br>(ISPESL) |

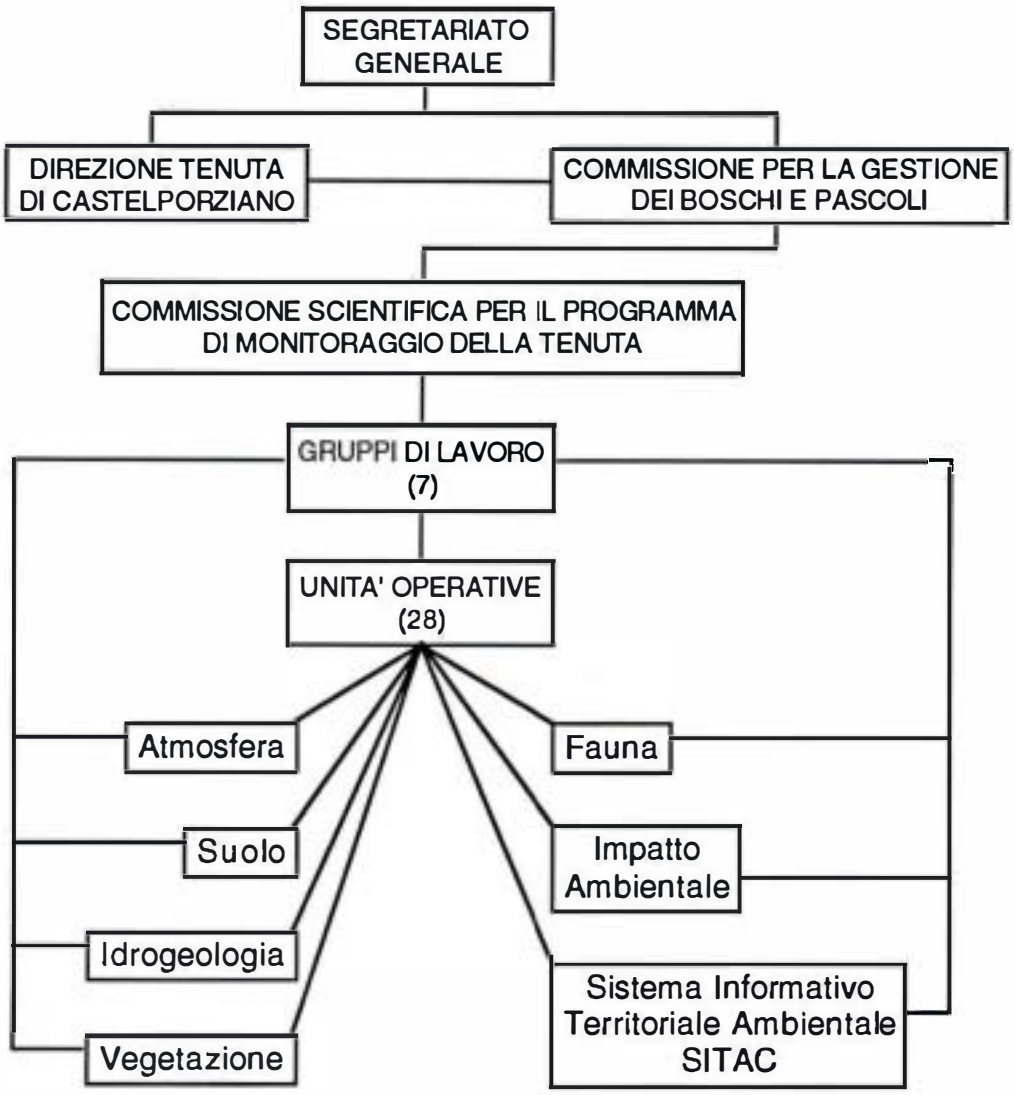
I responsabili degli Enti stessi, i Proff. Garaci, Cabibbo, Pistella, Pera, Moccaldi, Toderi, Sequi, Manelli, Spagnesi ed i Rettori delle Università di Roma "La Sapienza", Roma "Tor Vergata" e della "Tuscia", furono concordi nel consentire la collaborazione dei gruppi e persone appartenenti alle varie Istituzioni invitate allo svolgimento del progetto, secondo il predisposto piano di fattibilità. Questo -peraltro- aveva indicato la necessità di acquisire alcune nuove apparecchiature e precisato le ulteriori risorse umane, soprattutto come giovani laureati o borsisti, da includere nel progetto, anche con l'obiettivo di "formare" nuovi specialisti.

Il progetto, così predisposto dalla Commissione Consultiva e dagli esperti nel corso del 1993, e definito anche nelle parti relative ai finanziamenti occorrenti ed alla distribuzione dei medesimi fra i gruppi di lavoro, fu sottoposto al Sig. Segretario Generale.

Il Cons. Gifuni, che ha molto sostenuto il proposito di realizzare a Castelporziano attività di alto valore scientifico e di realistica efficacia per problemi della società contemporanea, ci comunicò il 27.12.1993 l'assenso del Capo dello Stato e la conferma dell'assegnazione di due miliardi e mezzo di lire, a carico del Segretariato Generale, per l'esecuzione del programma nel quinquennio 1994-1998.

La gestione fu affidata all'Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei Quaranta, con l'incarico di provvedere anche alle gare per l'acquisto di apparecchiature ed ai bandi di concorso e di selezione dei borsisti. Al progetto è stata data la strutturazione esposta nell'organigramma di cui alla Fig. 1.

Fig. 1




La Commissione di consulenza per la gestione dei boschi e dei prati della Tenuta, nelle sue funzioni anche di Commissione scientifica per il coordinamento del programma di monitoraggio, ha tenuto 10 sedute (dal 1993 a oggi), e 3 volte si è riunita con i responsabili dei gruppi di lavoro.

In effetti, nel 1993 sono state condotte ricerche preliminari ed accertamenti metodologici, e si è provveduto alla verifica delle attrezzature, al controllo della strumentazione, e ad alcune prove di saggio per varie parti del programma, così provvedendo all'assemblaggio e taratura dell'intero progetto. Sono stati pertanto messi a punto i molteplici dettagli scientifici, tecnici, gestionali ed amministrativi di un programma indubbiamente moderno ed avanzato negli obiettivi e composito nella struttura. Desidero al riguardo sottolineare che il progetto ha richiesto un largo concorso multidisciplinare e interdisciplinare, ed ha comportato il coordinamento di 7 gruppi di ricerca e 28 unità operative, con un insieme di circa 100 ricercatori e borsisti, appartenenti a una ventina di "strutture" diverse: Dipartimenti Universitari, Enti di Ricerca, Servizi tecnici di Amministrazione dello Stato, ecc. Ma il progetto non avrebbe potuto realizzarsi se, oltre all'impegno dei ricercatori, non ci fosse stata la convinta e generosa disponibilità della Direzione e del personale della Tenuta, che ha assicurato sostegno e ospitalità, suggerito interventi,

procurato soluzioni ai problemi tecnici ed operativi emersi nelle fasi di attuazione del complesso programma di indagine.

Di conseguenza, un vivo ringraziamento ed un fervido apprezzamento da parte mia va a quanti si stanno adoperando, generosamente, coscienziosamente, intelligentemente in questo programma, inteso non solo come interessante progetto di ricerca, ma anche come un servizio offerto alla comunità nazionale attraverso un lavoro condotto in un territorio del nostro Paese particolarmente significativo e prestigioso perchè una delle residenze della più alta Magistratura d'Italia.

Avviato, dunque, il progetto con l'inizio dell'anno 1994, il primo Seminario generale, cioè sull'intero progetto, è avvenuto a Castelporziano l'8 aprile 1994. Esso aveva lo scopo soprattutto di favorire l'incontro ed il confronto fra tutti gli operatori partecipanti al progetto, esponendo e discutendo i programmi dei gruppi di lavoro e le eventuali ricerche preliminari e di sondaggio. L'obiettivo è stato raggiunto poichè il sereno e proficuo rapporto fra gli studiosi, l'entusiasmo e l'impegno di ciascuno ed in particolare dei capigruppo, hanno agevolato il delicato lavoro di coordinamento e di progressivo avanzamento dell'intero progetto.

Merita particolare menzione un altro seminario: quello recentemente svoltosi (29 marzo 1995) al Centro di Ricerche della Casaccia, dell'ENEA, per verificare lo stato delle ricerche e della raccolta ed elaborazione dei dati per la costruzione della "carta del sito" o, meglio, del "Sistema Informativo Territoriale Ambientale di Castelporziano (SITAC)". Vista l'utilità di tale seminario "tematico", ad altri seminari su tema sarà dato corso nel prossimo futuro. Le tappe del progetto sono schematizzate nella Tab. 4.

Tab. 4

| TAPPE DEL PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO |
|---|
| **1992**<br>4 dicembre: presentazione della proposta al Capo dello Stato |
| **1993**<br>Assenso del Sig. Presidente della Repubblica<br>Preparezione del piano di fattibilità<br>Accordo fra gli Enti partecipanti<br>Approvazione definitiva del progetto da parte del Sig. Presidente della Repubblica |
| **1994**<br>Stipula della Convenzione per la gestione del progetto<br>(Costo/ 2,5 miliardi per 5 anni)<br>fra Segretariato Generale della Repubblica e<br>Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL<br>Avvio delle indagini e degli studi<br>8 aprile: **I Seminario Plenario a Castelporziano** |
| **1995**<br>29 marzo: **Seminario Tematico** al Centro della Casaccia dell'ENEA sul grado di elaborazione del "Sistema Informativo Territoriale Ambientale di Castelporziano"<br>12 maggio: **II Seminario Plenario** a Castelporziano con la partecipazione di circa 100 ricercatori distribuiti in 7 gruppi di ricerca e 28 unità operative<br>7 giugno: udienza concessa dal Capo dello Stato |

Il prodotto del primo seminario generale è nel fascicolo oggi distribuito, ed intitolato appunto "Rapporto del primo Seminario". Esso raccoglie i programmi e i risultati delle prime ricerche svolte a Castelporziano; alcune delle quali (es. flora e fauna) usufruiscono delle indagini condotte sui problemi della salvaguardia dell'ambiente dalla Commissione per la gestione dei boschi e pascoli della Tenuta.
Il secondo Seminario generale è quello odierno.
Nella cartella sono raccolte le note di presentazione predisposte ad hoc dai capi dei gruppi di lavoro, che esporranno i rispettivi programmi sperimentali, le ricerche svolte a cavallo tra il 1994 e il 1995 e le linee degli studi in corso.
Una panoramica sintesi introduttiva sarà svolta dal prof. Morselli, che cura il coordinamento del progetto con una dedizione tanto ampia quanto intelligente, della quale gli sono, gli siamo, tutti grati.
Come accennato prima, le informazioni, i dati, i risultati delle ricerche svolte dai primi sei gruppi di lavoro sopra elencati stanno progressivamente costituendo la materia sulla quale il settimo gruppo elaborerà il "Sistema Informativo Territoriale Ambientale di Castelporziano (SITAC)". Si tratta di mettere a sistema le caratteristiche ambientali (biologiche e fisiche) e antropiche di Castelporziano e Capocotta, e di assicurare, nel progressivo aggiornamento, un'ininterotta conoscenza dell'area di Castelporziano, nella sua naturale evoluzione e nelle modificazioni provocate da fattori esterni. Ciò consentirà, tra l'altro, di fornire elementi precisi per futuri interventi, per una conduzione modello dei boschi, prati e pascoli nel piano di gestione di una Tenuta, di un Parco, dagli obblighi e dagli obiettivi oltrepassanti il mero indirizzo agro-forestale.
Credo opportuno richiamare l'attenzione sull'importanza del SITAC, che è un sistema aggiornabile senza troppi vincoli, e che, per l'abbondanza e varietà dei dati, dovrebbe costituire un modello di rilevamento ambientale territoriale regolarmente e progressivamente arricchito di informazioni, a loro volta collegabili e integrabili con altri sistemi informativi, nazionali, regionali (es; mediterranei) ed internazionali.
E non va trascurato il significato della presenza in questa zona di monumentali tracce del nostro passato storico. In un Paese come l'Italia, che si calcola disponga di almeno metà dei retaggi e delle eredità culturali del mondo, conoscere di queste lo stato, attraverso il monitoraggio, non è solo studio e recupero del bene e dell'ambiente - spesso degradato o irrazionalmente modificato - circostante il bene, ma serve a suggerire gli interventi per il reinserimento e la presentazione del patrimonio artistico nel contesto naturalistico più conforme alla storia del monumento, aumentandone, di conseguenza, la sua valorizzazione.
Un altro aspetto positivo, e certo non secondario, consiste nell'addestramento del personale e nella formazione di giovani intelligenze attraverso le borse di studio previste dal programma. Complessivamente le borse di studio e di addestramento ammontano a 106 anni/uomo, cioè a 22 borse annuali. Nel campo della tutela dell'ambiente, del paesaggio, vi sono spazi occupazionali in varie attività. Tra questi vanno considerati i nuovi posti di lavoro necessari per la moltiplicazione delle iniziative di monitoraggio, delle basi-dati, delle reti informatiche, che richiederanno personale sempre più qualificato.
Come dicevo, iniziative come questa sono destinate a crescere in un Paese moderno. E' sintomatico il fatto che, a programma appena decollato, a metà del 1994 il Servizio Giardini del Comune di Roma abbia ritenuto opportuno chiederci la preparazione di un analogo programma di monitoraggio per la Pineta di Castelfusano, le cui condizioni ambientali, anche per la forte antropizzazione della zona, sono preoccupanti. In considerazione delle comuni caratteristiche della zona costiera laziale ed in particolare del nucleo: Castelfusano, Castelporziano, Capocotta, sentito il Sig. Segretario Generale, la Commissione scientifica si è espressa nel senso che i responsabili dei gruppi di lavoro possono direttamente collaborare con il Servizio Giardini del Comune di Roma per Castelfusano. Con tale Servizio - inoltre - la nostra Commissione scientifica è disponibile ad incontri periodici per il collegamento delle indagini nelle due aree.
Con questo e con i prossimi seminari generali annuali noi contiamo anche di esercitare un controllo, una reciproca valutazione scientifica dei risultati. Ciò avverrà grazie ai confronti che si stabiliranno

nell'esaminare interdisciplinarmente i risultati e, in conseguenza delle informazioni e nuove idee che da ciascuna ricerca possono riverberarsi sulle altre, sarà possibile suggerire nuove interazioni e integrazioni del programma, proporre nuove ipotesi di lavoro e favorire scatenamenti di intelligenze.
Questo secondo seminario generale servirà, insomma, per rendere più agile il meccanismo messo in moto per avvicinare operativamente gruppi di ricerca e competenze che erano disperse in numerosi Enti diversi.
In tal modo Università, Enti di Ricerca, Amministrazioni centrali e locali, hanno avviato una forte collaborazione su tematiche e linee tecnologiche di frontiera, suscettibili di forti avanzamenti in funzione del progresso delle conoscenze e del perfezionamento delle reti e delle strumentazioni di rilevamento e di elaborazione dei dati e delle previsioni.
Ma la forza, il significato più profondo del progetto - a mio parere - sta nel contributo ad una sagace utilizzazione di conoscenze e metodi nel settore della programmazione territoriale, nel contributo ai piani di miglioramento sulla qualità dell'ambiente e della vita in genere, e quindi ai processi di organizzazione e sviluppo di una società moderna. Una società moderna deve sapere e poter rispondere alle esigenze di qualità della vita da parte di masse crescenti di esseri umani, sempre più convinti - è vero - dei propri diritti, ma - forse - non altrettanto informati dei doveri derivanti all'uomo, alla società stessa dal gravissimo rischio di forzare oltre certi limiti i meccanismi e gli equilibri dell'ambiente, pena la compromissione man mano irreversibile delle risorse naturali.

In conclusione, è un fatto rilevante che gruppi di ecologi, geologi, idrologi, botanici, fitogeografi, zoologi terrestri e marini, forestali, fisiologi, agronomi, fitopatologi, entomologi, fisici, fisici dell'atmosfera, climatologi, chimici agrari, chimici analisti, radiochimici, biochimici, fotochimici, ingegneri, matematici, sistemisti, informatici, archeologi, museologi, esperti di sicurezza, urbanisti, economisti, sociologi, antropologi, siano al lavoro in varie sedi scientifiche italiane e nelle proprie nicchie, e tutti insieme cooperino e interagiscano qui a Castelporziano. In stretta collaborazione multidisciplinare essi indagano, ricercano e si incontrano per partecipare ad un programma che, ripeto, vuole essere un contributo italiano, nobilitato dal valore simbolico del sito quale Tenuta della Presidenza della Repubblica, alla grande sfida - che sta giustamente raggiungendo livelli globali - della ricerca scientifica, tecnologica e socioeconomica nei confronti dell'impatto delle attività dell'uomo sull'ambiente e sulle risorse naturali, impatto che, anche attraverso un costante monitoraggio, deve essere mantenuto entro limiti che non impediscano il progresso sostenibile della società.
Ed il nostro progetto di monitoraggio di questa zona, di questo eccezionale complesso ambientale e culturale, alle porte del grande agglomerato urbano di Roma, deve divenire un modello di studio per la tutela del paesaggio e la valorizzazione dei tesori, delle risorse ambientali e culturali.

## PRESENTAZIONE DEL RAPPORTO 1994 E DEL II° SEMINARIO*
## Tenuta Presidenziale di Castelporziano 12 Maggio 1995

Nel presentare il Rapporto del I Seminario del Progetto di Monitoraggio ambientale che si è tenuto l'8 Aprile dello scorso anno e la raccolta delle sintesi delle relazioni scientifiche che saranno presentate oggi, ripercorro brevemente a ritroso con qualche cenno ai recenti passaggi di coordinamento scientifico, organizzativo e strutturale del Progetto. Circa un anno fa 50 ricercatori si sono incontrati in questa sede per iniziare un programma che ha avuto come iter le fasi usuali della programmazione della ricerca scientifica: la proposta, l'elaborazione di un programma, la realizzazione e l'organizzazione di una struttura organizzativa e funzionale. In quello stesso momento emergevano diversi aspetti di un progetto complesso sia per gli aspetti interdisciplinari, sia per l'obiettivo della creazione di un Sistema Informativo Territoriale in parte inedito per la specificità del programma. Inoltre emergevano timori per una realizzazione che si faceva via via più importante per l'impegno dei vari Referenti i Gruppi di Lavoro e per i singoli ricercatori in numero sempre più elevato sino a raggiungere oltre le 100 unità e per i temi di ricerca il cui raggio d'azione e lo spazio temporale di operatività si allargava sempre più in una serie di approfondimenti che, come Commissione Scientifica, ritenevamo utili perseguire.
Si passava così a discutere nello pecifico dai dati ottenuti da via satellite, alla analisi ed ai processi di trasformazione delle specie chimiche nella bassa atmosfera o sul suolo, dall'intrusione dell'acqua marina nelle falde superficiali, al censimento degli insetti (alcune migliaia) che per i 2/3 non sono ancora censiti in tenuta, alla diversa attività fotosintetica delle piante ad alto fusto e di quelle erbacee, agli impatti antropici.
Era chiaro che non si trattava solo di acquisire dati ambientali e rapportarli ad altre realtà territoriali diversificate per attività antropiche o per destino d'uso dell'area considerata, ma si trattava di comprendere i vari meccanismi di tipo multiplo che intervenivano nell'ambiente considerando i molteplici parametri di tipo fisico, chimico, meteoclimatico, biologico.... che vi potevano influire. Da qui, da queste ipotesi, si trattava anche di mettere a punto, nella prospettiva di un SIT, un linguaggio idoneo e comune, dai diversi propri e caratteristici che ogni disciplina applicata ai diversi comparti ambientali ha, e quindi creare una armonizzazione delle diverse componenti che descrivono il territorio inizialmente non è stato facile, ed ancora necessita di un affinamento attraverso passaggi di coordinamento tra i vari relatori.
Realizzare un progetto di monitoraggio quale quello ipotizzato significare pure ipotizzare e quindi definire nel corso di cinque anni una fotografia il più possibile ad alta risoluzione dell'ambiente Castelporziano.
I dubbi i timori, le diversificate ipotesi nel realizzare le varie fasi della ricerca si sono chiariti via via che venivano effettuate le esperienze sul campo e nei laboratori, si raccoglievano o si elaboravano i dati. Oggi, nel presentare i risultati di questo primo anno di attività attraverso le relazioni scientifiche dei diversi Gruppi di Lavoro, abbiamo una verifica ed una conferma alle ipotesi formulate all'inizio del Progetto.
Uno dei primi risultati è la creazione delle reti di monitoraggio tematiche, l'istallazione di singole stazioni, la collocazione dei siti di saggio (vegetazione) e dei punti dedicati al censimento (fauna). Non sono tutte stazioni fisse (molti dei punti non è possibile rappresentarli in una unica mappa) o che funzionano in modo continuo, ma ognuno dei punti scelti per le ricerche in tenuta sono caratterizzati da rappresentatività, accuratezza e quanto più possibile di precisione per un dato o per un indice che si sta studiando. Sono già 19 le reti di monitoraggio ed in una stima frettolosa più di 200 i punti di studio dai quali vanno considerati diversi parametri che vengono analizzati. Una massa di dati che mette in rilievo la complessità, l'importanza e la potenzialità di una ricerca applicata ad un'area così unica, così particolare, così importante. Come un'isola attorniata quasi "assediata" dalle intense attività antropiche della capitale e

---

* *Prof. Luciano Morselli - Ministero dell'Ambiente, Roma*

di fonti di contaminazioni diverse che sorgono appena oltre il limite della tenuta ed ancora da contaminazione che a lunga distanza possono incidere su queste beni naturali che così come si presentano le possiamo ben definire EQUILIBRIO DEL TEMPO.
La documentazione che oggi viene presentata:

- Rapporto I Seminario 8 Aprile 1994;
- Raccolta delle sintesi delle relazioni scientifiche II Seminario 12 Maggio 1995;
- Sintesi del Seminario monotematico Sistema Informativo Territoriale Ambientale della Tenuta di Castelporziano, ENEA 29 Marzo 1995;
- Indice della bibliografia dedicata alla Tenuta suddivisa per temi di ricerca;
- Presentazione storica della Tenuta;

rappresentano quanto di più puntuale potesse essere espresso nel primo anno di attività.

Il rapporto del I° Seminario è strutturato in due Sezioni, la prima raccoglie la proposta di un programma di monitoraggio ambientale del Maggio 1993, la seconda è dedicata al Progetto, alla sua struttura, ai programmi quinquennali a cura di Ogni Gruppo di Lavoro ed Unità Operative, alle risorse economiche e di personale ripartite tra le varie tematiche.
Un aspetto molto importante e che qualifica tutto il Progetto è quello di voler dedicare molta attenzione all'addestramento alla ricerca di laureati e di tecnici come borsisti e per i 5 anni della durata del Progetto, per i 7 Gruppi di Lavoro, per le 28 Unità Operative globalmente si contano 106 collaboratori (anni uomo) che si aggiungono a 100 e più ricercatori appartenenti ai 14 Enti ed Istituzioni che partecipano alle ricerche.
Relativamente al II Seminario che si celebra oggi, e che sono previsti a cadenza annuale, è quello di esporre i risultati che progressivamente vengono raggiunti e di consentire l'integrazione ed il coordinamento delle ricerche applicate ai vari comparti ambientali della tenuta di Castelporziano.
Tutte le informazioni ed i dati provenienti da misure dedicate all'Atmosfera, Suolo, Idrogeologia, Vegetazione, Fauna ed Impatto Antropico fluiranno in un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC) con la necessità di uniformare linguaggi ed elaborazioni. Non a torto un SIT viene definito "l'Intelligenza del Territorio" nel senso che raccoglie in modo organizzato informazioni diverse per riportarle in modo schematico e semplificato ad una fruizione molto più ampia di quella dei soggetti partecipanti. Sarà lo strumento per comprendere appieno un territorio e nel caso l'Ambiente Castelporziano, e per capire i diversi processi chimici, biologici, idrogeologici, faunistici..... etc. che intervengono e dare una valutazione precisa di cosa rappresenta una tenuta dalle dimensioni e caratteristiche particolari.
I risultati potranno consentire:

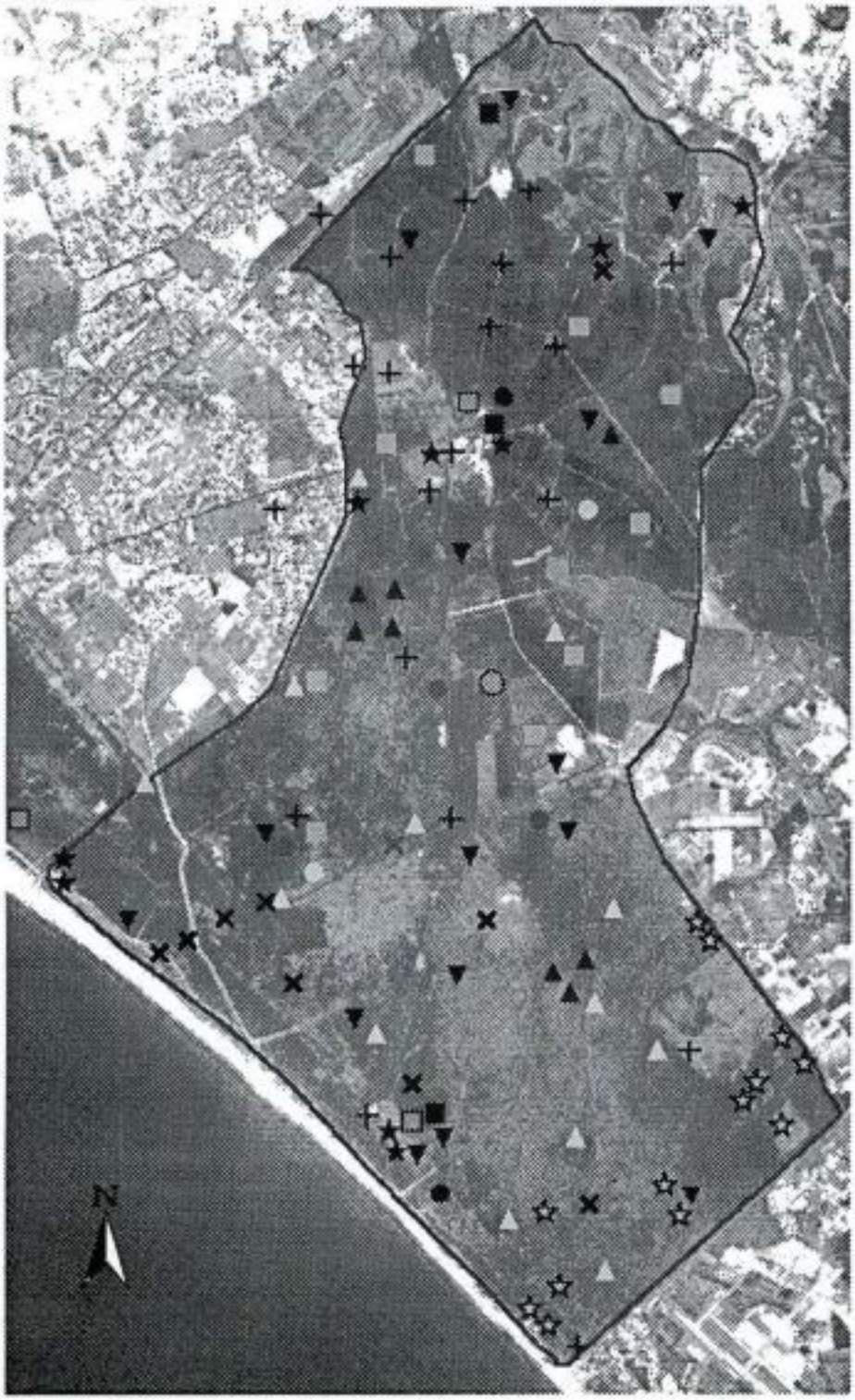
- nel progressivo aggiornamento, un'interrotta conoscenza dell'area di Castelporziano nella sua naturale evoluzione e nelle modificazioni provocate da fattori interni ed esterni siano essi naturali che di origine antropica;
- fornire, di conseguenza, gli elementi precisi per la scelta di futuri interventi a cominciare, per esempio, con i piani di gestione di boschi, prati e pascoli della Tenuta stessa;
- in particolare il SITAC, per l'abbomdanza e varietà dei dati, costituisce un modello di rilevamento ambientale territoriale ed un sistema regolare di informazioni, che possono collegarsi ed integrarsi con sistemi informativi nazionali ed internazionali e soprattutto mediterranei.

Il programma del Seminario avrà come successione degli interventi l'introduzione del Presidente della Commissione Scientifica, la presentazione del Coordinatore Responsabile del Seminario e le relazioni dei Responsabili dei vari Gruppi di Lavoro.
I Responsabili dei Gruppi di Lavoro presiederanno e gestiranno gli interventi tematici di loro competenza.
Al termine delle relazioni è prevista una discussione sui contenuti espressi durante il Seminario cercando soprattutto di mettere in risalto gli aspetti multidisciplinari della ricerca, le possibilità di integrazione e

collaborazione tra i vari Ricercatori, ma soprattutto sarà richiesto una armonizzazione tra ricerche, procedure di rilevazione dati, elaborazioni su argomenti molto diversi.
Le conclusioni saranno tenute dal Presidente della Commissione Scientifica e dal Coordinatore Responsabile del Seminario.
A conclusione del mio intervento vorrei ringraziare i colleghi per i contributi puntuali ed approfonditi che hanno permesso la realizzazione di questo II Seminario, in particolare l'ENEA, il Dr. Busuoli che ha dato ampia disponibilità attraverso il tecnico Lorenzo Moretti nell'approntare l'editing e la stampa del rapporto 1994.

# PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

*- RETI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE ATTIVATE (1995) -*




## LEGENDA

**SITAC**

- GPS (20)

**ATMOSFERA**

- Mezzi mobili (3)
- Deposizioni acide (2)
- Bioindicazione (1)
- Indice di vegetazione (4x40)

**SUOLO**

- Analisi del suolo (16)
- Acque di lavaggio piante (5)

**IDROGEOLOGIA**

- Perforazioni (13)
- Punti d'acqua (13)
- Punti d'acqua Capocotta (13)
- Piezometri (10)

**VEGETAZIONE**

- Saggio di rinnovazione (8)
- Torri microclimatiche (2)
- Aree permanenti struttura e funzione (2)

**FAUNA**

- Entomocenosi litoranee (10)
- Cens. Ungulati (34)
- Cens. Cinghiali (60)
- Cattura Cinghiali (35)

**IMPATTO ANTROPICO**

- Stazioni meteorologiche (3)

# COMMISSIONE SCIENTIFICA

## PRESIDENTE

Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza

## COMPONENTI DELLA COMMISSIONE CONSULTIVA PER IL PIANO DI GESTIONE DEI BOSCHI E PASCOLI DELLA TENUTA

Dott. Alessandro Demichelis
Dott. Giovanni Emiliani
Prof. Alberto Fanfani
Prof. Ervedo Giordano
Prof. Alessandro Pignatti
Arch. Fulco Pratesi
Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza (PRESIDENTE)
Dott. Ing. Aleandro Tinelli (SEGRETARIO)
Prof. Silvano Toso
Dott. Luigi Tripodi

## COORDINATORI

Dott. Angelo Guerrini
*CNR - Area della ricerca - Roma*

Dott. Ing. Angelo Marino
*ENEA inn C.R. Casaccia - Roma*

Prof. Luciano Morselli
*Ministero dell'Ambiente - Roma*

Dott. Ing. Aleandro Tinelli
*Tenuta di Castelporziano - Roma*

## RESPONSABILI DEI GRUPPI DI LAVORO

### SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE AMBIENTALE CASTELPORZIANO (SITAC)

Ing. Antonio Bruno della Rocca
*ENEA inn-rin-vis C.R. Casaccia - Roma*

### ATMOSFERA

Prof. Luciano Morselli
*Ministero dell'Ambiente - Roma*

### SUOLO

Prof. Paolo Sequi
*Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante - Roma*

**IDROGEOLOGIA**

Dott. Gilberto Busuoli
*ENEA amb C.R. Casaccia - Roma*

**VEGETAZIONE**

Prof. Alessandro Pignatti
*Dipartimento di Biologia Vegetale*
*Università "La Sapienza" Roma*

**FAUNA**

Prof. Alberto Fanfani
*Dipartimento di Biologia Animale e dell'uomo*
*Università "La Sapienza" Roma*

Dott. Silvano Toso
*Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica - Ozzano dell'Emilia (Bologna)*

**IMPATTO ANTROPICO**

Dott. Ing. Aleandro Tinelli
*Tenuta di Castelporziano - Roma*

## ENTI PARTECIPANTI

Segretariato Generale Presidenza della Repubblica
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Ministero dell'Ambiente
Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare - Ministero dell'Ambiente
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA)
ENEL S.p.A.
Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (INFS)
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante (ISNP)
Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL)
Fondo Mondiale per la Natura (WWF)
Università degli Studi di Roma La Sapienza
Università degli Studi di Roma Tor Vergata
Università degli Studi della Tuscia (Viterbo)

# *Relazioni dei Gruppi di Lavoro*

II° SEMINARIO
12 MAGGIO 1995

GRUPPO DI LAVORO

# SITAC

*Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano*

Responsabile: Ing. Antonio Bruno Della Rocca

**UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI**

**ENEA Inn-rin-vis - C.R. Casaccia - Roma**
*A.B. Della Rocca, F. Borfecchia, L. Rossi, D. Bersan, L. Anselmi*

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE AMBIENTALE (SITAC) |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE G.C.P (Ground Control Points) E MOSAICATURA DI RILEVAMENTI AEREI |
| *RESPONSABILE* | Ing. Antonio Bruno Della Rocca |
| *UNITA' OPERATIVA* | ENEA inn-rin-vis - CR Casaccia - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | A.B. Della Rocca, F. Borfecchia |

## ITRODUZIONE

Nel contesto della realizzazione del SITAC [1], si è posta l'esigenza di disporre di dati relativi alla copertura vegetale ed, in generale, all'utilizzo del suolo, ad un livello di accuratezza adeguata (dell'ordine del metro) per una visione complessiva e dettagliata dell'area [2].
L'obiettivo iniziale è stato quindi quello di acquisire ed elaborare dati da cui estrarre sia la cartografia di base aggiornata, che i primi strati informativi del SITAC sui quali poi interpolare e gestire tutte le altre misure puntuali di parametri ambientali.
Tenendo conto di questi obiettivi generali le attività, condotte nel 1994 e nei primi mesi del 1995, hanno riguardato la messa a punto e l'utilizzo di metodologie per la produzione di alcuni dei "layers" di base del SITAC da utilizzare successivamente per la georeferenziazione dei dati ed altre applicazioni ambientali.
In sintesi esse possono essere raggruppate in due filoni:

- progettazione e conduzione di una campagna di rilevamento di G.C.P. (Ground Control Points) tramite tecniche G.P.S.(Global Positioning System), sull'area della tenuta;

- sviluppo, test ed utilizzo di procedure per la mosaicatura dei rilevamenti aerei effettuati col sensore Daedalus ATM 1268 e delle aerofoto acquisiti sulla tenuta nel Maggio 1992.

## RELAZIONE

### Campagna G.C.P. (Ground Control Point)

L'obiettivo principale della campagna G.C.P. è stato quello di definire e localizzare (latitudine, longitudine ed elevazione), con misure "in situ" notevolmente precise (circa 60 cm di errore), una rete di punti distribuiti su tutta la superficie della tenuta, ben riconoscibili sulle immagini rilevate da aereo, ed infine agevolmente materializzabili a terra.
La rete suddetta non ha avuto finalità propriamente geodetiche, ma e stata progettata e costruita per fornire dei riferimenti a terra con precisione sufficiente a soddisfare le esigenze di georeferenziazione delle immagini acquisite sulla tenuta.
A tal fine, per le misure G.P.S., è stato adottato un metodo differenziale, che si è avvalso di due ricevitori Wild serie 200 (master-slave), a doppia frequenza, messi a disposizione dalla Leica s.p.a. di Roma, la quale ha fornito gratuitamente anche il supporto tecnico tramite personale specializzato

Le caratteristiche, in termini di errori delle misurazioni effettuate, sono comunque assimilabili a quelle geodetiche anche se la distribuzione spaziale dei punti, ha dovuto tener conto di esigenze contingenti legate ai test per la mosaicatura delle aerofotogrammetrie ed alla copertura dell'intera area d'interesse.
In quest'ottica, per ottenere le precisioni assolute richieste, è stato necessario "inquadrare" i punti acquisiti sulla tenuta nella rete nazionale di vertici trigonometrici dell'I.G.M.I. ( Istituto Geografico Militare Italiano), inserendo le misurazioni effettuate su alcuni di quest'ultimi (rete di 1° ordine), situati entro un raggio di 30 Km. dal Castello, nell'elaborazione per il calcolo finale della rete interna.
La progettazione della campagna ha richiesto preventivamente la selezione sulla cartografia dei punti e la loro successiva individuazione a terra con caratterizzazione della copertura angolare locale. Ciò ha consentito, tramite un software opportuno, di determinare, per ciascun gruppo di punti, le finestre temporali che permettevamno la visibilità di un sufficiente numero di satelliti G.P.S.
Per la rete di 1° ordine sono state acquisite monografie dall'I.G.M.I. relative ai punti di riferimento della rete nazionale (vertici trigoonometrici e caposaldi di livellazione) collocati intorno alla tenuta, ai quali agganciare la rete locale. Purtroppo è stato verificato sul campo che gran parte dei vertici ricadenti in questa zona sono poco affidabili sia per il loro ritrovamento (una parte è andata perduta) ed accessibilità che per la possibilità del loro utilizzo per misurazioni G.P.S. ( non stazionabilità).
E' stato necessario utilizzare la tecnica del "fuori centro" sul vertice fondamentale di Castelporziano, per "spostarlo" di alcune decine di metri su un edificio vicino, a causa della sua copertura da parte di una campana e di alcuni ripetitori radio che impedivano una corretta ricezione dei segnali G.P.S.
Dopo la fase di progettazione, la campagna ha preso l'avvio nell'estate del '94, con le misure dei vertici trigonometrici, posizionando il ricevitore master sul "fuori centro" di Castelporziano, e con un tempo di misura medio per ciascun punto di circa 2 ore.
Tale tempo è in relazione alla distanza media master-slave, che per la rete di 1° ordine (vedi oltre) è risultata di circa 30 Km.
Dopo aver acquisito questi dati si è passati alla rete interna, tenendo sempre posizionato il master su Castelporziano e portando lo slave su ciascun punto della rete con un tempo di misura medio di circa 15 min. (distanza media master-slave di circa 4 Km.)

In definitiva è stato necessario effettuare misurazioni per 3 ordini di punti:

- 1° ordine, costituito dall'insieme di 4 vertici I.G.M.I. per i quali sono state preventivamente richieste le monografie con le eventuali coordinate e la descrizione. Uno di questi vertici, ricalcolato nel 1979, risulta centrato sull'asse della torre di Castelporziano, è l'unico all'interno della tenuta ed è stato preso come riferimento per la rete locale;

- 2° ordine, costituito dai punti che ricadono in 6 fotogrammi relativi alla parte nord-ovest della tenuta, scelta per il test di fotomosaicatura. Tali fotogrammi, in totale circa 90, sono stati acquisiti in contemporanea alle 5 strisciate Daedalus e presentano una risoluzione a terra minore del metro;

- 3° ordine, costituito, da alcuni dei punti del 2° ordine e dagli altri interni alla tenuta, distribuiti quanto piu' regolarmente possibile su tutta l'area d'interesse, nell'ottica del georiferimento dei dati.

Le misurazioni sono state effettuate per un totale di 23 punti di cui 19 appartenenti al 2° ed al 3° ordine, in Fig. 1 è riportata la distribuzione dei punti sulla tenuta con l'ausilio di un'immagine SPOT Hrv.
Infine tutti i dati acquisiti relativi ai 3 ordini di reti sono stati utilizzati per la compensazione delle misure tramite un opportuno software, arrivando, sulla rete interna, ad un R.M.S.E. (Root Mean Square Error) finale di circa 20 cm.

Le coordinate geografiche assolute di tutti i punti sono state trasformate nella proiezione U.T.M. (zona 33T) ellissoide WGS84, per poter essere utilizzate nel software di triangolazione per la mosaicatura dei fotogrammi.

## Mosaicatura dei rilevamenti aerei

Nell'ottica di avere informazioni dettagliate su tutta la superficie della tenuta presidenziale, mantenendo contemporaneamente un adeguato livello di sinotticità, si è fatto uso di dati telerilevati da aereo sotto forma di immagini digitali multispettrali. E' stato utilizzato, per questo, un sistema munito di scanner multispettrale Daedalus ATM 1268, messo a punto nell'ambito del consorzio ENEA-Alenia e capace di acquisire immagini digitali in 12 bande spettrali, distribuite dal visibile (~0.4 μ) all'infrarosso vicino (>0.7μ ) e termico (~10 μ).
In contemporanea alle immagini Daedalus e stata acquisita la copertura aerofotografica di tutta la tenuta, in tutto circa 90 foto con sovrapposizioni di circa il 60%, tramite camera Wild RC20.
Le riprese sono state effettuate nel maggio '92 intorno alle ore 12.00, da un'altezza di circa 1500 m, corrispondente ad una larghezza del pixel a terra sulla verticale di circa 3.17 m ed una scala media del fotogramma di circa 1:10000.
La copertura Daedalus della tenuta è stata effettuata tramite 5 passaggi aerei (foto 1) producendo 5 strisciate con ampie zone di sidelap utilizzate successivamente per la correzione dei dati.
Il dato telerilevato da aereo, rispetto a quello acquisito da satellite, presenta un livello notevolmente maggiore di distorsioni geometriche e radiometriche; basti pensare alla traiettoria dell'aereo durante l'acquisizione, soggetta a possibili deviazioni casuali (yaw, pitch, roll) imputabili sia alla rotta che ad agenti atmosferici (vento...).
Il grande angolo di scansione di ben 86° dello scanner ATM 1268 ed il basso rapporto tra l'altezza di volo (~1500 m) e la larghezza della strisciata a terra (~2900 m) esalta inoltre le distorsioni panoramiche e di parallasse.
In queste condizioni, sia all'interno della stessa immagine che sulle diverse strisciate, sono riscontrabili sensibili differenze radiometriche dovute al cambiamento degli angoli d'illuminazione e di vista ed agli eventuali effetti atmosferici imputabili ai differenti cammini ottici.
Rispetto alla fotografia, anch'essa affetta da distorsioni geometriche ma rilevata interamente in un tempo di apertura dell'otturatore, l'immagine acquisita tramite scanner viene costruita riga per riga in un periodo di tempo in cui i parametri di assetto possono variare significativamente. Quindi il fotogramma puo' essere considerato a simmetria centrale rispetto al punto principale, mentre l'immagine telerilevata da scanner mantiene la simmetria centrale solo a livello della singola linea di scansione.
E' stata quindi messa a punto ed utilizzata una metodologia per la correzione geometrica e radiometrica delle immagini multispettrali Daedalus finalizzata alle successive operazioni di mosaicatura e di analisi territoriale.
Lo schema a blocchi della procedura è visibile in Fig. 2.
Le scene Daedalus grezze presentavano, limitatamente alle prime 5 bande comprese nel range del visibile, una maggiore luminosità all'estremo sinistro e sul lato destro rispetto alla zona centrale; ciò era chiaramente visibile e confermato anche da profili radiometrici relativi a linee di scansione appartenenti ad aree copertura territoriale uniforme.
La dipendenza dalla lunghezza d'onda di questi effetti indica che essi sono legati allo scattering atmosferico, responsabile prevalentemente di un contributo additivo al segnale rilevato e funzione della posizione reciproca del sole e della linea di volo. Comunque, il metodo qui applicato prescinde dalla modellizzazione fisica dell'atmosfera e della geometria dell'acquisizione, ma si avvale solamente della

distribuzione statistica dei pixels per la normalizzazione all'interno delle singole immagini, con un approccio di tipo sintetico alla problematica.
Si è partiti quindi dall'ipotesi di una distorsione radiometrica sistematica di tipo additivo funzione dell'angolo di scansione, definendo un'opportuna funzione di rumore per ogni singola strisciata che è stata poi utilizzata per le correzioni.
La verifica dell'efficacia del metodo e stata effettuata misurando alcuni parametri statistici sulla stessa zona presente in due strisciate contigue prima e dopo la correzione.
E' stato sviluppato un software che, sulla base dei parametri dello scanner, corregge i dati Daedalus per l'effetto panoramico, adottando un ricampionamento "nearest neighbour" lungo la linea di scansione, nell'ottica di preservare la radiometria in input.
Il modulo esegue contemporaneamente la lettura ed il caricamento dei dati da C.C.T. a 9 tracce formato Daedalus, trasformandoli in files in formato ERDAS per le successive elaborazioni.
L'acquisizione di immagini a bassa quota comporta l'introduzione di forti distorsioni geometriche di parallasse dovute alle differenti altezze relative ai punti della porzione di superficie ripresa.
Nel caso delle acquisizioni Daedalus su Castelporziano, ad esempio, un punto a 100 m di altezza, che sull'immagine si trova all'estremità della scansione, appare spostato, per effetto di parallasse, di circa 60 m, che corrispondono a decine di pixels.
E' necessario quindi, a partire dalla conoscenza delle altezze di ogni pixels (DEM, Digital Elevation Model), ricollocare nella loro giusta posizione gli elementi dell'immagine, realizzando così una "ortoimmagine", da utilizzare per la mosaicatura.
La preventiva realizzazione di un DEM per la tenuta di Castelporziano ha permesso la correzione di questa distorsione geometrica.
Si è partiti dalle immagini grezze (corrette soltanto per l'effetto panoramico), si è poi ritagliata una porzione di DEM, esattamente sovrapponibile alla strisciata, con la quale è stata effettuata poi la vera e propria correzione di parallasse con una procedura "ad hoc".
Per ogni strisciata, è stata prescelta la porzione del DEM corrispondente, quindi mediante punti di controllo al suolo, selezionati, avvalendosi della cartografia, il DEM è stato deformato sulla strisciata in modo da ottenere una registrazione dei due layers; infine, entrambi i files sono stati elaborati mediante l'algoritmo di correzione.
Le correzioni per il parallasse sono state effettuate su tutte le 12 bande di ciascuna delle 5 strisciate.
La georeferenziazione è stata effettuata con il metodo dei punti di controllo al suolo, utilizzando circa 30 G.C.P. (Ground Control Points) a strisciata, prelevati mediante digitalizzatore dalla cartografia 1:10.000.
Si e adottato inizialmente un modello polinomiale di secondo ordine per le distorsioni, successivamente, poiche' in alcune zone tale modello dava risultati insoddisfacenti e stata effettuata un'ulteriore correzione geometrica "locale" basata sui triangoli di Delaunay [3].
Il risultato finale della mosaicatura delle immagini Daedalus è visibile in Fig. 3.
Va sottolineato che la metodologia di preprocessing adottata, risulta tanto più efficace quanto piu' l'assetto del velivolo e la quota si mantengono costanti durante l'acquisisizione. Questo purtroppo non è avvenuto per tutte le strisciate di Castelporziano, alcune delle quali, forse a causa della presenza della base militare di Pratica di Mare, sono state riprese mentre l'areo era in fase di virata.
I dati aerofotogrammetrici sono stati utilizzati per un test con un software innovativo di stereocorrelazione automatica, per ottenere un ortoimmagine relativa ad un'area della tenuta coperta da 6 dei 90 fotogrammi ripresi.
Queste 6 foto sono state digitalizzate a circ 400 d.p.i. con uno scanner Agfa ACS 100 producendo immagini digitali in formato TIFF di circa 3500x3500 pixels.
Sono state quindi sfruttate le ampie aree di sovrapposizione dei fotogrammi, nonchè i punti G.C.P. della rete di 2$^{o}$ordine per la triangolazione fotogrammetrica necessaria alla correzione di ciascuna foto,

precedentemente digitalizzata, per gli effetti di parallasse e conseguentemente per produrre un D.E.M. dell'area.
Successivamente si è proceduto a mosaicare le 6 foto corrette (ortoimmagini).

## CONCLUSIONI

In questa prima fase del lavoro per il SITAC sono state messe a punto ed utilizzate alcune procedure per la validazione ed integrazione di alcuni fondamentali strati informativi di base quali quelli acquisiti da piattaforma aerea ( immagini multispettrali Daedalus ed aerofotogrammetria), inoltre, tramite tecniche G.P.S., è stata definita una rete di punti di controllo interna alla tenuta nell'ottica di disporre di un mezzo idoneo alla georeferenziazione di tutte le misure che saranno effettuate su quest'area.
In questo contesto, l'elaborazione ed il preprocessing delle immagini acquisite da scanner, la loro integrazione con quelle, a risoluzione piu' alta, ottenute per via fotografica e la successiva mosaicatura, ha permesso di fare notevoli esperienze in questo specifico settore che sicuramente saranno utili nelle fasi successive del progetto.
In particolare, la disponibilità, sia pure temporanea ( prestito da parte della ditta fornitrice per test e prove di utilizzo ) di un sistema per la stereorestituzione digitale con tecniche semiautomatiche di correlazione ci ha consentito di effettuare una prima sperimentazione di queste tecniche sull'aerofogrammetria di un'area della tenuta, con successivi riscontri a terra, ipotesi sui limiti di applicabilità e risultati attesi.
Lo stesso discorso risulta ancor piu' valido per l'utilizzo di apparati G.P.S., i quali ormai stanno sempre piu' diventando un mezzo insostituibile ed, in definitiva, economico, per la georefenziazione dei dati e delle misure ambientali.

## BIBLIOGRAFIA

[1] TINELLI A., 1992, "Programma di un'azione di monitoraggio ambientale nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano" pag.15, Ed.: ENEL

[2] BORFECCHIA F., DELLA ROCCA A.B., MARINO S., 1992, "Programma di un'azione di monitoraggio ambientale nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano" pag.147-153, Ed.: ENEL

[3] DEVEREUX B.J., FULLER R.M., CARTER L., PARSELL R.J., 1990, "Geometric Correction of airborn scanner imagery by matching Delaunay triangles" in International Journal of Remote Sensing, Vol.11 n°12

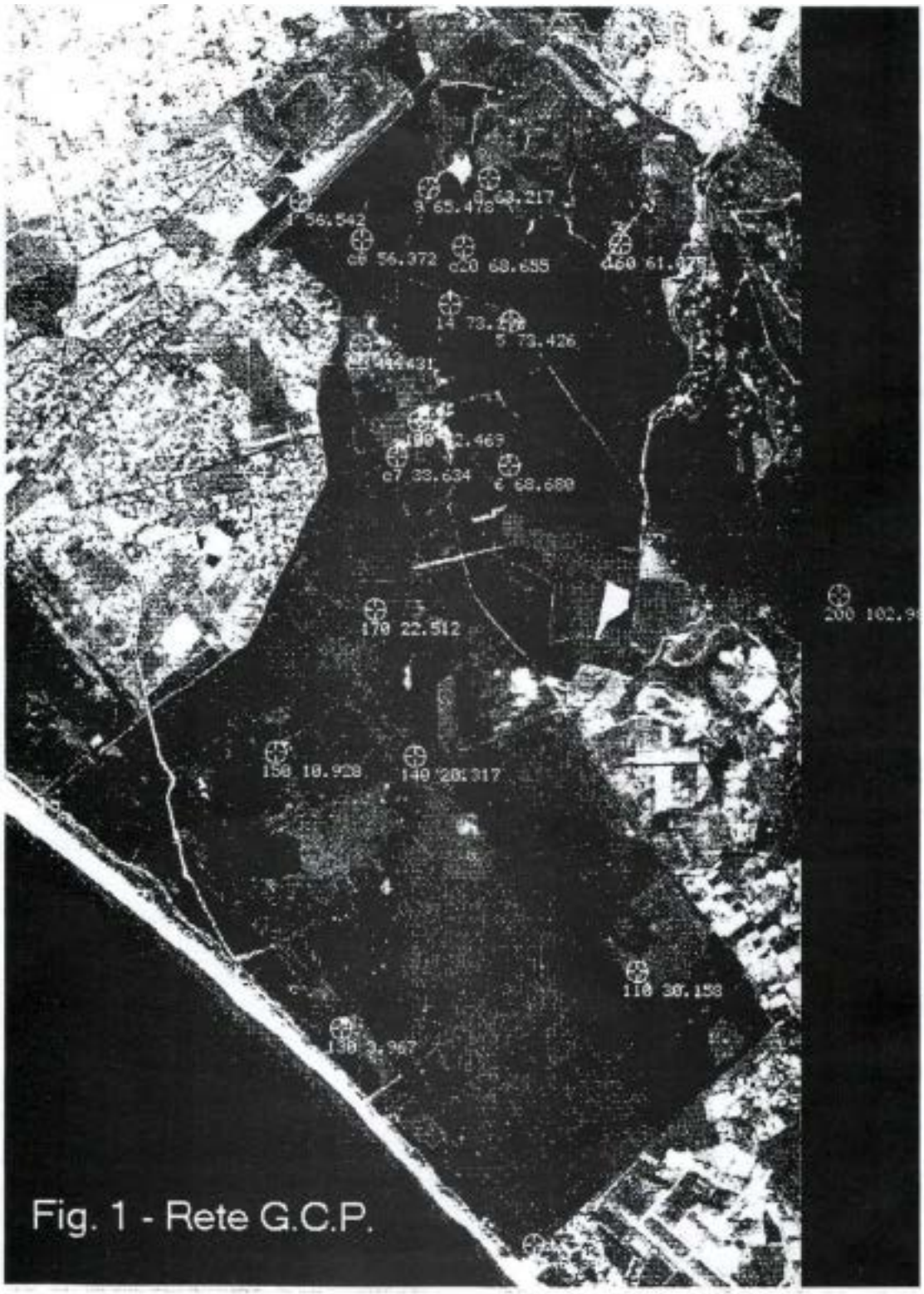
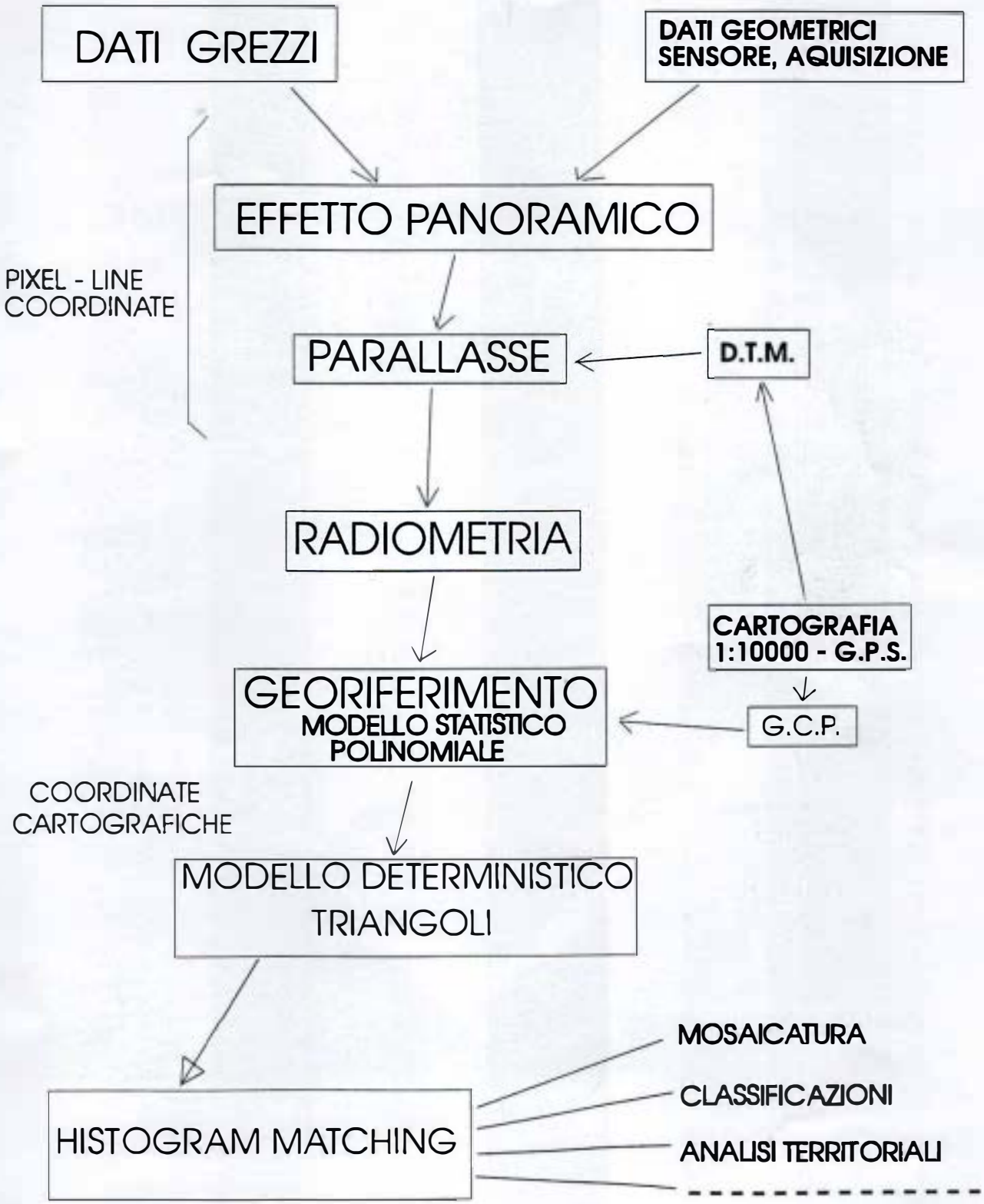



Fig. 1 - Rete G.C.P.

**Fig. 2 - PROCEDURA DI PREPROCESSING PER DATI DAEDALUS**



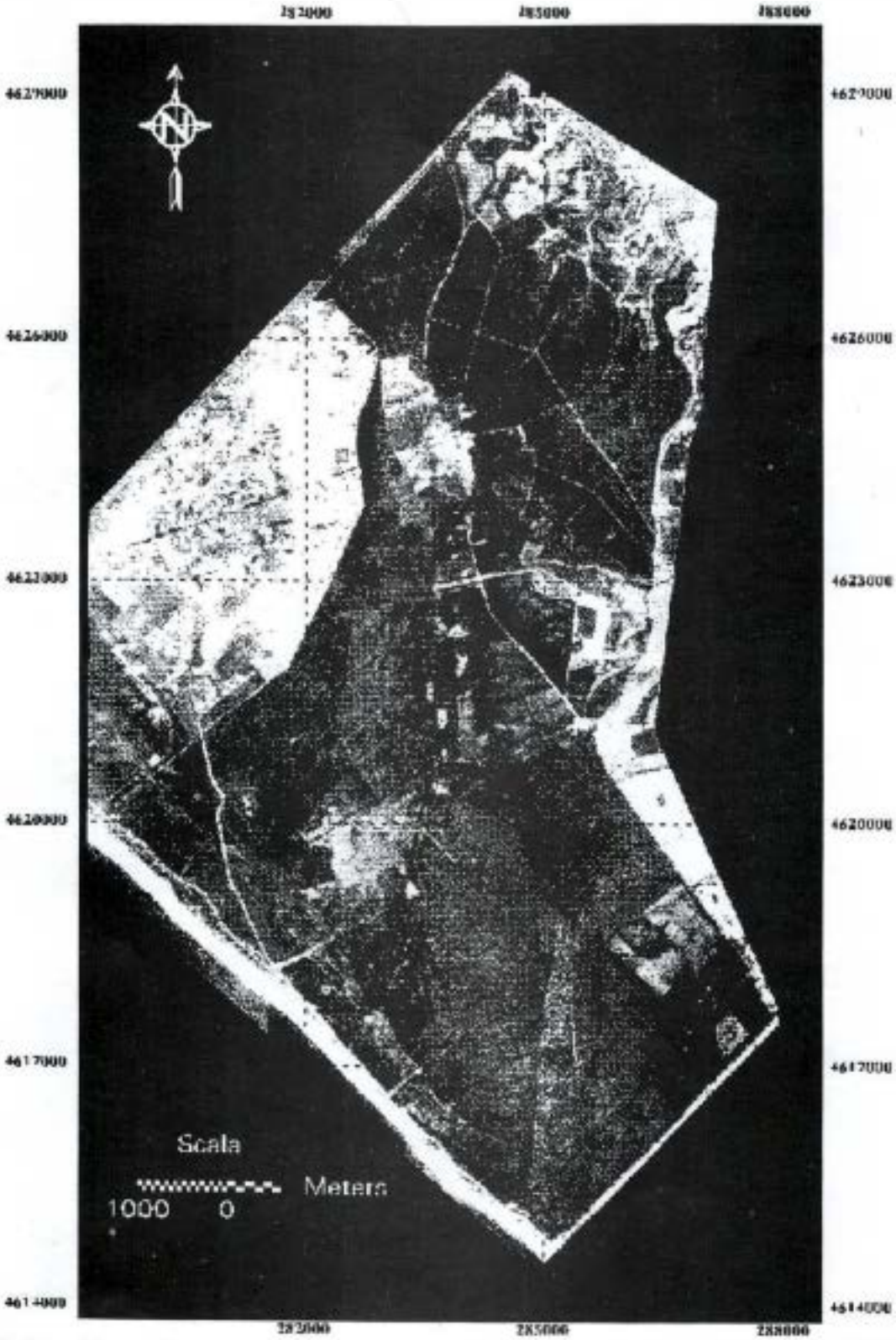



Fig. 3 - Mosaico d'immagini Daedalus ATM 1268

II° SEMINARIO
12 MAGGIO 1995

GRUPPO DI LAVORO

# ATMOSFERA

Responsabile: Prof. Luciano Morselli

## UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI


**CNR - Istituto Inquinamento Atmosferico - Montelibretti - Roma**
*I.Allegrini, P. Masia, G. Zurlini, S. Mura, R. Ricci*

**Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale**
*F. Manes, A. Grignetti*

**CNR - Area di Ricerca Frascati**
*A. Guerrini, R.Salvatori, R. Casacchia,*

**ENEA amb-inf-trad CR Frascati - Roma**
*S.Merolli, S.Polenta, F.Gregori, G.Aspri, D. Cataldi, I. Olivetti, S. Rea*

**Ministero dell'Ambiente**
*L.Morselli*

**ISPESL - Roma**
*L. Lepore, I. Ventrone, G. Scalisi, M. Rabuazzo, F.Sallusti, P. Di Filippo, U. Poli, M. Ippoliti, V.Rocchi, E. Lusardi*

**ENEL**
*R. Passerini, P. Bacci, A. Novo, G. Pedrocchi*

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | **ATMOSFERA** |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Studio di inquinanti in atmosfera e loro trasformazione in un ecosistema naturale. Interazioni con l'ambiente. |
| *RESPONSABILE* | Prof. L. Morselli<br>Ministero dell'Ambiente |

## ATTIVITA' DI RICERCA DEL GRUPPO DI LAVORO

Il Gruppo di Lavoro ATMOSFERA con sette U.O. e 30 ricercatori rappresenta il Gruppo più consistente con diverse linee di ricerca attivate. Il campo interessato è piuttosto ampio a considerare dai rilevamenti, elaborazione e calcolo dei dati da satellite, dal campionamento ed analisi in campo delle specie chimiche in atmosfera, ai meccanismi di diffusione e trasformazione degli inquinanti, alla chimica delle deposizioni umide, allo studio dell'interazione con l'ambiente circostante Le ricerche hanno un duplice obiettivo, il primo rivolto alla caratterizzazione dell'atmosfera di Casteporziano, considerandone gli aspetti che più la distinguono da altre realtà territoriali simili per clima e attività colturali presenti o diversificate per attività antropogeniche, secondo nel porre le basi per una elaborazione e registrazione dei dati utili alla costruzione ed attivazione del Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano. Le linee ed i risultati delle ricerche che vengono presentate al Il Seminario corrispondono schematicamente a: - Acquisizione ed elaborazione di dati via satellite.

Approfondimento e nuove elaborazioni di dati telerilevati da campagne precedenti rapportati al calcolo degli indici di verde (indice di biomassa, indice di stress idrico) relativamente al periodo stagionale piu critico Studio della dinamica dell'isola di calore di origine urbana e suoi potenziali effetti sulla tenuta. - Fonte degli inquinanti, loro rilevazione e caratterizzazione attraverso campagne di monitoraggio, con alternanza stagionale, e con l'uso di mezzi mobili attre~z~ti e di strumenti remote sensing quali il D.O.A.S. (Spettrometro di Assorbimento Ottico Differenziale); I risultati ottenuti mostrano una dipendenza diretta tra la natura e concentrazione degli inquinanti con la direzione del vento (es. fonti antropogeniche dalla direzione NW - Ostia). Contemporaneamente è stata verificata una reattività atmosferica attraverso gli andamenti di inquinanti secondari; - La chimica delle deposizioni atmosferiche umide, prime elaborazioni di dati acquisiti in tre anni di monitoraggio (lg92-94). I dati vengono espressi in termini di concentrazione e di quantità depositata al suolo. I parametri sono gli stessi considerati nella rete di monitoraggio RIDEP del Ministero dell'Ambiente. I risultati mostrano un pH delle piogge in un range 5.5-6.0 e valori mediani degli altri parametri simili a zone costiere ed interne alla penisola. Inoltre, la chimica delle deposizioni umide raccolte dalle due stazioni attivate in tenuta a distanza di alcuni km (località Trafusa e Tor Paterno~, presentono dati differenziati soprattutto per le specie NH4 e NO3 e per l'influenza dello spray marino per la stazione vicina al litorale; - Evoluzione delle specie acide gassose ed aerosoliche in atmosfera. I dati delle campagne et`fettuate anche in anni recenti, hanno permesso di studiare le reazioni che avvengono direttamente in atmosfera durante il giorno e per effetto dell'aerosol marino. Sono state inoltre studiate le deposizioni secche delle specie acide.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | **A T M O S F E R A** |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | ANALISI DI DATI TELERILEVATI, INDAGINI DI CAMPO E STUDI DI BIOINDICAZIONE |
| *RESPONSABILE* | Prof. F. Manes |
| *UNITA' OPERATIVE* | Univ. "La Sapienza"- Dip. Biologia Vegetale - Roma,<br>CNR - Area della Ricerca di Frascati<br>ISPESL - Dipartimento Impatto Ambientale - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | F. Manes, A. Grignetti<br>A. Guerrini, R. Salvatori, R. Casacchia<br>U. Poli, M. Ippoliti, V. Rocchi, E. Lusardi |

## INTRODUZIONE

La continua azione antropica sul territorio determina dei cambiamenti a volte anche rapidi del paesaggio che richiedono continue analisi della struttura e dello stato funzionale degli ecosistemi sia per trovare idonee soluzioni di gestione sia per effettuare un'azione di monitoraggio.

Il recente sviluppo di tecnologie di analisi territoriale, quali ad esempio il telerilevamento, consente di acquisire e gestire un numero elevato di informazioni di carattere ambientale. I dati telerilevati, infatti, si sono rivelati utili nella classificazione degli ecosistemi, nella descrizione spaziale delle diverse condizioni, e possono contribuire inoltre alla conoscenza della diversità biologica [1,2]. Il telerilevamento possiede quindi una elevata potenzialità per l'analisi del paesaggio, per rilevare la frammentazione degli habitat e i relativi cambiamenti nel tempo [3,4].

Può inoltre contribuire allo studio di comunità vegetali in stato di stress macroscopicamente visibile, mediante l'analisi di appropriati indici di vegetazione che rilevano le variazioni nella riposta spettrale in funzione del contenuto in pigmenti fotosintetici e del grado di saturazione idrica [5].

Un ulteriore aspetto relativo agli studi di telerilevamento riguarda l'analisi dell'isola di calore [6], fenomeno che si configura come una anomalia della distribuzione delle isoterme, con un aumento della temperatura al suolo in corrispondenza del centro delle aree urbane, dovuto alla modificazione dei parametri di superficie conseguente all'urbanizzazione [7]. Il fenomeno dell'isola di calore si verifica in particolari situazioni metereologiche principalmente durante la stagione invernale. L'aria calda prodotta dalle attività urbane (traffico autoveicolare, riscaldamenti domestici, emissioni industriali, ecc.) contrasta l'inversione termica tipica delle aree rurali circostanti ma senza riuscire a spezzarla del tutto. Si crea così una "bolla" che intrappola nell'atmosfera urbana l'aria carica di agenti inquinanti., all'interno della quale è presente una circolazione atmosferica dovuta al richiamo di aria fredda dai bassi strati dell'atmosfera proveniente dalla campagna circostante. In condizioni di atmosfera stabile, detta circolazione può diventare continua, determinando il ricircolo dei fumi inquinanti entro la città, mentre lo strato di inversione ne impedisce la dispersione. Quando lo strato di inversione al contorno tra centro urbano e periferia si solleva ad esempio per effetto del riscaldamento della superficie rurale, allora si crea un flusso di aria uscente dal centro urbano che si muove prevalentemente in direzione sottovento.

Gli obiettivi prioritari indentificati dal Gruppo di Telerilevamento sono i seguenti:

- approfondire le conoscenze fino ad oggi acquisite sull'analisi fisionomico-strutturale della vegetazione mediante indici elaborati da dati telerilevati da satellite;
- analizzare le correlazioni tra gli indici suddetti e indici climatici;
- studiare la dinamica dell'isola di calore di origine urbana e suoi potenziali effetti sulla Tenuta;

- effettuare rilevamenti di campo;
- realizzare un confronto e le eventuali integrazioni dei dati ottenuti con quelli degli altri Gruppi di ricerca.

## PARTE SPERIMENTALE

Sono state utilizzate immagini Landsat TM appartenenti al "frame" 191-31 IVQ relative a 22 luglio 1988, 29 agosto 1990, 16 agosto 1991, 2 agosto 1992 e 6 novembre 1992.
Per l'elaborazione degli Indici Climatici, sono stati utilizzati i dati termopluviometrici giornalieri relativi al periodo storico gennaio 1981- settembre 1992 registrati dalla stazione meteorologica di Castelporziano e messi a disposizione dalla Direzione della Tenuta. Per lo studio della situazione meteorologica sono stati elaborati i dati misurati dal laboratorio mobile dell'ISPESL durante la campagna sperimentale effettuata dal 12 febbraio al 22 marzo 1995.

Il lavoro relativo al primo anno di indagine sulla base delle conoscenze già acquisite in precedenti studi, è stato articolato nelle seguenti fasi:

**Analisi dei dati telerilevati per la determinazione degli indici di vegetazione**
La scelta delle immagini relative al periodo estivo è stata effettuata allo scopo di analizzare l'andamento del comportamento spettrale della vegetazione durante la stagione con aridità estiva.
Le immagini sono state normalizzate utilizzando la tecnica dell' "invariant target" e georiferite sulla base delle tavolette topografiche IGM (scala 1:25000). Sono stati quindi elaborati "Indici di Verde": indice normalizzato TM (4-3)/(4+3) e l'indice di stress idrico TM 5/4. Mentre l'indice normalizzato dà indicazioni sulla biomassa fotosinteticamente attiva [8], l'indice di stress è messo in relazione all'assorbimento spettrale da parte dell'acqua [9].
Sono state campionate quattro formazioni vegetazionali maggiormente rappresentative per estensione e per omogeneità floristica: la macchia mediterranea alta, i rimboschimenti a *Pinus pinea*, il bosco misto caducifoglio con strato dominato di *Carpinus orientalis* (bosco A) e il bosco misto caducifoglio con uno strato arbustivo di specie sclerofille (bosco B). I dati sono stati valutati mediante analisi della varianza (ANOVA).

**Analisi dei dati climatici**
I dati climatici sono stati ottenuti dall'elaborazione dei dati giornalieri delle temperature massime e minime e delle precipitazioni al fine di ottenere valori medi sia storici che annuali per l'elaborazione del diagramma di Bagnouls-Gaussen [10].

**Analisi dei dati telerilevati per la determinazione dell'isola di calore**
La metodologia utilizzata è stata la seguente: scelta dell'immagine invernale Landsat TM "frame" 191-31 del 6.11.92, sette bande, dati corretti, sulla quale sono state effettuate le seguenti operazioni:
- estrazione di un'area avente dimensioni di circa 30 x 40 km e comprendente la città di Roma e la Tenuta di Castelporziano;
- georiferimento dell'immagine e correzione radiometrica [11];
- posizionamento sull'immagine delle centraline della rete di misura dell'inquinamento atmosferico della città di Roma;
- esame spettrale e filtratura della banda TM6 termica [12-15];
- elaborazione dei dati di inquinamento misurati dalle centraline della rete di Roma;

- determinazione delle correlazioni tra i numeri digitali DN ed i valori della temperatura e delle concentrazioni al suolo di $SO_2$ misurate dalle centraline.

**Analisi di dati meteorologici**

Per la determinazione dei flussi atmosferici interessanti l'inquinamento atmosferico sulla Tenuta, sono stati elaborati i parametri meteorologici misurati dal laboratorio mobile dell'ISPESL durante la campagna sperimentale effettuata dal 12 febbraio al 22 marzo 1995. In particolare le misure meteorologiche sono state effettuate alla quota di 10 m sulla postazione di misura situata a Tor Paterno. I dati comprendono la velocità e la direzione del vento per la determinazione della provenienza dell'inquinamento atmosferico sulla Tenuta, nonchè la temperatura e la radiazione solare netta per la correlazione con i dati satellitari. Si fa presente che durante la campagna di misure, vi sono stati tre passaggi di satellite Landsat TM nei giorni 16.2, 4.3 e 20.3.95, alle ore 9.30 circa, non utili a causa di copertura nuvolosa sulla Tenuta.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

**Indici di vegetazione e dati climatici**

In figura 1a è riportato il diagramma di Bagnouls-Gaussen relativo alla serie storica (1981-1992), da cui si evince un periodo di aridità estiva abbastanza pronunciato da metà maggio fino ad agosto che caratterizza il territorio della Tenuta.

L'analisi degli indici di vegetazione ed in particolare l'indice di stress idrico (TM5/TM4) ha evidenziato per gli anni esaminati delle differenze statisticamente significative relativamente alle pinete e ad una delle due tipologie di bosco misto caducifoglio (bosco A).

In particolare, per la macchia e per il bosco misto caducifoglio che presenta uno strato arbustivo di sclerofille sempreverdi (bosco B), i valori dell'indice di stress non mostrano variazioni rilevanti per i quattro anni considerati (figura 2).

Differenze significative tra gli anni è possibile osservarle per gli indici delle pinete e in maggior misura per il bosco misto caducifoglio con strato dominato di *Carpinus orientalis*. Mentre per le pinete l'indice risulta statisticamente significativo solo per il 1990, per la formazione caducifoglia (bosco A) l'aumento interessa il 1990 e il 1991, mentre per il 1988 si osserva solo una tendenza verso valori più elevati (figura 2).

Come accennato in precedenza, valori più elevati dell'indice caratterizzano situazioni di potenziale stress idrico a cui la vegetazione in studio è sottoposta [5].

Una conferma a quanto emerso dai dati telerilevati la si è avuta dai diagrammi di Bagnouls-Gaussen relativi agli anni 1990 e 1992 (figura 1b, 1c) per i quali è possibile notare un notevole incremento del periodo di aridità estiva con una riduzione delle precipitazioni che diventano quasi del tutto assenti nei mesi di luglio 1990 e di agosto 1992.

**Isola di calore e dati meteorologici**

L'elaborazione dell'immagine del 6.11.92 riportata nella figura 3, ha confermato la presenza dell'isola di calore sulla città di Roma. L'analisi del legame tra la radianza sia complessiva che corretta in base alle emissività delle superfici, espressa come numero digitale, ed i valori di temperatura misurati al suolo ha evidenziato l'esistenza di una correlazione di tipo lineare con coefficienti pari a 0.82 e 0.91 rispettivamente.

Per l'area urbana di Roma, in corrispondenza di una variazione di numeri digitali da 110 a 124, si è riscontrato un intervallo di temperatura dai 10 ai 17.5 °C.

Per quanto riguarda la correlazione tra la radianza complessiva e la concentrazione al suolo di $SO_2$, assunto come indice dello stato di inquinamento, questa è di tipo inverso imputabile alla presenza

nell'atmosfera di sostanze opacizzanti che alterano il valore di radianza percepito dal sensore [8]. Per lo stesso intervallo di numeri digitali, si ottengono valori della concentrazione di $SO_2$ compresi tra 8.8 e 30.2 µg/mc. Il coefficiente di correlazione è risultato pari a 0.83.
Per la Tenuta di Castelporziano, dalla mappa delle radianze riportata nella figura 4, si sono ottenuti valori di numeri digitali da 113 a 124.
Lo studio della situazione meteorologica è stato condotto ai fini della determinazione dell'andamento medio locale in modo generale e della conoscenza della situazione al momento del passaggio del satellite in modo puntuale. Sono state determinate le medie orarie nelle 24 ore del periodo di osservazione della direzione e velocità del vento, della temperatura e della radiazione solare netta. I risultati sintetizzati nelle figure 5a e 5b mostrano l'andamento tipico dei regimi di brezza, e precisamente dalle ore14 alle18 per la brezza di mare (vento da SW), e dalle 6 alle 10 per la brezza di terra (vento da NE). Il vento da NE (frequenza del 25%) indica un probabile inquinamento proveniente dalla città di Roma, mentre i venti da SE (frequenza del 4%) e da NW (frequenza dello 0.1%) provengono rispettivamente dai centri urbani di Torvaianica - Pomezia e da Ostia.
I dati meteorologici mediati tra le ore 9 e 11al momento dei tre passaggi del satellite sono risultati: temperatura 11 °C, radiazione solare netta 17 $W/m^2$, velocità del vento 2.5 m/s, direzione del vento 190°.

## CONCLUSIONI

I risultati ottenuti in questo studio mostrano come alcuni indici telerilevati possono costituire un valido approccio sperimentale negli studi di bioindicazione congiuntamente ai dati climatici e ad ulteriori parametri analizzati per caratterizzare e monitorare la qualità ambientale del sito in esame.
Per quanto riguarda lo studio dell'isola di calore, in assenza di conferme sperimentali durante le stagioni invernali, allo stato le correlazioni ricavate per la città di Roma non possono essere estese anche alla Tenuta di Castelporziano in considerazione della particolare situazione meteorologica e climatica locale e della caratteristica della Tenuta, sito unicamente ricettore nei confronti del suo interland.
Successivi studi e validazioni sperimentali consentiranno di determinare correlazioni approfondite ad hoc anche in relazione agli inquinanti tipici del sito. Sembra infine opportuno prevedere l'utilizzo di altri satelliti più operativi, anche se con minore risoluzione geometrica (tipo NOAA), o di satelliti con sensori a microonde attive (tipo ERS1).

## BIBLIOGRAFIA

[1] WICKLAND, D.F., 1991, Global ecology: the role of remote sensing, In: Facets of modern ecology Esser G. and Overdieck D. (editors), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

[2] STONE, T.A., SCHLESINGER, P., HOUGHTON, R.A., WOODWELL,G.M., 1994, A map of the vegetation of South America base on satellite imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 60 (5), 541-551.

[3] GREEN, K., KEMPA, D., LACKEY, L., 1994, Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 60 (3), 331-337.

[4] CHAVEZ, P.S., MACKINNON, D.J., 1994, Automatic detection of vegetation changes in the Southwestern United States using remotely sensed images, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 60 (5), 571-583.

[5] THENKABAIL, P.S., WARD, A.D., LYON, J.G., MERRY, C.J., 1994, Thematic Mapper vegetation indices for determining soybean and corn growth parameters, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 60 (4), 437 - 442.

[6] FRIGERIO, A., ROSSI, D., 1994, Inquinamento atmosferico, Volume edito da GSISR.

[7] MANTOVANI, F. et al., 1986, Temperatura superficiale del suolo telerilevata da satellite nell'infrarosso termico

[8] TUCKER, C.J., 1979, Red and photographic infrared linear conbinations for monitoring vegetation, Remote Sensing of Environment, 8, 127-150.

[9] ROCK, B.N., VOGELMANN, J.E., WILLIAMS, D.L., VOGELMANN, A.F., HOSHIZAKI, T., 1986, Remote detection of forest damage, BioScience, 36, 439-445.

[10] BAGNOULS, F., GAUSSEN, H., 1957, Les climats biologiques et leur classification, Ann. Geogr., 66, 355, pp. 193-220.

[11] LIONETTI, L., 1993, Problemi campionari connessi al telerilevamento, Metodi statistici per le analisi territoriali, edito da Sergio Zani.

[12] BIZZARRI, B., PAGANO, P., 1983, Temperature del suolo osservate dallo spazio, Rivista di meteorologia Aeronautica, XLIII, n.4.

[13] CRIPPEN, R.E., 1989, A simple spatial filtering routine for the cosmetic removal of scan-line noise from Landsat TM p-tape imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, no.3.

[14] FINZI, G., LECHI, G.M., 1987, A study of the relationship between air pollution episodes and the total radiating power in the urban area of Milan, Proceedings of EARSeL Symposium, Noordwijkerhout (The Netherlands), May 1987.

[15] POLI, U. et al., 1993, Study of the heat island over the city of Rome from Landsat TM satellite in relation with urban air pollution, Proceedings of EARSeL Symposium, Dundee (Scotland), July 1993.

Fig. 1a

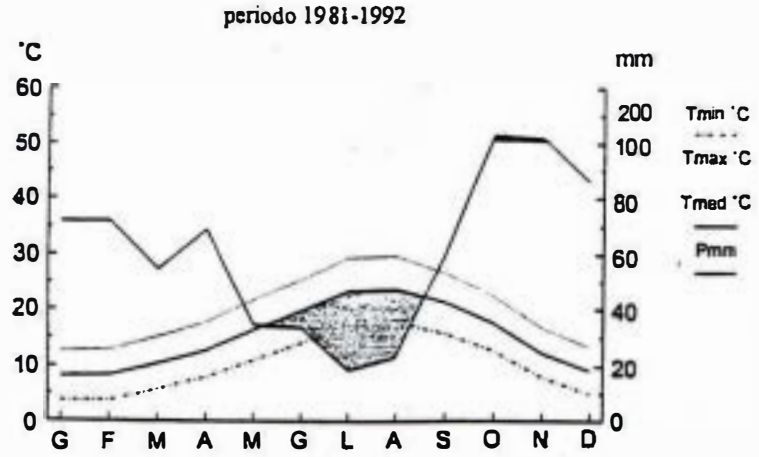



Fig. 1b

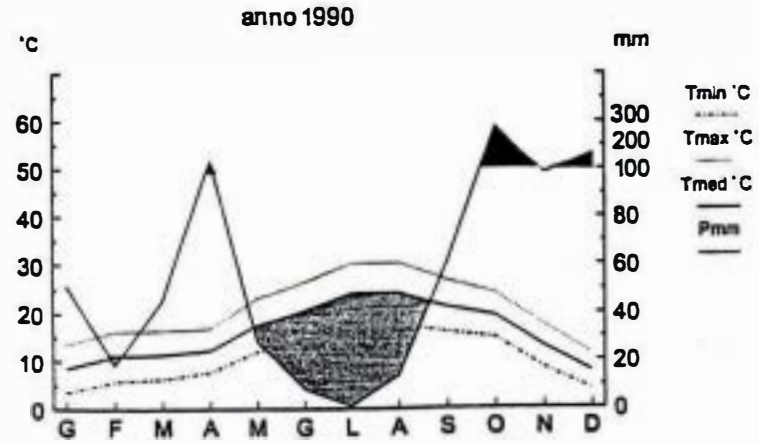
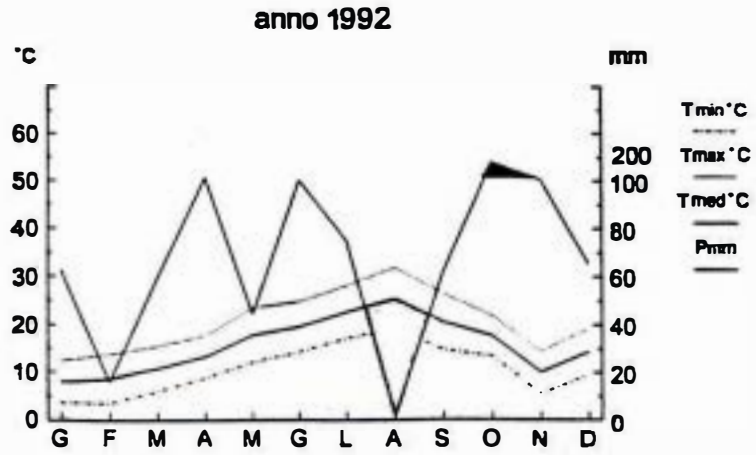
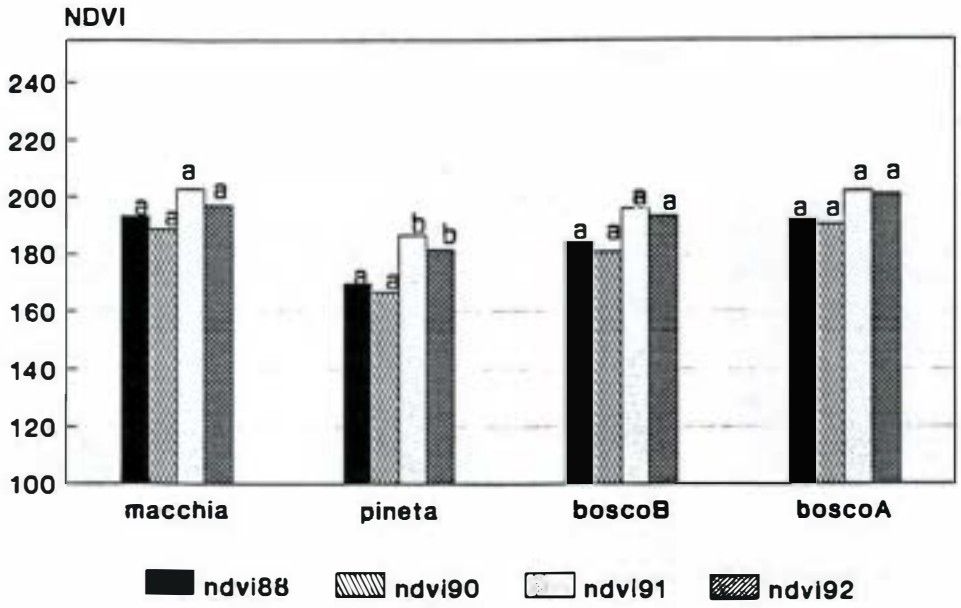



Fig. 1c



a) confronto multitemporale dell'indice biomassa normalizzato (NDVI)




b) confronto multitemporale dell'indice stress idrico (TM5/4)

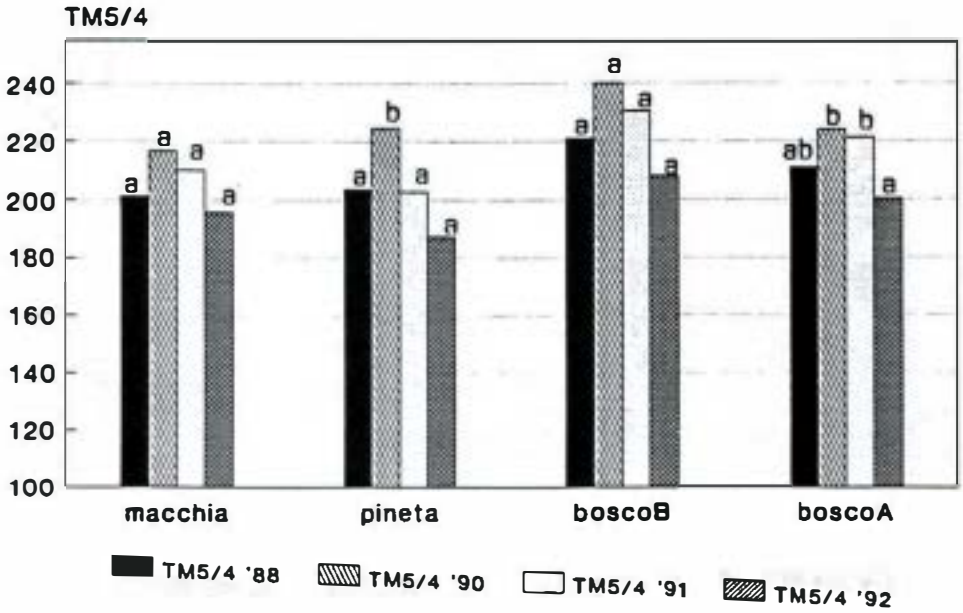



Fig. 2

Programma di monitoraggio Tenuta di Castelporziano
Gruppo di telerilevamento
Mappa delle radianze. Landsat TM 6 (06/11/1992)

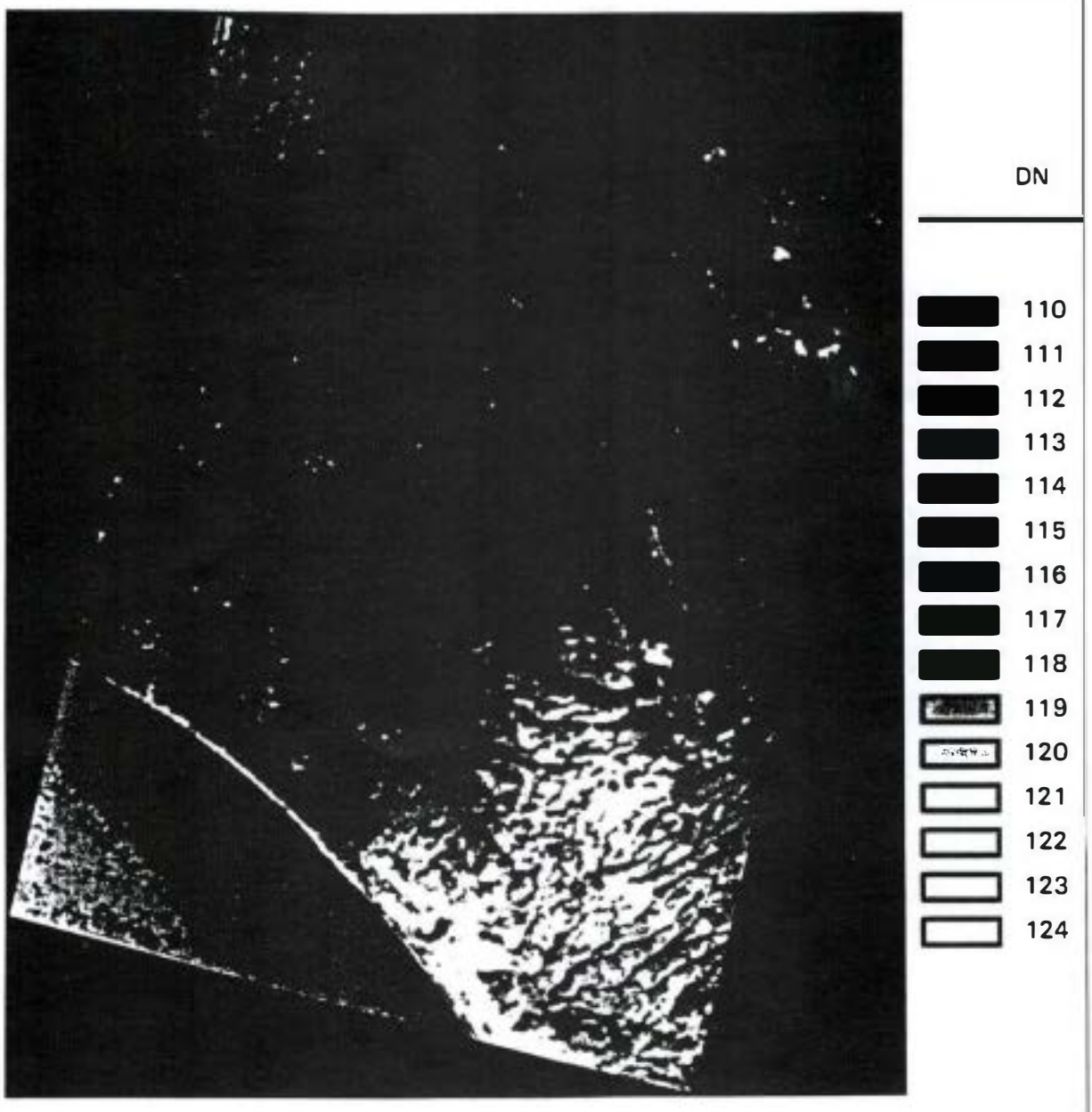



Fig.3

Programma di monitoraggio Tenuta di Castelporziano
Gruppo di telerilevamento
Mappa delle radianze - Landsat TM 6 (06/11/1992)

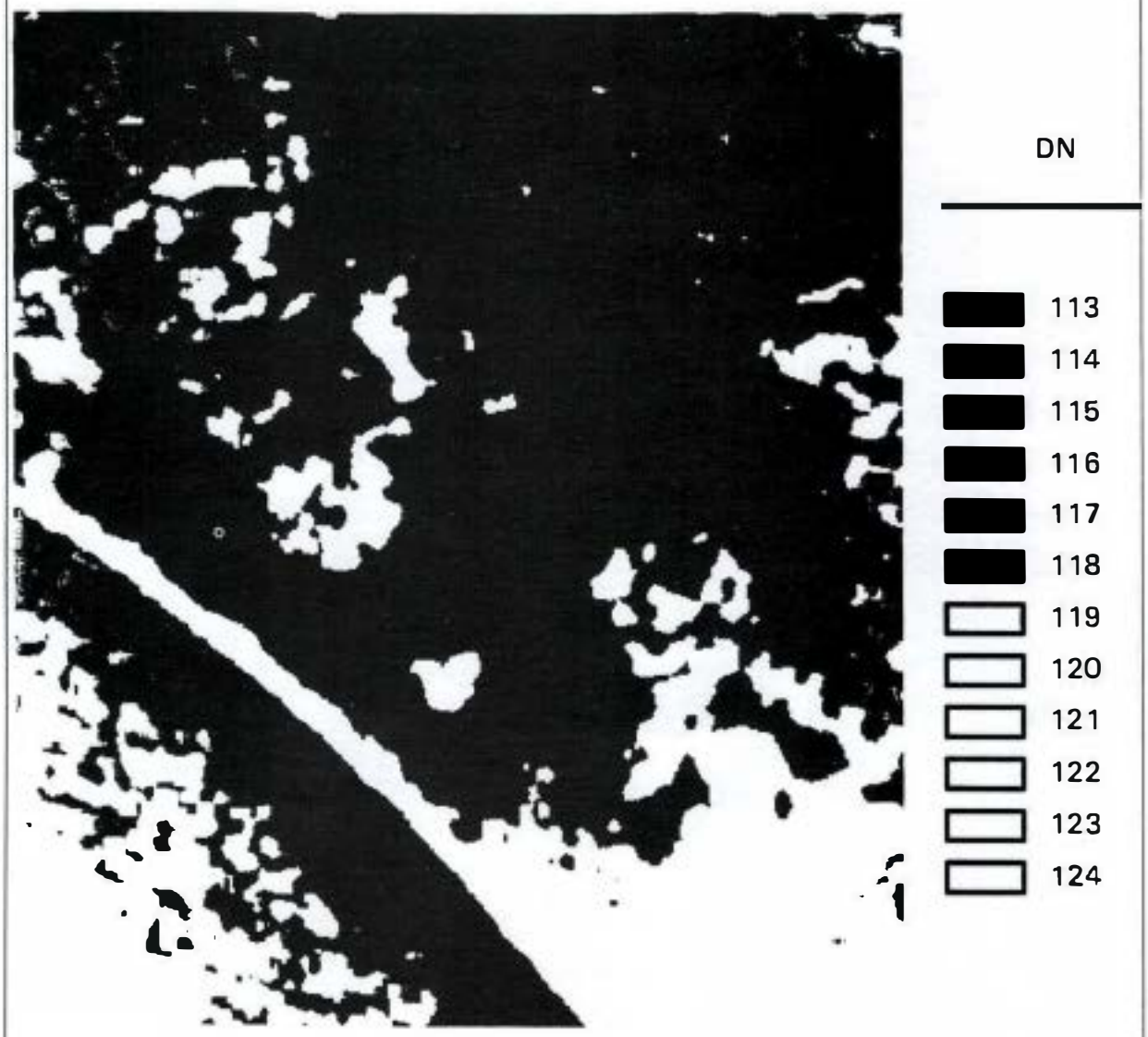



Fig.4

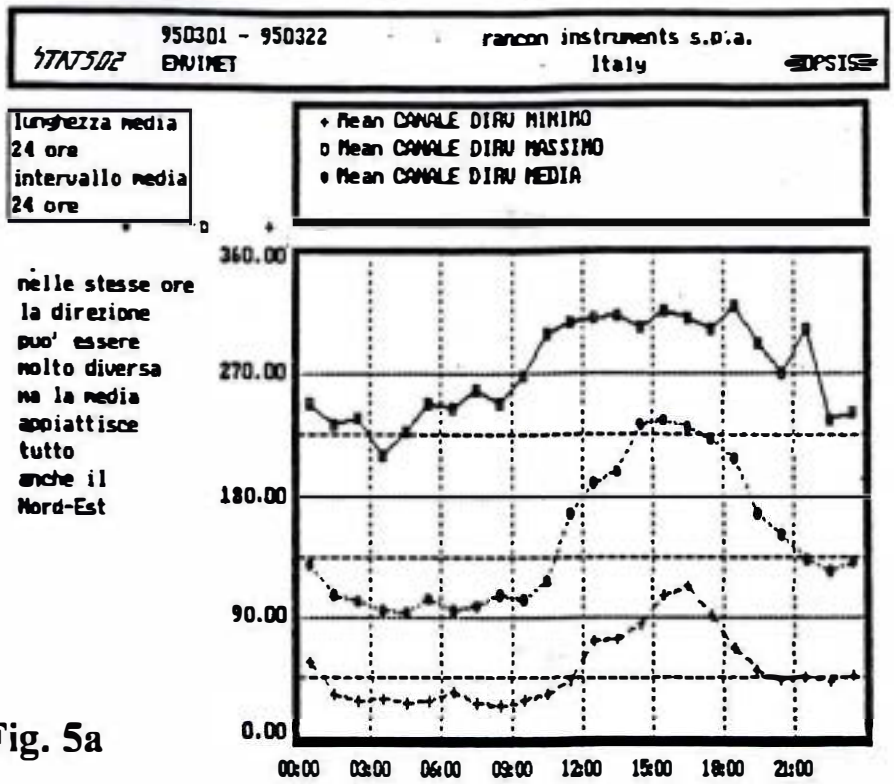

STATSOF
950301 - 950322
ENVIMET
rancon instruments s.p.a.
Italy
DPSIS
lunghezza media
24 ore
intervallo media
24 ore
+ Mean CANALE DIRU MINIMO
□ Mean CANALE DIRU MASSIMO
• Mean CANALE DIRU MEDIA
nelle stesse ore
la direzione
puo' essere
molto diversa
ma la media
appiattisce
tutto
anche il
Nord-Est
360.00
270.00
180.00
90.00
0.00
00:00
03:00
06:00
09:00
12:00
15:00
18:00
21:00

Fig. 5a

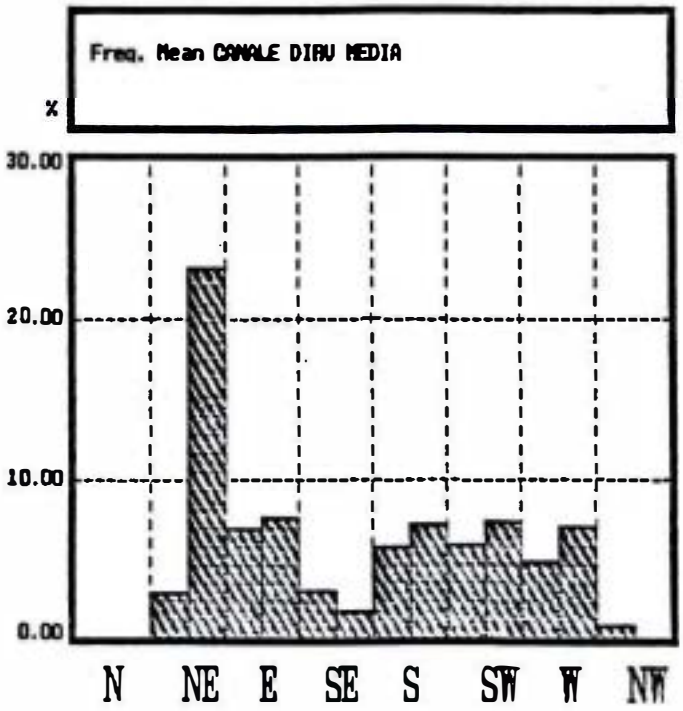

Freq. Mean CANALE DIRU MEDIA
%
30.00
20.00
10.00
0.00
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW

Fig. 5b

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | ATMOSFERA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | CAMPAGNA INVERNALE DI MONITORAGGIO ATMOSFERICO: RISULTATI DELLE MISURE E CORRELAZIONE CON IL REGIME ANEMOLOGICO |
| *RESPONSABILI* | Dr. L. Lepore, Dr. S. Merolli |
| *UNITA' OPERATIVE* | ISPESL - Roma<br>ENEA amb-inf-trad - CR Frascati - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | L. Lepore, F. Sallusti, G. Scalisi, I. Veltrone<br>S. Merolli, S. Polenta |

## INTRODUZIONE

Nell' ambito del programma di monitoraggio ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, le Unita' Operative ISPESL-ENEA del Gruppo di Lavoro "ATMOSFERA", Linea di ricerca "Fonti degli inquinanti, loro rilevazione e caratterizzazione", hanno effettuato la prima campagna invernale, della durata di circa 40 giorni (febbraio - marzo 1995), per la misura di inquinanti gassosi e particellari ai fini di una valutazione preliminare dell'inquinamento atmosferico, della sua origine nonche' della sua caratterizzazione anche in relazione alle condizioni di stabilita' atmosferica.

Lo scopo che l'attivita' di monitoraggio, prevista a frequenza stagionale, si prefigge di raggiungere e' quello di descrivere le variazioni nei vari periodi dell'anno delle concentrazioni in aria di inquinanti gassosi e particellari al fine di valutare la perturbazione introdotta su un ecosistema naturale, quale puo' essere considerato la Tenuta di Castelporziano, dal traffico veicolare su strade costeggianti la Tenuta e dalla pressione di aree fortemente urbanizzate situate a distanze relativamente brevi.
I risultati potranno essere utilizzati per la valutazione dei danni biologici alla vegetazione in prossimita' di nuclei di alta densita abitativa ed in particolare per il confronto con i risultati ottenuti con gli indicatori biologici predisposti all'interno della Tenuta.

## PARTE SPERIMENTALE

### Zona monitorata

Il laboratorio mobile e' stato posizionato all' interno della Tenuta in localita' Tor Paterno in prossimita' della ex casermetta Carabinieri.
Nella stessa zona e' stato installato lo spettrometro ottico differenziale con il ricevitore posto presso la medesima costruzione e la sorgente luminosa a 200 m da questa in direzione sud-ovest ad una altezza di circa 4 m, con percorso ottico parallelo alla posizione del Laboratorio mobile.

### Strumentazione e metodi di misura

Lo strumento remote sensing utilizzato in questa indagine e' un sistema di misurazione a tecnologia innovativa "D.O.A.S.- Spettrometro di Assorbimento Ottico Differenziale", che sfrutta il principio di assorbimento di luce nelle regioni spettrali del vicino U.V. e del visibile di specie inquinanti con strutture vibrazionali distinte, secondo la nota legge di Lambert-Beer.

La sorgente luminosa (lampada xenon ad alta pressione), con spettro di emissione continuo, invia un fascio di luce attraverso l'ambiente da analizzare; il ricevitore posto al termine del percorso ottico (fino a 2 km) convoglia il raggio in una fibra ottica ed attraverso questa all'analizzatore.
L'apparecchio e'stato tarato e programmato per il monitoraggio dei seguenti inquinanti: - biossido di zolfo, $SO_2$ - biossido di azoto, $NO_2$ - ozono, $O_3$ - benzene, $C_6H_6$ - toluene, $C_7H_8$ - acido nitroso , $HNO_2$ - formaldeide, $CH_2O$.

L'unita' mobile e' dotata di:
- analizzatori in continuo per la misura di:
  - -) polveri totali sospese e particolato PM10
  - -) $SO_2$, biossido di zolfo
  - -) NO, ossido di azoto
  - -) $NO_2$, biossido di azoto
  - -) $O_3$, ozono
  - -) NMHC, idrocarburi totali escluso il metano
  - -) CO, ossido di carbonio
- centralina meteo per la misura della temperatura, della umidita' relativa, della direzione e velocita' del vento, della pressione atmosferica e della intensita' della radiazione solare

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Svolgimento della campagna di misura - Risultati delle misure

La prima fase della ricerca, condotta dalla 1^ decade di febbraio alla 2^ decade di marzo 1995, e' consistita nella individuazione delle correlazioni esistenti tra la concentrazione dei vari inquinanti e le condizioni meteo, nel caso in esame direzione e velocita' del vento. Lo stato di qualita' dell'ambiente atmosferico della Tenuta di Castelporziano, dipende dall'evoluzione dinamica delle sostanze inquinanti dai punti sorgente al ricettore, funzione delle situazioni di turbolenza dei bassi strati dell'atmosfera che si verificano in regime di brezza, caratteristico delle zone costiere.
Infatti la Tenuta si configura come un "corpo vuoto" nel quale la permanenza degli inquinanti e la loro concentrazione e' in stretta dipendenza con le variabili anemologiche e le condizioni di stabilita' atmosferica (in genere stabilita' notturna ed instabilita' diurna) che determinano il flusso inquinante di entrata dalle zone limitrofe antropizzate e la sua evoluzione.
Vengono di seguito presentati in forma grafica alcuni andamenti delle concentrazioni dei vari inquinanti rilevate nella 1^ campagna di misura nonche' i profili della direzione di provenienza del vento i quali mettono in evidenza il contributo prevalente del fenomeno del trasporto nella variazione della concentrazione degli inquinanti nell'area considerata (fig. 1).
Una seconda rappresentazione grafica (fig. 2) mette in risalto, in forma polare, il legame tra concentrazione delle sostanze e direzione del vento. Dall' esame degli andamenti anemologici si evidenzia come il regime di brezza, cui e' sottoposta l'area in esame, si verifica in genere puntualmente con andamento da est-nordest a ovest-sudovest, determinando un contributo di inquinamento differenziato, come quantita' e caratterizzazione, a seconda se il punto sorgente e' Roma (est-nordest), Torvaianica-Pomezia (sudest), mare (ovest-sudovest, ovest-nordovest), Ostia-Fiumicino (nordovest).
Gli scenari di inquinamento che si verificano sono rappresentati prevalentemente dalla presenza di inquinanti primari che provengono dalle zone antropizzate, con valori massimi di NO e $SO_2$, quando il vento proviene da est-nordest.
Il particolato, pur presentando nelle medesime condizioni anemologiche valori di concentrazione che ne testimoniano la provenienza dalle zone urbanizzate, e quindi l'origine da processi di combustione,

raggiunge valori massimi quando il vento spira prevalentemente dai quadranti occidentali, con specifici contributi locali dovuti verosimilmente ad aerosol marino e/o risospensione di particolato dalla vicina strada litoranea che corre ad una quota superiore a quella della stazione di monitoraggio.
L'inquinamento di origine secondaria, caratterizzato prevalentamente dalla presenza di NO2 ed O3, segue l'andamento normale, funzione della radiazione solare, durante i periodi di regime di brezza. Al contrario, quando la direzione di provenienza del vento si stabilizza dai quadranti occidentali, soprattutto ovest-sudovest (dal mare), si hanno, sia nel periodo diurno che notturno, concentrazioni pressoche' costanti di O3, quasi ai valori massimi, che evidenziano un preciso fenomeno di trasporto.
In fig. 3 vengono presentati gli andamenti di toluene e benzene, inquinanti primari prodotti dall'attività antropica, anch'essi correlati alle condizioni meteo, e quelli di aldeide formica ed acido nitroso che denotano soprattutto le caratteristiche di reattività legate ai processi fotochimici.

## Confronto con precedenti campagne nello stesso sito e campagne in localita' similari

A titolo di confronto vengono riportati i risultati, limitatamente all'ozono ed al biossido di azoto, di due campagne di misura effettuate, una nella stessa zona all'interno della Tenuta di Castelporziano nel febbraio 1992 e l'altra nel Parco Nazionale del Circeo in localita` Villa Fogliano nel gennaio 1995. Il Parco del Circeo è situato ad una distanza di circa 100 km da Castelporziano in una zona con caratteristiche geografiche e naturalistiche in parte analoghe a quelle della Tenuta, ed è inoltre sottoposto ad un notevole impatto antropico.
I risultati delle misure, riportati in fig. 4, mostrano che l'andamento ed i valori massimi delle concentrazioni medie orarie di O3 e NO2, registrati nelle due campagne all'interno della Tenuta a distanza di tre anni, sono sostanzialmente simili, essendo stati registrati valori massimi giornalieri di circa 100 microg/m3 per l'ozono e di circa 70-80 microg/m3 per il biossido di azoto. La campagna di misura all'interno del Parco del Circeo ha evidenziato concentrazioni medie orarie dei due inquinanti di livello inferiore, essendo i massimi giornalieri attestati intorno al valore di 80 microg/m3 per l'ozono e di 50 microg/m3 per il biossido di azoto. I risultati delle misure all'interno del Parco del Circeo evidenziano un fenomeno di trasporto dell'ozono in presenza di venti provenienti da S.

## CONCLUSIONI

L'analisi dei dati raccolti in questo primo monitoraggio e' stata effettuata con l'obiettivo di verificare l'apporto di inquinanti nell'area protetta dovuto alla realta' antropica confinante e soprattutto studiarne le provenienze prevalenti.
I risultati ottenuti mostrano una dipendenza diretta degli inquinanti, della loro natura e concentrazione dalla direzione del vento ed una contemporanea azione della reattivita' atmosferica che si manifesta negli andamenti degli inquinanti secondari con aspetti che dovranno essere approfonditi nel corso delle successive campagne.

## BIBLIOGRAFIA

[1] KARLSSON, R., 1990, Environmental control using long path measurements. Proceedings of the 1990 EPA/AWMA - International Symposium Res. Tri. Park, NC, 1-7

[2] PLATT, U., PERNER, D., 1980, Direct measurement of atmospheric CH2O, HNO2, O3 and SO2 by differential optical absorption in thr near UV. J. Geophys. Res., 85, 7435-7458.

[3] STEVENS, R.K., PURDEN, L.J., VOSSLEV, T.L., 1991, Air quality monitoring with the Differential Optical Absorption Spectrometry. Paper presented at SPIE: OE / AEROSPACE Sensing, Orlando, FL, April 1-5, 1991

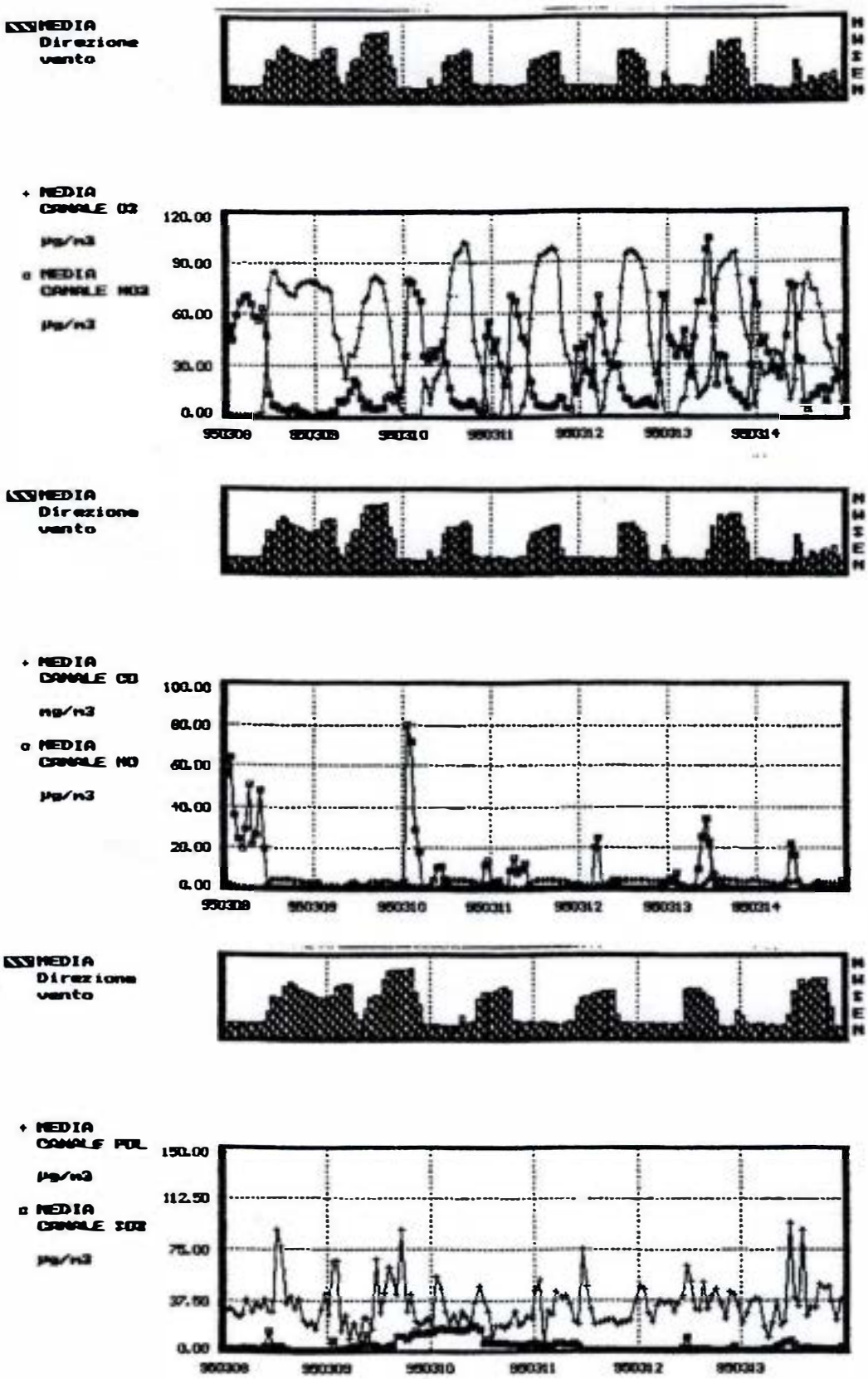
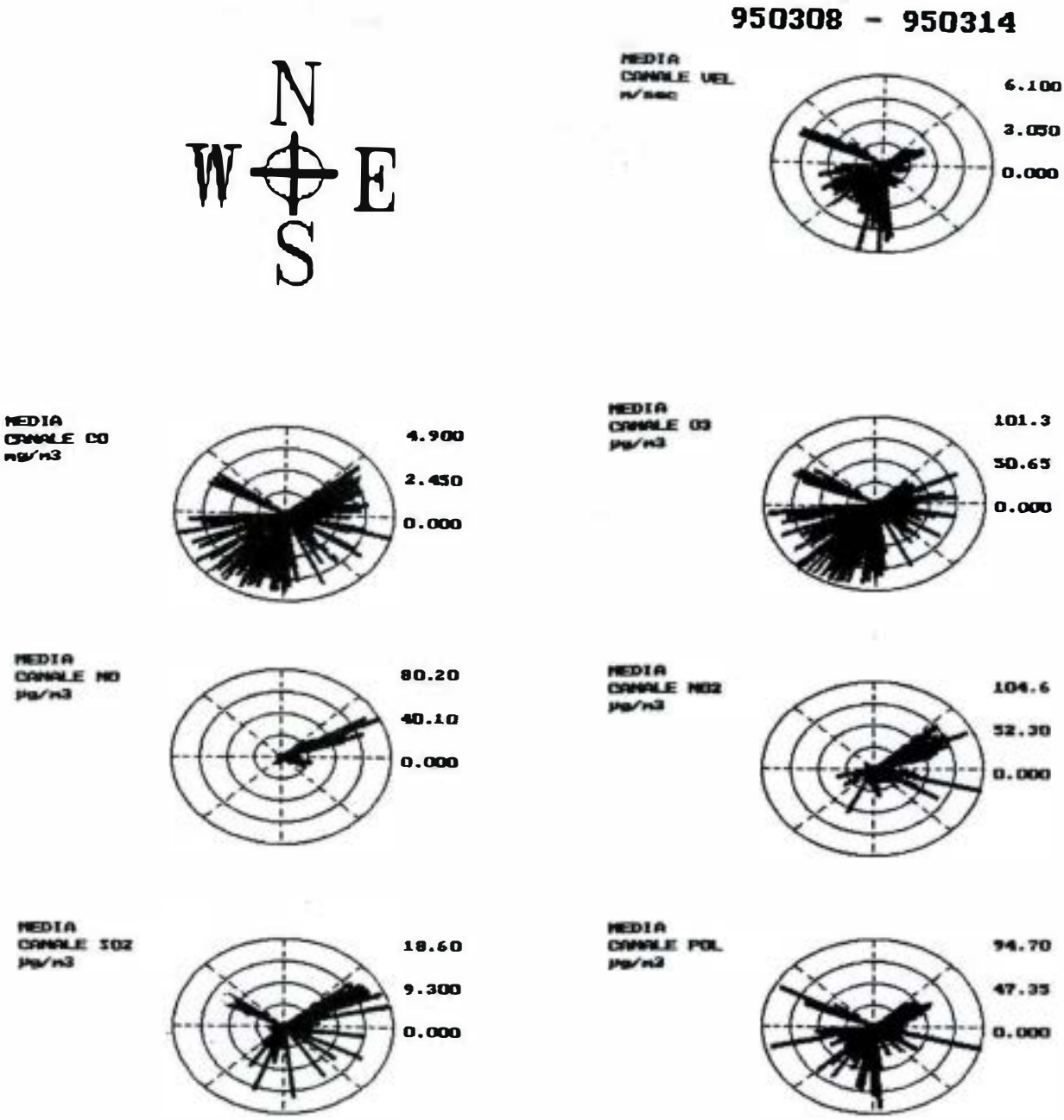


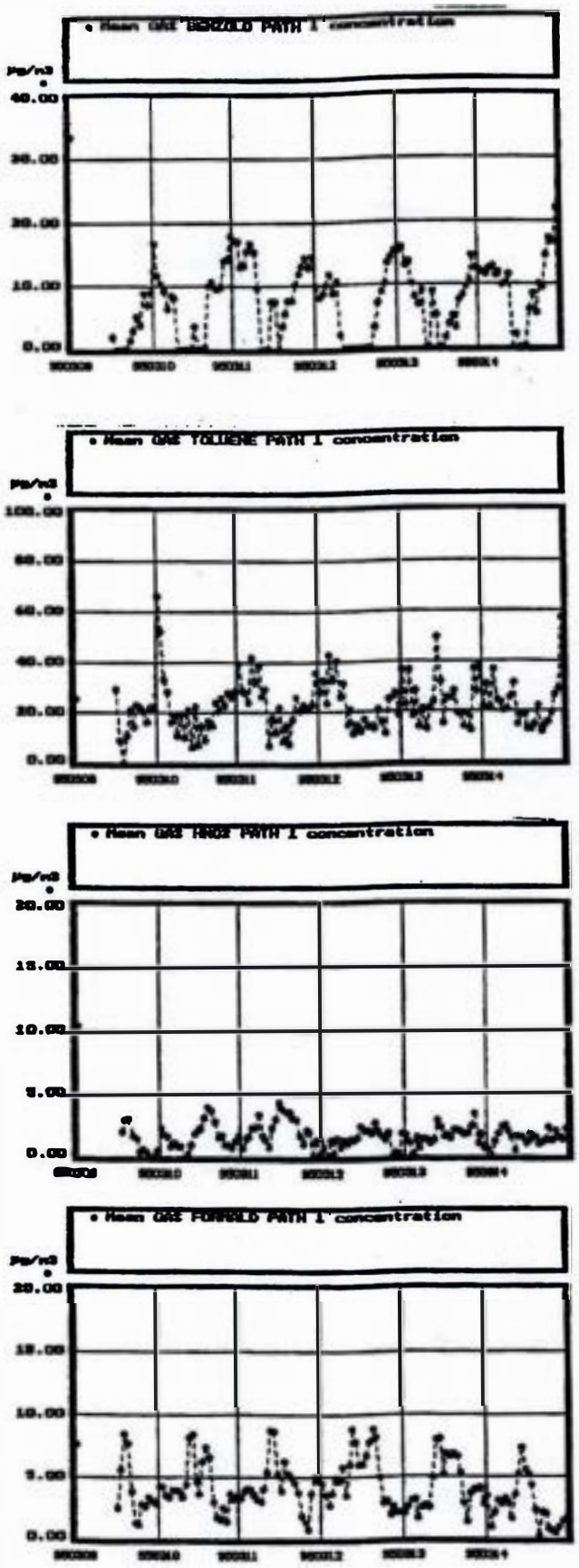

Fig. 1

Inquinanti convenzionali



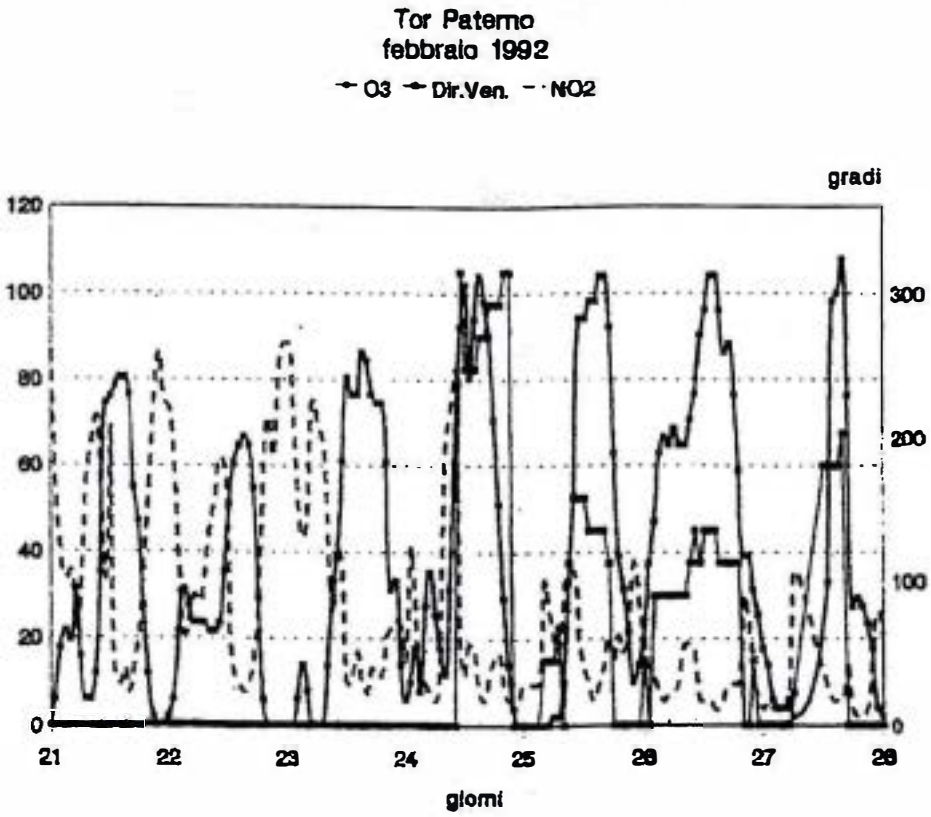

**Correlazione con la direzione del vento**

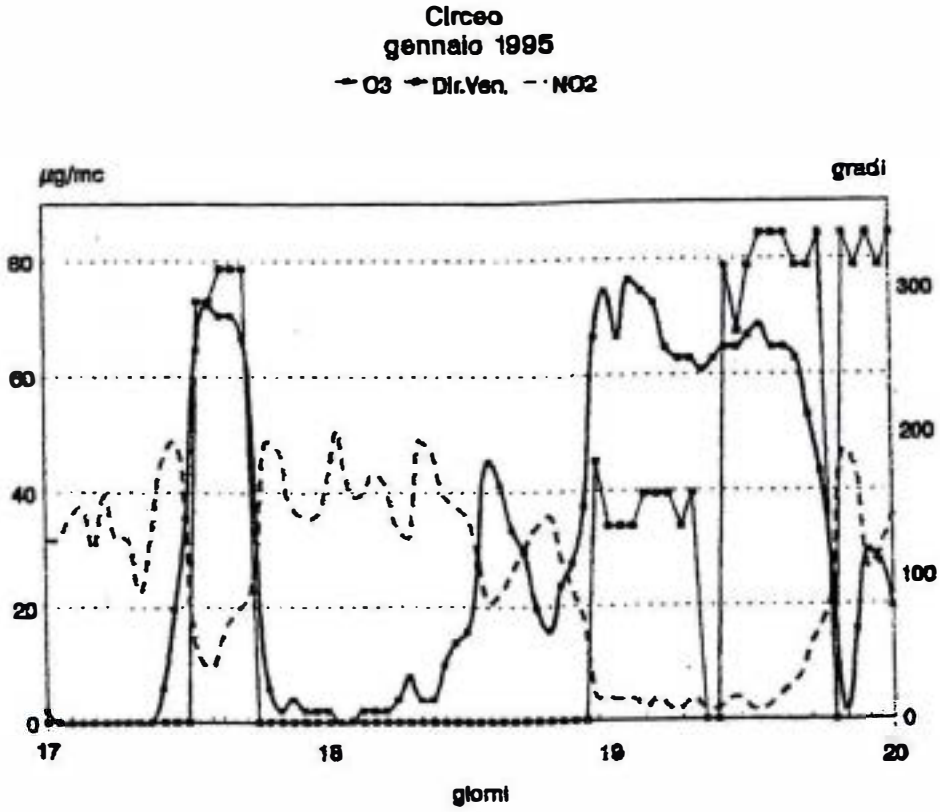
Fig. 2




**Misure DOAS**

Fig. 3




**Confronto Tor Paterno '92 - Circeo '95**

Fig. 4

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | ATMOSFERA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | MONITORAGGIO DELLE DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE UMIDE PRESSO LA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO RISULTATI 1992 - 1994 |
| *RESPONSABILE* | Ing. R. Passerini |
| *UNITA' OPERATIVA* | ENEL Gruppo Ambiente - Roma<br>ENEL Direzione Studi e Ricerche, Centro Ricerca Ambiente e Materiali - Milano |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | R. Passerini, G. Pedrocchi, P. Bacci, A. Novo |

## INTRODUZIONE

Il monitoraggio della deposizione umida costituisce uno dei metodi più immediati per ottenere delle informazioni inerenti uno dei due principali meccanismi di rimozione delle sostanze presenti in atmosfera, l'altro essendo la deposizione per via secca.

Il flusso di materia che raggiunge il suolo per via secca è stimabile solo con grande approssimazione a partire dalla misura delle concentrazioni in aria, in quanto dipende da molti altri parametri chimico-fisici e micrometeorologici che variano nel tempo e sono fortemente dipendenti dalla superficie interessata. Allo stato attuale delle conoscenze, la misura della deposizione secca è perciò ancora argomento di studio, affrontato attraverso campagne sperimentali ed applicazioni modellistiche [1], ancor prima che uno strumento di indagine.

La deposizione per via umida, pur essendo solo una parte della deposizione totale, fornisce risultati facilmente confrontabili con quelli di studi analoghi. Le odierne reti Europee aventi lo scopo di monitorare nel tempo e nello spazio la deposizione di sostanze acidificanti, come la BAPMoN (WMO Background Air Pollution Monitoring Network) ed EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) [2], costituiscono il proseguimento della rete europea EACN (European Air Chemistry Network) [3], iniziata nella metà di questo secolo per valutare la deposizione di nutrienti. In Italia, le esperienze a più vasta scala territoriale sono quelle del "Gruppo di studio delle caratteristiche chimiche delle precipitazioni dell'Italia Settentrionale" [4], che ha operato negli anni 1983-1984, la rete ENEL-MAF (ora Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali), sorta nel 1986 nell'ambito di un vasto programma di ricerca iniziato dall'ENEL stesso [5], e la rete italiana RIDEP su iniziativa del Ministero per l'Ambiente, per la quale sono disponibili dati dal 1988 al 1992 [6,7].

Scopo del monitoraggio delle deposizioni umide a Castelporziano è quello di ottenere informazioni sulla chimica delle deposizioni atmosferiche, con particolare riguardo alle sostanze acidificanti ed ai nutrienti, al fine di contribuire al miglioramento delle conoscenze riguardanti l'interazione atmosfera-ambiente naturale della Tenuta Presidenziale.

## PARTE SPERIMENTALE

Sono stati posizionati due campionatori automatici di pioggia del tipo secco-umido nelle postazioni di Trafusa, al confine Nord della Tenuta, e di Tor Paterno, a Sud e a poca distanza dal mare (Fig.1). La distanza tra le due stazioni è di poco superiore a 10 km.
Il protocollo di campionamento, adottato anche per le altre stazioni della rete ENEL, prevede una cadenza di prelievo settimanale, la compilazione di una scheda contenente informazioni riguardanti il periodo di campionamento e lo stoccaggio in frigorifero di aliquote di 250 ml da inviare mensilmente al CISE S.p.A. di Milano per le analisi.
Il protocollo di analisi prevede il controllo di qualità attraverso i criteri della rete RIDEP [6] e di Miles e Yost [8]. Nel caso in cui un campione venga classificato in classe 3 di bilancio ionico o di conducibilità esso viene nuovamente analizzato prima dell'archiviazione definitiva.

## ANALISI DEI DATI

Attraverso analisi cluster e fattoriale dei dati dei primi due anni [9] si era già giunti alla determinazione delle principali caratteristiche chimiche delle deposizioni nelle due stazioni: si evidenziava il contributo degli ioni di origine marina, la minore incidenza di ioni di origine antropica nella stazione di Tor Paterno ed il consistente contributo dello ione ammonio nella stazione di Trafusa. Presso quest'ultima stazione lo ione ammonio giunge più volte a neutralizzare l'acidità che altrimenti si formerebbe a causa degli ioni nitrato e solfato presenti in quantità apprezzabili ma non preoccupanti. I campioni della stazione di Tor Paterno, pur essendo meno influenzati da ioni di origine antropica, sono mediamente neutri con pochi casi acidi (in riferimento ad un pH di 5.6); al contrario quelli di Trafusa, a causa dell'apporto di ammonio, risultano leggermente alcalini.
I dati settimanali di tre anni (1992-1994) sono stati trasformati in valori annuali di deposizione e concentrazione media ponderata, allo scopo di cofrontarli con quelli pubblicati nel rapporto programmatico della attività di monitoraggio di Castelporziano del 1992 [10] e con quelli di altre stazioni che appaiono nel rapporto quinquennale di attività della rete RIDEP [7].
Nel primo rapporto sono pubblicati i soli dati di pH di campioni raccolti giornalmente con il metodo integrale; per questo motivo, tali campioni sono facilmente influenzati dal particellato sedimentabile, con spostamenti del valore di pH verso il campo alcalino: negli anni dal 1989 al 1991 i casi con pH superiori a 6 erano rispettivamente il 56%, 60% e 50% del totale. Nel presente studio, con un campionamento solo umido e su base settimanale, negli anni 1992, 1993 e 1994 i casi di pH superiore a 6 sono stati rispettivamente il 50%, 42% e 54% a Trafusa ed il 41%, 26% e 55% a Tor Paterno.
In Tab.1 sono riportati i valori di deposizione e di concentrazione media ponderata calcolati anno per anno: si fa notare l'apporto di alcalinità, presente in entrambe le stazioni e in tutti gli anni. Se però si tiene conto dell'acidità potenziale dello ione ammonio, allora tale apporto di alcalinità potrebbe venire ridimensionato, in particolare nella stazione di Trafusa.
Per quanto riguarda il confronto con i dati ottenuti nell'ambito della rete RIDEP, è possibile fare il confronto solo con stazioni raggruppate da un'analisi cluster su dati di almeno tre anni. Nonostante i periodi di tempo messi a confronto non siano coincidenti, trattandosi di dati medi di più stazioni essi possono ugualmente essere impiegati per un confronto qualitativo.
In Tab.2 sono riportati i dati mediani desunti dal rapporto quinquennale RIDEP [7] messi a confronto con quelli delle due stazioni operanti presso la Tenuta. La stazione di Tor Paterno, vicina al mare, ha valori di quasi tutti gli ioni in buon accordo con quelli di stazioni costiere dell'Italia Meridionale. La stazione di Trafusa presenta caratteristiche tali da avvicinarla a quelle interne dell'Italia Meridionale, ma con valori di

ammonio decisamente superiori, simili a quelli di stazioni rurali dell'Italia Settentrionale. In entrambe le stazioni sia i valori di ione solfato che di nitrato sono inferiori rispetto a quelle di riferimento.
Dal citato rapporto RIDEP si possono effettuare confronti anche con le concentrazioni mediane calcolate per porzioni di territorio di 50x50 km, corrispondenti a sottomultipli della suddivisioni del grigliato EMEP. Purtroppo non vi sono dati in corrispondenza di Roma e dei territori limitrofi, ma i valori desumibili per estrapolazione confermano quanto visto attraverso la precedente analisi delle stazioni raggruppate (Fig.2).

## CONCLUSIONI

I dati sin qui raccolti indicano un buon accordo tra le due stazioni in esame ed altre realtà dell'Italia Centro-meridionale, ma un confronto più stretto con stazioni più vicine consentirebbe di valutare la presenza di gradienti del campo di concentrazione sia delle sostanze inquinanti che degli ioni provenienti dal mare.
La deposizione di ioni acidificanti è, nel lungo periodo, bilanciata da quelli di origine naturale, con apporto netto di alcalinità in entrambe le stazioni, che però può essere parzialmente neutralizzata dall'acidità potenziale dello ione ammonio. Nel sito di Trafusa la concentrazione di questo ione è relativamente elevata, con un rapporto tra azoto ammoniacale e nitrico è di circa 2:1, quando in stazioni a simile tipologia il rapporto è di 2:3. Al momento attuale non vi sono spiegazioni per un così forte apporto di ione ammonio e per una così elevata differenza tra le due stazioni distanti solo 10 km.
In entrambe le stazioni la presenza di ione solfato e nitrato è contenuta a livelli inferiori rispetto ad altri siti costieri.

## BIBLIOGRAFIA

[1] SLANINA, S., PLANTAZ, M., WYERS, G.P., 1994 "Deposition: from local measurements to conclusion on a European scale" Proc. EUROTRAC Symposium '94, Borrel et al Ed., SPB Academic Publ. The Hague, 606-613

[2] SCHAUG, J., STYVE, H., "Calculated budgets for airborne acidifying components in Europe, 1985, 1987, 1988,1989, 1990 and 1991" EMEP/MSC-W Report 1/92

[3] GRANAT, L., 1978, "Sulfate in precipitation as observed by the European Atmospheric Chemistry Network" Atmos. Environ ,12, 413-424

[4] NOVO, A., 1987, "Deposizioni atmosferiche nel Nord Italia. Rapporto finale anni 1983-1984" Quaderni Ing. Ambientale N.6

[5] AA.VV., 1991 "Le pogge acide" I quaderni dell'Energia N.19. ENEL

[6] MOSELLO, R, BAUDO, R., TARTARI, G., SERRINI G., MUNTAU, H., NOVO, A., MASPERO, M., 1990, "Rete Italiana per lo studio delle Deposizioni Acide (RIDEP). Pubblicazione n.1. Metodologie e controlli di qualità per lo studio della chimica delle deposizioni atmosferiche in Italia" Documenta Ist. Ital. Idrobiol. N.23

[7] MOSELLO, R., 1993, "Rete Italiana per lo studio delle Deposizioni Acide (RIDEP). Pubblicazione n.13. Rapporto sull'attività della rete RIDEP nel quinquennio 1988-1992" Documenta Ist. Ital. Idrobiol. N.44

[8] MILES, L.J., YOST K.J., 1982, "Quality analysis of USGS precipitation chemistry data for New York" Atmos. Environ. , 16(12), 2889-xxx

[9] Rapporto Primo Seminario sulla Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Roma 8 aprile 1994

[10] AA.VV. "Programma per un'azione di monitoraggio ambientale nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano" Roma 1992

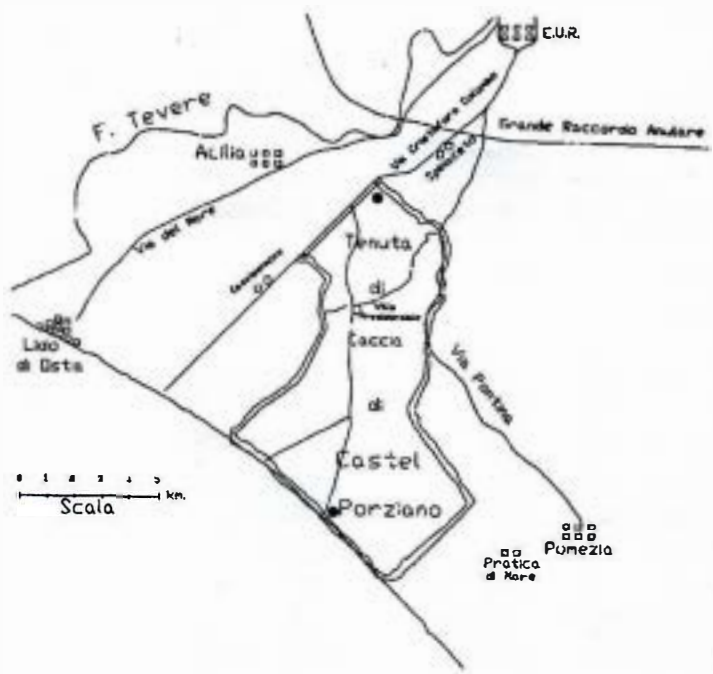



Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di campionamento: a N Trafusa, a S Tor Paterno.

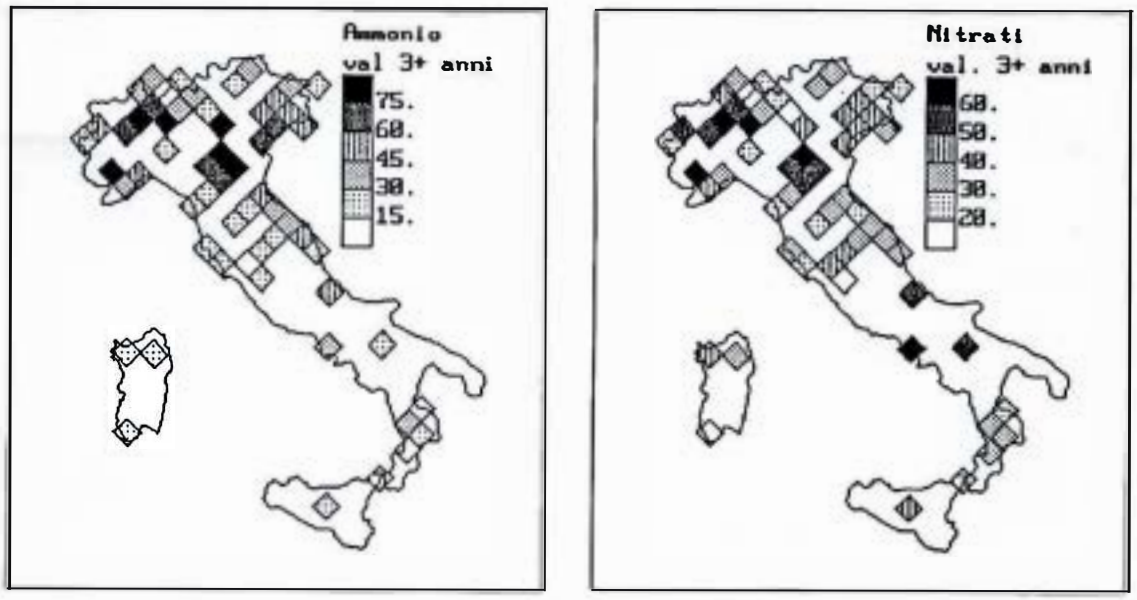



Fig. 2 - Valori mediani di ammonio e nitrati (dal rapporto quinquennale RIDEP [7])

| DEPOSIZIONE (mg $m^{-2}$) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trafusa | mm | Ca | Mg | Na | K | NH4 | NO3 | SO4 | Cl | |
| 1992 | 926.9 | 1400 | 248 | 1531 | 183 | 654 | 1389 | 2389 | 3026 | |
| 1993 | 734.8 | 534 | 193 | 1470 | 93 | 522 | 941 | 1565 | 2541 | |
| 1994 | 597.7 | 682 | 126 | 740 | 103 | 331 | 1061 | 1273 | 1292 | |
| | | | | | | | | | | |
| Tor Paterno | mm | Ca | Mg | Na | K | NH4 | NO3 | SO4 | Cl | |
| 1992 | 899.0 | 1198 | 412 | 2961 | 190 | 301 | 1003 | 2303 | 5724 | |
| 1993 | 651.7 | 592 | 297 | 2322 | 122 | 120 | 619 | 1694 | 4085 | |
| 1994 | 439.1 | 398 | 126 | 921 | 81 | 31 | 248 | 807 | 1605 | |

| DEPOSIZIONE (meq $m^{-2}$) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trafusa | mm | Ca | Mg | Na | K | NH4 | NO3 | SO4 | Cl | ACI |
| 1992 | 926.9 | 69.8 | 20.4 | 66.6 | 4.7 | 36.3 | 22.4 | 49.7 | 85.4 | -40.3 |
| 1993 | 734.8 | 26.7 | 15.9 | 64.0 | 2.4 | 29.0 | 15.2 | 32.6 | 71.7 | -18.4 |
| 1994 | 597.7 | 34.0 | 10.4 | 32.2 | 2.6 | 18.3 | 17.1 | 26.5 | 36.4 | -17.5 |
| | | | | | | | | | | |
| Tor Paterno | mm | Ca | Mg | Na | K | NH4 | NO3 | SO4 | Cl | ACI |
| 1992 | 899.0 | 59.8 | 33.9 | 128.8 | 4.9 | 16.7 | 16.2 | 48.0 | 161.5 | -18.4 |
| 1993 | 651.7 | 29.5 | 24.4 | 101.0 | 3.1 | 6.7 | 10.0 | 35.3 | 115.2 | -4.3 |
| 1994 | 439.1 | 19.9 | 10.4 | 40.1 | 2.1 | 1.7 | 4.0 | 16.8 | 45.3 | -8.0 |

| CONCENTRAZIONE MEDIA PONDERATA (µeq $l^{-1}$) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trafusa | mm | Ca | Mg | Na | K | NH4 | NO3 | SO4 | Cl | ACI |
| 1992 | 926.9 | 75.3 | 22.0 | 71.8 | 5.0 | 39.1 | 24.2 | 53.7 | 92.1 | -43.5 |
| 1993 | 734.8 | 36.3 | 21.6 | 87.0 | 3.3 | 39.4 | 20.7 | 44.3 | 97.5 | -25.0 |
| 1994 | 597.7 | 56.9 | 17.3 | 53.9 | 4.4 | 30.7 | 28.6 | 44.3 | 61.0 | -29.2 |
| | | | | | | | | | | |
| Tor Paterno | mm | Ca | Mg | Na | K | NH4 | NO3 | SO4 | Cl | ACI |
| 1992 | 899.0 | 66.5 | 37.7 | 143.2 | 5.4 | 18.6 | 18.0 | 53.3 | 179.6 | -20.5 |
| 1993 | 651.7 | 45.3 | 37.5 | 155.0 | 4.8 | 10.2 | 15.3 | 54.1 | 176.8 | -6.6 |
| 1994 | 439.1 | 45.2 | 23.6 | 91.3 | 4.7 | 3.9 | 9.1 | 38.3 | 103.1 | -18.2 |

Tab.1 - Valori di deposizione e di concentrazione media ponderata su base annuale.

| | Cluster | pH | Ca | Mg | Na | K | NH4 | NO3 | SO4 | Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rilievi prealpini** | 1 | 5.29 | 50 | 11 | 38 | 4 | 25 | 33 | 47 | 30 |
| **Rilievi appenninici** | 2 | 4.85 | 29 | 9 | 12 | 2 | 43 | 38 | 59 | 11 |
| **Stazioni sui rilievi** | 1+2 | 5.06 | 39 | 10 | 24 | 3 | 34 | 36 | 53 | 20 |
| **Nord occidentali** | 3 | 4.51 | 31 | 9 | 15 | 4 | 77 | 58 | 91 | 17 |
| **Rurali** | 4 | 4.78 | 28 | 9 | 17 | 3 | 51 | 42 | 61 | 20 |
| **Centri urbani** | 5 | 5.33 | 61 | 20 | 38 | 6 | 68 | 45 | 93 | 49 |
| **Stazioni di pianura** | 3+4+5 | 4.79 | 36 | 11 | 21 | 4 | 64 | 49 | 79 | 25 |
| **Costiere** | 6 | 5.28 | 59 | 33 | 116 | 6 | 22 | 30 | 68 | 151 |
| **Interne** | 7 | 5.29 | 51 | 22 | 59 | 6 | 26 | 40 | 58 | 58 |
| **St. meridionali e insulari** | 6+7 | 5.28 | 54 | 25 | 76 | 6 | 25 | 37 | 61 | 85 |
| **Remote alpine** | 8 | 5.04 | 22 | 5 | 9 | 2 | 27 | 26 | 42 | 7 |
| **Trafusa 1992-1994** | | 5.93 | 40 | 16 | 47 | 4 | 53 | 23 | 52 | 52 |
| **Tor Paterno 1992-1994** | | 5.55 | 41 | 34 | 116 | 6 | 7 | 16 | 57 | 130 |

Tab. 2 - Concentrazioni mediane ($\mu eq\ l^{-1}$) per tipologia di stazione (dal Rapporto quinquennale RIDEP [7]) e confronto con i corrispondenti valori registrati a Castelporziano.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | ATMOSFERA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | DINAMICA CHIMICA E FISICA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI NELLA TENUTA DI CASTELPORZIANO |
| *RESPONSABILE* | Dott. I. Allegrini |
| *UNITA' OPERATIVA* | C.N.R.-Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - Monterotondo Stazione (Roma) |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | I. Allegrini, P. Masia |

## INTRODUZIONE

Lo studio del comportamento chimico e fisico degli inquinanti dell'atmosfera nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano riveste grande importanza alla luce dei possibili danni che essi possono determinare sull'ambiente della tenuta e in altri siti.
Alcuni meccanismi di deposizione degli inquinanti sugli ecosistemi sono ben noti e documentati, mentre altri sono ancora oggetto di ampie indagini scientifiche. Tra questi assumono particolare interesse i processi di deposizione acida secca e di deposizione di inquinanti di natura fotochimica, quali ozono e perossiacetilnitrato (PAN).
Come noto, la deposizione secca è caratterizzata dal trasferimento diretto degli inquinanti sui diversi ecosistemi e il flusso di massa depositato dipende dalla natura e dalle concentrazioni dei diversi inquinanti, dalle capacità di cattura e rimozione delle superfici interessate e dalla meteorologia locale. A sua volta, la concentrazione degli inquinanti primari e secondari varia in funzione della dislocazione delle sorgenti di emissione primaria e della loro intensità, nonché dai processi di trasporto e trasformazione, che dipendono dalla situazione meteorologica a media e larga scala.
La Tenuta di Castelporziano, situata in prossimità della città di Roma, viene ad essere direttamente influenzata dalle emissioni dell'area urbana e dalle specie risultanti dalle reazioni di trasformazione degli inquinanti; inoltre la loro cinetica può essere influenzata dalla presenza di emissioni naturali.

## DEPOSIZIONE ACIDA SECCA

Nel processo di deposizione acida secca sono di grande importanza gli acidi forti in fase gassosa (nitrico e cloridrico) caratterizzati da elevate velocità di deposizione.
Le misure sperimentali hanno messo in evidenza che i processi di formazione di questi composti sono attribuibili a reazioni che hanno come precursori gli ossidi di azoto e di zolfo. Nei siti di emissione di questi inquinanti e durante la fase di trasporto il monossido di azoto si converte totalmente in biossido per reazione con ozono o perossiradicali:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 \qquad [1a]$$

$$NO + RO_2 \rightarrow NO_2 \qquad [1b]$$

La successiva formazione degli acidi è un processo molto complesso in cui la fotochimica gioca un ruolo fondamentale mediante il radicale OH, responsabile della diretta conversione di $NO_2$ e $SO_2$ rispettivamente in acido nitrico e solforico.

$$NO_2 + OH \rightarrow HNO_3 \qquad [2]$$
$$SO_2 + 2OH \rightarrow H_2SO_4 \qquad [3]$$

I componenti acidi possono formarsi anche da reazioni che coinvolgono il materiale aerosolico atmosferico; ad esempio, HCl può formarsi attraverso reazioni tra specie acide e aerosol marino:

$$NaCl + HNO_3 \rightarrow HCl + NaNO_3 \qquad [4]$$
$$2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow 2HCl + Na_2SO_4 \qquad [5]$$

Gli acidi forti ($HNO_3$, HCl e $H_2SO_4$) tendono a neutralizzarsi con $NH_3$ (la base libera più abbondante in atmosfera), formando i rispettivi sali d'ammonio che sono presenti nella frazione fine aerosolica (dp<2,5 μm).
L'entità della formazione di questi sali dipende dalle concentrazioni di $NH_3$ e dei rispettivi acidi gassosi, nonché dalle condizioni termodinamiche. Infatti in atmosfera $NH_4Cl$ e $NH_4NO_3$ sono in equilibrio con i loro rispettivi precursori gassosi e tali equilibri sono regolati dall' umidità relativa e dalla temperatura:

$$NH_3 + HNO_3 \leftrightarrow NH_4NO_3 \qquad [6]$$
$$NH_3 + HCl \leftrightarrow NH_4Cl \qquad [7]$$

L' importanza delle reazioni di retrodissociazione risiede nel fatto che questi sali divengono di fatto trasportatori a lunga distanza di acidi forti, infatti, in condizioni di elevata Rh e bassa T, la vita media di queste specie è relativamente elevata e permette il loro trasporto a lunga distanza. Le condizioni inverse favoriscono invece la restituzione in atmosfera delle specie acide.
Le specie $HNO_3$ e HCl avendo una velocità di deposizione di alcuni ordini di grandeza superiori a quella dei rispettivi sali d'ammonio, appena formatesi, tendono a depositarsi nello stesso sito di formazione.
La reazione [4] anche se contribuisce alla rimozione dell'acidità nitrica con la trasformazione dell'acido nitrico in particelle di nitrato di sodio, che hanno elevata granulometria e quindi sedimentano facilmente, di fatto non rimuove l'acidità atmosferica. Infatti, dalla stessa reazione si forma l'acido cloridrico, che possiede acidità pari all'acido nitrico e anche una elevata velocità di deposizione. Quindi il contributo delle reazioni sopra schematizzate per i processi coinvolti nella deposizione acida secca è rilevante.
Nella Fig. 1 sono riportati alcuni risultati sperimentali ottenuti nella Tenuta utilizzando il sistema *annular denuders-filter pack*. La figura mostra che le concentrazioni massime di acido nitrico si riscontrano nelle ore più calde della giornata, quando la reazione di dissociazione del $NH_4NO_3$ in $HNO_3$ e $NH_3$ viene ad essere favorita. Le concentrazioni sono dell'ordine di diversi $\mu g/m^3$. In coincidenza con le massime concentrazioni di acido nitrico, si possono osservare le concentrazioni massime di acido cloridrico e di particelle di nitrato, aventi diametro > 2,5 μm, risultanti dalla reazione [4]. Dalla conoscenza delle concentrazioni, diviene relativamente agevole stimare i flussi di massa di deposizione attraverso il metodo differenziale che, come noto, assume costanti le caratteristiche micrometeorologiche ambientali. Poichè la formazione degli acidi è legata alla retrodissociazione dei sali d'ammonio, la loro concentrazione presenta valori significativamente elevati solo nelle ore pomeridiane, durante le quali la suddetta reazione è termodinamicamente favorita. D'altra parte nel pomeriggio, la forte turbolenza verticale favorisce anche il processo di deposizione acida, a meno che, l'avvezione turbolenta dei precursori (i sali d'ammonio) non divenga il processo dominante.

## INQUINANTI FOTOCIHIMICI

L'analogia tra gli inquinanti responsabili della deposizione acida e dell'inquinamento fotochimico è molto stretta, particolarmente nella Tenuta di Castelporziano, ove la formazione di inquinanti fotochimici viene favorita dalla presenza dell'area urbana di Roma, responsabile dell'emissione di una grande quantità di composti precursori, tra i quali gli ossidi di azoto.
La situazione meteoclimatica dell'area, ove è situata la Tenuta, è tale che, specialmente nelle ore notturne, si sviluppano forti inversioni termiche che determinano sovente una forte stabilità atmosferica. Tale stabilità viene a cessare nelle prime ore del mattino, quando i processi di instabilità diventano determinanti, causando un vigoroso rimescolamento verticale. Il monitoraggio degli inquinanti fotochimici è stato eseguito con analizzatori automatici di ozono e di PAN. Le concentrazioni ricavate dalla semplice analisi dei dati di monitoraggio, non sono generalmente utilizzabili ai fini della comprensione dei processi chimico-fisici di trasferimento, a meno di ulteriori integrazioni di tipo meteorologico. Tale integrazione è stata realizzata, in questo caso, mediante monitoraggio dei livelli di radioattività naturale dovuta a Radon. Tale misura é di grande importanza per la valutazione delle proprietà di rimescolamento dell'atmosfera. Di conseguenza, la combinazione di osservazioni chimiche e di radioattività potrebbe consentire la definizione dei processi di trasferimento verticale degli inquinanti. Nel caso dell'ozono si osserva che, nelle ore serali, si presenta una forte diminuzione della sua concentrazione, riconducibile sia alla deposizione secca. che alle reazioni con composti riducenti; in concomitanza con il disaccoppiamento fra gli strati inferiori e superiori dello strato limite. L'analisi dell'andamento temporale della concentrazione al suolo dell' ozono può permettere di differenziare i due contributi.
I dati di monitoraggio di ozono e PAN, insieme a quelli di radioattività, riportati nella Fig.2, mostrano che, in diverse circostanze, la concentrazione di ozono nelle ore notturne è molto bassa e ciò indica reazioni chimiche nella bassa troposfera al di sotto dello strato rimescolato, la cui natura ed estensione saranno oggetto di ulteriori indagini nel prossimo futuro. Di notevole interesse è l'andamento delle concentrazioni di inquinanti fotochimici nel tempo che mostra elevate concentrazioni nelle prime ore pomeridiane quale risultato del trasporto verticale di masse d'aria.
I risultati di questa indagine forniranno dati estremamente importanti per la valutazione del danno alla vegetazione, dovuto ad inquinanti fotochimici e saranno integrati, nel futuro, da osservazioni meteorologiche più mirate alla caratterizzazione delle proprietà di rimescolamento dell' atmosfera.

## Programma di ricerca per il 1995

*Isola di calore*: Attraverso la circolazione dell'isola di calore, masse inquinate provenienti dalla città di Roma possono interessare la Tenuta di Castelporziano trasportando elevate quantità d' inquinanti primari e secondari. A questo effetto, già osservato nella Tenuta, sarà data particolare importanza alla luce del trasporto dell'inquinamento anche in altre aree periferiche Romane.
*Inquinamento fotochimico:* Uno dei problemi più importanti della Tenuta è costituito dalla presenza di elevate quantità di ozono che, come è noto, esercita una azione tossica sulle specie vegetali e sulla salute della popolazione esposta. Esperimenti pregressi dimostrano che nella Tenuta la presenza di elevate concentrazioni di ozono siano da attribuire alla circolazione di brezza che inietta ad altezze più o meno elevate i precursori dell'inquinamento fotochimico (ossidi di azoto ed idrocarburi reattivi ) che possono formare, oltre all' ozono, una serie di composti d' interesse ambientale. In questo caso la campagna si propone di caratterizzare le sostanze di origine fotochimica differenti dall'ozono.
*Composti acidi:* La deposizione acida secca costituisce senz'altro uno dei processi più importanti dell'inquinamento della Tenuta. Questo aspetto è stato trascurato a causa delle grandi difficoltà presenti nella determinazione delle concentrazioni delle sostanze di interesse e il calcolo dei flussi di massa verso il

suolo. Utilizzando appropriatamente i denuders di diffusione ed i filtri impaccati sarà possibile identificare le sostanze responsabili della deposizione acida e di fornire una prima indicazione riguardo la loro presenza nella Tenuta e la loro provenienza. Particolare enfasi sarà data ai processi relativi alla formazione di composti acidi da dissociazione dei sali d' ammonio che sembra essere il processo responsabile della presenza in atmosfera degli acidi cloridrico e nitrico. Inoltre, verificato che nella Tenuta un sale naturale come NaCl può essere convertito in composti importanti in atmosfera, poiché fotochimicamente attivi o acidi, saranno ulteriormente studiati i processi d'interazione tra acidi ed aerosol marino.
Le esperienze fatte nel corso delle ultime campagne di misura hanno suggerito la possibilità di apportare ulteriori miglioramenti alla tecnica denuder-filter pack che consentirebbero d' ottenere maggiori informazioni e quindi una maggiore sicurezza nell'applicazione della tecnica allo studi dell' evoluzione dell'aerosol marino in atmosfera. Tali modifiche sono attualmente in fase di sperimentazione

## BIBLIOGRAFIA

[1] ALLEGRINI, I. ed altri 1987, Annular denuder method for sampling reactive gases and aerosols in the atmosphere. The Science of the Total Env.67, 1-16

[2] ALLEGRINI, I. ed altri 1994, Measurement of atmospheric nitric acid in gas phase and nitrate in particulate matter by means of annular denuder. Intern.J.Environ. Anal:Chem 54, 183-202.

[3] ALLE4N, A.G. ed altri 1989, Field measuremet of the dissociation of ammonium nitrate and ammonium chloride aerosol. Atm. Env. 23, 1591-1599.

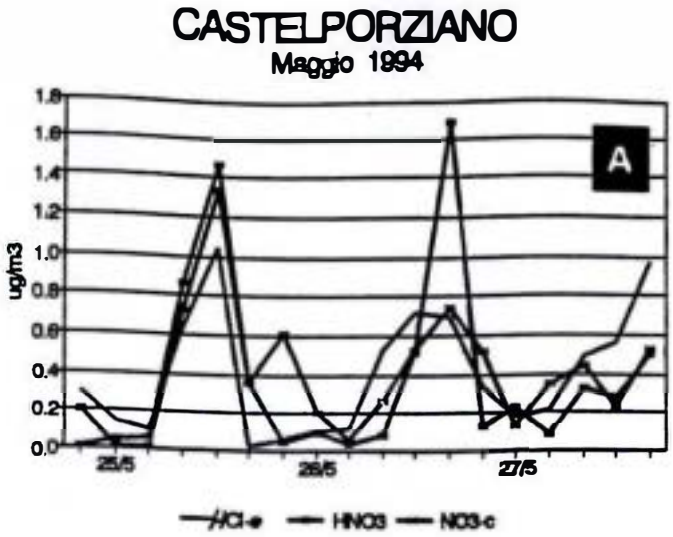
[4] HARRISON, R.M. ed altri 1984, Physico-Chemical speciation and trasformation reactions of particulate atmospheric nitrogen and sulphur compounds. Atm.Env:1 1829-1833.

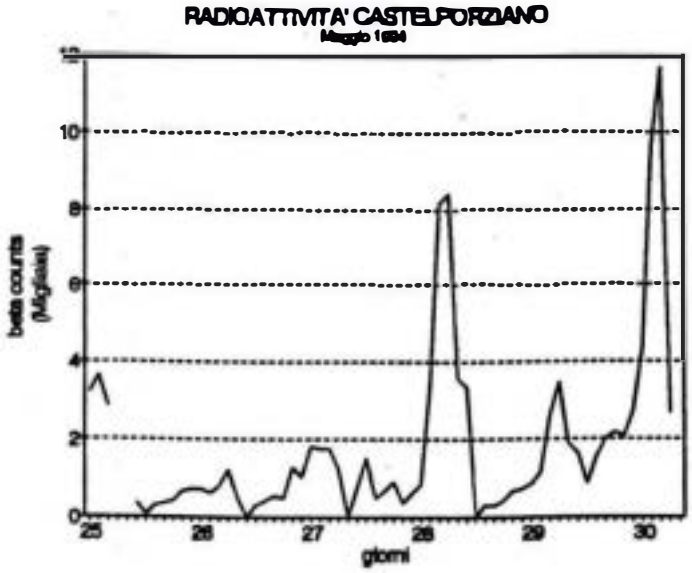
[5] MASIA, P. ed altri 1993, Measurement of HCl and $HNO_3$ and their ammonium salts for the study atmospheric acid deposition Proocedings of the Sixth European Symposium.Physico Chemical behaviour of atmospheric pollutants. Varese 18-22 October, 699-705.

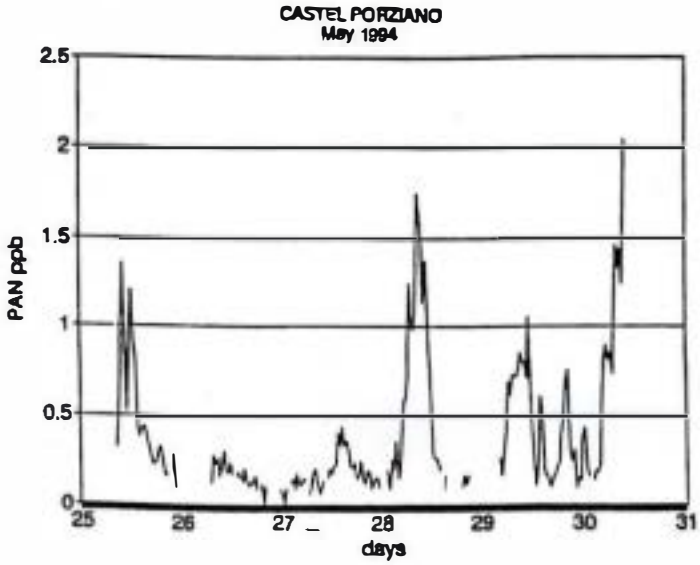
[6] POSSANZINI, M. ed altri 1992, Speciation of ammonium-containing species in atmospheric aerosol. Atm. Env. 26A, 1995-2000.

[7] STELSON, A.W. ed altri 1982, Relative humidity and temperature dependence of the ammonium nitrate dissociation constant. Atm. Env. 16, 983-992.

[8] ALLEGRINI, I. ed altri 1994, Monitoring of the nocturnal mixed layer by means of particulate radon progeny measurement. J. Geophiys. Research.99,18765-18777.


CASTELPORZIANO
Maggio 1994
A
ug/m3
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
25/5
26/5
27/5
HNO3
NO3-c


RADIOATTIVITA' CASTELPORZIANO
Maggio 1994
beta counts
(Mq/Sm)
10
8
6
4
2
0
25
26
27
28
29
30
giorni


CASTEL PORZIANO
May 1994
PAN ppb
2.5
2
1.5
1
0.5
0
25
26
27
28
29
30
31
days

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | ATMOSFERA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Studio di inquinanti in atmosfera e loro trasformazione in un ecosistema naturale. Interazioni con l'ambiente. |
| *RESPONSABILE* | Prof. L. Morselli<br>Ministero dell'Ambiente |

## Programma per il 1995

Il II anno di attività di ricerca ricalcherà in parte il programma dell'anno precedente sia per confermare la strategia di indagini, sia per evidenziare aspetti stagionali e di trend annuali.
Le ricerche si svilupperanno attraverso un numero maggiore di esperienze per un approfondimento degli aspetti rivolti ad una maggiore interazione tra le diverse Unità Operative per meglio comprendere i meccanismi di reazione in atmosfera e l'interazione delle specie chimiche depositate nell'ambiente circostante
Schematicamente si possono riassumere le attività nelle seguenti linee programmatiche:

- Acquisizioni di immagini telerilevate utili al periodo estate/inverno in corrispondenza delle misure di monitoraggio al suolo. Esame delle aree territoriali circostanti la tenuta in relazione agli impatti antropogenici e verifica dell'aumento dell'inquinamento. Proseguimento delle attività di bioindicazione e dello studio degli indici di verde.
- Realizzazione di due campagne di monitoraggio (estiva ed autunnale) con 3 laboratori mobili e con uno strumento remote sensing D.O.A.S. Approfondimento e conferma delle prime ipotesi relative alla caratterizzazione delle fonti di contaminazione esterne alla tenuta e della diffusione degli inquinanti in relazione alle stesse fonti e del clima stagionale.
- Completamento del monitoraggio delle deposizioni atmosferiche umide. Calcolo del trend dei valori dei parametri raccolti nei quattro anni di campionamento ed analisi e confronto con i valori a livello nazionale della rete RIDEP per le stazioni classificate nei diversi clusters.
- Campagne di rilevamento con l'uso di denuders e di filtri impaccati per il campionamento di specie chimiche che maggiormente interessano i meccanismi fotochimici. Saranno ulteriormente studiati i processi d'interazione tra acidi ed aerosol marini.

II° SEMINARIO
12 MAGGIO 1995

GRUPPO DI LAVORO

# SUOLO

Responsabile: Prof. Paolo Sequi

**UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI**


**ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma**
*A. Benedetti , F. Alianiello, S. Canali, F. Pinzari, A. Trinchera, S. Dell'Orco*

**Tenuta di Castelporziano**
*A. Tinelli*

**Ministero dell'Ambiente**
*L. Morselli*

**CNR - Istituto per la Agriselvicoltura - Porano (VT)**
*F. Cannata*

**Università di Roma "La Sapienza" - Dip. Biologia Vegetale**
*S. Pignatti*

**ISPESL - Roma**
*M. Villarini, P. Falcone, C. Riccardi, F. Silvestri*

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | SUOLO |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Studio e gestione del ciclo della sostanza organica del suolo in ambiente mediterraneo |
| *RESPONSABILE* | Prof. P. Sequi<br>ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante<br>Roma |

## INTRODUZIONE

Gli obiettivi principali perseguiti dal gruppo suolo consistono nel monitoraggio del turnover e nella gestione del bilancio della sostanza organica in ambiente mediterraneo oltre che nel controllo dell'impatto di differenti fattori xenobiotici sulla fertilità del suolo. Il primo obiettivo viene perseguito principalmente attraverso lo studio di indicatori biochimici di impatto ambientale in riferimento alla loro stretta dipendenza dal ciclo della sostanza organica del suolo. L'apporto di inquinanti di origine antropica al suolo viene seguita attraverso il monitoraggio delle acque di lavaggio delle piante di alto fusto; mentre il reintegro della fertilità biologica del suolo mediante opportune fertilizzazioni organiche verrà studiato attraverso il riciclo delle biomasse organiche prodotte all'interno della tenuta attraverso la produzione di un compost di qualità.

Il monitoraggio dell'inquinamento del suolo si basa sulla individuazione e sulla successiva determinazione di "indicatori biochimici". Con tale definizione si intendono "le attività biochimiche connesse con la vita dei microrganismi del suolo"; esiste la bibliografia sulla materia che dimostra la possibilità di correlare tra loro le diverse attività microbiche (respirazione del terreno, potere nitrificante, ammonizzante, mineralizzante ecc.).

Recenti ricerche suggeriscono di non utilizzare mai un solo indicatore biologico in quanto molto spesso una lettura isolata del risultato può portare a delle conclusioni opposte alla realtà dei fatti; la correlazione di più indicatori invece consente il cosiddetto "controllo interno" del dato [1].

L'esigenza di un controllo interno nasce dal fatto che, specie nel monitoraggio ambientale, viene a mancare una situazione iniziale neutra che possa avere il valore di controllo al tempo T-0 (il "bianco") sulle successive analisi.

Poiché lo studio degli indicatori biochimici del suolo è tuttora in fase di sperimentazione, soprattutto a livello di interpretazione dei risultati, questa ricerca potrà anche permettere una più accurata taratura delle relative metodologie. La Tenuta di Castelporziano costituisce in tal senso una vera "palestra di esercitazione" in un ambiente, di cui si conosce ancora molto poco dal punto di vista eco-pedologico. La singolarità dell'ambiente, oggetto di questo studio, risiede nella sua naturalità e nel fatto che si tratta di un'area costiera mediterranea circoscritta, permanentemente sottoposta a controllo e di cui si conosce la storia puntuale di tutte le attività umane.

Le linee di ricerca attivate in questo primo anno di attività sono state:

1) valutazione dell'impatto di differenti fattori xenobiotici sulla fertilità del suolo a cura dell'U.O. dell'ISNP;

2) caratterizzazione delle acque di lavaggio della vegetazione ad alto fusto per lo studio dell'inquinamento del suolo ad opera delle U.O. dell'ISPESL e dell'ISNP;

3) recupero e valorizzazione di biomasse di recupero di varia origine a cura della U.O. del Ministero dell'Ambiente in collaborazione con la Segreteria della Tenuta, dell'ISNP e dell'ISPESL.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | SUOLO |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DI DIFFERENTI FATTORI XENOBIOTICI SULLA FERTILITA'DEL SUOLO |
| *RESPONSABILE* | Dott.ssa A. Benedetti |
| *UNITA' OPERATIVA* | ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | A. Benedetti, F. Alianiello, S. Dell'Orco, F. Pinzari, A. Trinchera |

## PREMESSA

I microrganismi e la fauna del suolo mineralizzano sia la sostanza organica fresca, che il pool più grande della sostanza organica stabile. La fertilità degli ecosistemi naturali del suolo dipende dunque significativamente dal tasso di turnover della sostanza organica, mediato dalla biomassa microbica. Qualunque agente che sopprima od avveleni gli organismi del suolo o cambi la qualità, o la quantità della sostanza organica, può danneggiare il funzionamento dell'ecosistema suolo-pianta, nel breve e nel lungo periodo.

Negli ecosistemi agricoli la fertilità del suolo può essere aumentata dalla somministrazione di fertilizzanti organici ed inorganici, mentre nel caso di un ecosistema naturale essa dipende quasi interamente dai processi microbici. Qualunque tipo di riduzione della fertilità che risulti da sostanze chimiche dannose avrà perciò effetti proporzionalmente maggiori sugli ecosistemi naturali rispetto a quelli agrari.

Gli inquinanti del suolo sono principalmente di due tipi, organici ed inorganici. Fra gli agenti inquinanti inorganici, i metalli pesanti, come ad esempio Cu, Ni, Cd, Zn, Cr, Pb, sono di gran lunga i più importanti. Una volta che essi pervengono al suolo vi rimangono per periodi estremamente lunghi, avendo tempi di dimezzamento, diversi per ciascun metallo, di alcune migliaia di anni. I metalli pesanti arrivano al suolo da diverse fonti quali le deposizioni atmosferiche, i reflui animali, i fanghi di depurazione ecc.

Nel caso degli inquinanti organici gli indicatori biochimici per il monitoraggio dell'inquinamento del suolo sono, in qualche modo, di più difficile valutazione rispetto agli agenti inorganici. Ciò è dovuto fondamentalmente al fatto che esistono migliaia di composti organici differenti che costantemente o solo sporadicamente sono immessi nell'ecosistema suolo. E' necessario distinguere inoltre tra "agenti stressanti" ed "inquinanti": i primi causano piccoli o transitori cambiamenti alla microflora del suolo o alle sue attività mentre i secondi presentano effetti più persistenti e presumibilmente più gravi. Una delle caratteristiche degli agenti inquinanti organici consiste nel fatto che essi possono essere metabolizzati ad anidride carbonica e ad altre sostanze inorganiche, sostanze che le stesse piante sono in grado di utilizzare: per questo motivo, seguire il destino di tali composti nel suolo, diventa un'impresa assai complessa.

I microrganismi, avendo sia massa che attività ed essendo in stretto contatto con il microambiente del suolo, sono per molte ragioni sensori ideali per monitorarne l'inquinamento. Probabilmente i migliori criteri proposti fino ad ora sono quelli di Domsch e Domsch et al. [2,3] che tengono in prima considerazione gli effetti degli stress che insistono naturalmente sulla popolazione microbica del suolo e sulle loro attività. La fluttuazione della temperatura, i potenziali idrici estremi, i valori estremi di pH, le variazioni delle caratteristiche fisiche del suolo dovute a pressioni antropiche (es. aratura), gli scambi gassosi ridotti, la diminuzione delle quantità di elementi nutritivi disponibili, gli incrementi nel numero

degli inibitori, le fluttuazioni nelle popolazioni di predatori ed antagonisti, sono solo alcuni dei fattori che influenzano il metabolismo e la fisiologia delle popolazioni microbiche dell'ecosistema suolo.
Ciascuno di questi fenomeni infatti, singolarmente od in sinergia può avere effetti marcati sia sulla dimensione che sull'attività della comunità microbiologica. Secondo [2,3] qualsiasi alterazione, dovuta ad agenti naturali od inquinanti, che permetta una completa ripresa delle proprietà microbiologiche studiate entro 30 giorni, è da considerarsi nella norma delle fluttuazioni naturali. Le alterazioni che invece comportano un ritardo di 60 giorni sono da ritenersi tollerabili, mentre quelle che richiedono più di 90 giorni sono da annoverare tra i veri e propri agenti di stress.
Nessun parametro microbiologico può tuttavia essere impiegato universalmente come indicatore di inquinamento del suolo. Considerando, comunque, che le due principali attività sono la mineralizzazione del carbonio e dell'azoto organico del suolo, e che l'inibizione di entrambe avrebbe serie conseguenze per l'ecosistema nel suo insieme, sembra ragionevole porre particolare attenzione a questi due processi biologici nel definire le potenzialità delle proprietà microbiologiche come indicatori dell'inquinamento del suolo.
E' possibile operare una suddivisione teorica tra i parametri in grado di definire le attività suddette:

- al **primo gruppo** appartengono quei parametri che misurano l'attività della popolazione nel suo insieme (respirazione, mineralizzazione, ecc.);
- al **secondo gruppo** quelli che misurano la popolazione microbica a livello del singolo organismo, del gruppo funzionale (es. gli azoto-fissatori) o a livello di intera popolazione (es. la biomassa microbica del suolo);
- Infine, combinando assieme l'analisi di entrambi i tipi di parametri è possibile ottenere un **terzo gruppo** di misure che possono fornire un'interpretazione globale del metabolismo microbico e quindi sicuramente migliore.

Sia nei suoli forestali che nei prati permanenti, tra tutte le frazioni della sostanza organica del suolo, la biomassa microbica costituisce quella maggiore [4]. Ciò è in accordo con quanto affermato da Jenkinson e Ladd [5] secondo i quali le situazioni che favoriscono l'accumulo di sostanza organica portano ad un aumento sia della quantità di biomassa che della sostanza organica totale del suolo.
I cambiamenti nella gestione del suolo influenzano quantitativamente la biomassa microbica molto più rapidamante di quanto non avvenga per la quantità totale di sostanza organica del suolo.
Powlson e Jenkinson [6] già nel 1976 affermavano che la biomassa microbica è un indicatore dei cambiamenti delle condizioni del suolo molto più sensibile di quanto non lo sia il contenuto totale della sostanza organica del suolo. La biomassa può quindi servire come un "preallarme" per tali cambiamenti; altre metodologie risultano infatti meno efficaci in tal senso. Tutte le ricerche, se estese all'ambiente naturale, per determinare ad esempio l'impatto ambientale dei metalli pesanti, vengono ad essere ostacolate dalla difficoltà di ottenere risultati analitici comparabili con suoli di controllo incontaminati.
Secondo Brookes il legame fra il C della biomassa e il C organico totale del suolo può di per sé costituire un "controllo interno" [1]. Quando i suoli deviano molto dal rapporto (C della biomassa)/(C organico totale del suolo)% considerato normale, per una particolare gestione del suolo, clima e tipo di suolo, il rapporto stesso diviene un sensore di danno o di cambiamento nel funzionamento dell'ecosistema suolo. Si osserva in effetti una relazione pressocchè lineare tra queste due variabili, sebbene si possano verificare notevoli diversità tra suoli con caratteristiche fisiche differenti o tra suoli sottoposti a differenti pratiche di gestione [5].
Il rapporto tra la biomassa e la sostanza organica del suolo può dunque essere utilizzato come "controllo interno" e permettere di superare la difficoltà di interpretazione delle misure effettuate fuori da esperimenti di pieno campo attentamente controllati.
Mentre infatti le misure della respirazione del suolo e della biomassa microbica possono, da sole, in alcune circostanze, essere degli indicatori utili di stress ambientali, la combinazione delle due misure per

dare la quantità di $CO_2$ sviluppata per unità di biomassa (respirazione specifica della biomassa) si è dimostrata un indicatore di stress ambientale molto preciso.

**CRITERI DA UTILIZZARE NELLA SCELTA DELLE PROPRIETÀ MICROBIOLOGICHE DA UTILIZZARE COME INDICATORI DELL'INQUINAMENTO DEL SUOLO**

1. LA PROPRIETÀ HA BISOGNO DI ESSERE MISURABILE ACCURATAMENTE E PRECISAMENTE SU UN LARGO RANGE DI TIPI E CONDIZIONI DI SUOLO.
2. POICHÉ DEVE ESSERE ANALIZZATO UN ELEVATO NUMERO DI CAMPIONI È PREFERIBILE CHE IL PARAMETRO POSSA ESSERE MISURATO FACILMENTE ED ECONOMICAMENTE.
3. IL PARAMETRO DEVE ESSERE DI NATURA TALE CHE ANCHE LE MISURE DEL CONTROLLO POSSANO ESSERE ESEGUITE, COSÌ CHE GLI EFFETTI DELL'AGENTE INQUINANTE POSSANO ESSERE DETERMINATI CON PRECISIONE.
4. IL PARAMETRO DEVE ESSERE SUFFICIENTEMENTE SENSIBILE DA IDENTIFICARE L'INQUINAMENTO, MA ANCHE SUFFICIENTEMENTE ROBUSTO DA NON GENERARE FALSI ALLARMI.
5. IL PARAMETRO DEVE AVERE UNA VALIDITÀ SCIENTIFICA GENERALE BASATA SU CONOSCENZE SCIENTIFICHE AFFIDABILI.
6. SE L'AFFIDABILITÀ DI UN SINGOLO PARAMETRO È BASSA, È PREFERIBILE SCEGLIERE DUE O PIÙ PARAMETRI INDIPENDENTI. IN QUESTO CASO DOVREBBERO ESSERE CONOSCIUTE LE LORO INTERRELAZIONI IN AMBIENTI NON INQUINANTI.

## AREA DI STUDIO

L'area di studio ricade in un settore del litorale laziale il cui clima, in base alla terminologia di Blasi [7], viene così definito: termotipo mediterraneo inferiore, ombrotipo secco-superiore/subumido-inferiore, regione xeroterica (sottoregione termomediterranea/ mesomediterranea). Le estati sono calde e presentano un periodo di aridità che può protrarsi per circa tre mesi, mentre gli inverni sono caratterizzati da condizioni miti. Le precipitazioni sono generalmente mediocri e ripartite irregolarmente nel corso dell'anno. Nella Tenuta di Castelporziano, oltre a formazioni vegetazionali artificiali sopravvivono associazioni naturali o semi-naturali rappresentative dell'antica vegetazione costiera. In particolare, secondo lo schema fitosociologico proposto da Lucchese e Pignatti [8] per il litorale laziale, si riconoscono distintamente le seguenti unità: macchia delle dune mobili (Juniperetum macrocarpae-phoeniceae Pedrotti e Cortini Pedrotti 1976), vegetazione elofitica delle depressioni palustri interdunali (Holoschoenetalia Braun-Blanquet (1931) 1947) e Lecceta litoranea nei suoi vari aspetti (Asplenio-Quercetum ilicis Rivas-Martinez 1974). Più difficile appare l'inquadramento di una formazione forestale meso-igrofila che si è impostata su una limitata area di duna consolidata. Essa è per certi versi riconducibile al bosco caducifoglio planiziare (Lathyro-Quercetum cerris Bonin et Gamisans 1976), ma qua e là presenta infiltrazioni di elementi xerofili, dovuti probabilmente a trascorse alterazioni antropiche, oppure manifesta settori con dominanza di Laurus nobilis probabilmente riferibili al bosco relittuale laurifillo (Lauro-Carpinetum betuli Lucchese et Pignatti 1990).

### Descrizione dei siti di campionamento

Nel 1994 è stato effettuato uno studio a livello di caratterizzazione di base dei suoli della Tenuta di Castelporziano, essenziale all'attivazione di tutte le ricerche delle diverse U.O.

In particolare sono stati individuati con la collaborazione del Segretariato della Tenuta, n. 16 siti di campionamento per un totale di n. 32 campioni, corrispondenti a due livelli di profondità 0-20, 20-40 cm per ogni sito considerato.
Nella Tabella 1 e nella Figura 8 viene fornita una legenda di identificazione dei singoli siti.
La definizione fitosociologica fa riferimento alla classificazione di F. Bruno [9], Carta della Vegetazione della tenuta di Castelporziano.

Informazioni principali sulla ubicazione e sulla utilizzazione dei differenti suoli:
$A_1$) ORTACCIO - Il campionamento è stato effettuato in un prato utilizzato come pascolo per il bestiame della Tenuta. La caratteristica del sito è la sua vicinanza con la Via Pontina anche se da questa risulta essere protetto da una zona collinare.
$A_2$) ORTACCIO- Il campionamento è stato effettuato in un prato utilizzato come pascolo per il bestiame della Tenuta. Al pari del sito A1, la caratteristica del sito è la sua estrema vicinanza con la Via Pontina; il campione è stato infatti prelevato a ridosso del muro di recinzione che separa la Tenuta dalla Via Pontina.
I valori che si otterranno dalle analisi dei suoli A1 e A2 saranno confrontati per evidenziare una eventuale proporzionalità tra i tassi registrati di inquinanti e la distanza dalle fonti dirette di inquinamento.
$B_1$) DOGANA- Area da lungo tempo destinata al pascolo della fauna selvatica.
Si tratta di un pratone aperto (pseudo-steppa mediterranea), senza copertura vegetale, poco distante dalla linea di costa. L'area, ad una prima osservazione è sembrata caratterizzata da una assidua frequentazione da parte di cinghiali.
$B_2$) DOGANA- Area da lungo tempo destinata al pascolo della fauna selvatica.
Si tratta di una zona con copertura vegetale da rimboschimento (in particolare *Pinus pinea* e *Populus nigra*), vicina alla linea di costa. Rispetto al sito B1 si è osservata una minore frequentazione da parte dei cinghiali.
C) SANTOLA- Il campionamento è stato effettuato in una zona di ex seminativo, attualmente rimboschito con *Quercus suber* (bosco di origine antropica definito in termini fitosociologici come: *Quercetum ilicis galloprovinciale suberetosum).* Il sito serve come confronto con il terreno campionato nella stessa area ma tuttora destinato a seminativo.
D) SANTOLA- Il campionamento è stato effettuato su un campo arato e seminato ad avena.
$E_1$) TOR PATERNO- Sito caratterizzato da una estrema vicinanza alla linea di costa.
La zona E, è stata campionata in tre siti poiché la situazione vegetazionale è risultata tanto varia e caratteristica da suggerire un'analisi specifica dei suoli in corrispondenza di differenti coperture vegetali.
$E_2$) TOR PATERNO- Sito caratterizzato da una estrema vicinanza alla linea di costa.
Si tratta di un'area forestale a bosco igrofilo costiero mediterraneo (presenza di *Populus alba*).
$E_3$) TOR PATERNO- Area forestale vicino alla linea di costa; suolo di duna con copertura a *Pinus pinea* (pineta matura).
F) SPAGNOLETTA- Area caratterizzata dalla vicinanza con la Via Cristoforo Colombo, è una zona arida, in passato devastata da un incendio. La copertura vegetale è a bosco di Sughera, di origine antropica (sono presenti anche altre specie di bosco termofilo quali il Cerro, il Farnetto) in parte ricolonizzata da essenze di macchia alta.
G) FARNETA- Area di foresta densa, non lontana dalla Via Pontina. Si tratta di un bosco termofilo misto di origine antropica (*Quercetum ilicis*, var. a Farnetto, Cerro, Roverella, Sughera)
H) SCOPONE- Questo sito è il più interno alla Tenuta ed è caratterizzato da *Quercus ilicis* (Lecceta matura, molto poco antropizzata), con zone frammentate di bosco igrofilo costiero mediterraneo.
I) VIA LITORANEA- Sito adiacente alla linea di costa in corrispondenza di una centralina di rilevamento atmosferico. Il campione è chiaramente sabbioso, la componente organica vegetale deriva dalla copertura che nel sito è tipicamente di macchia mediterranea bassa.

L) TELLINARI- Area di foresta densa, non lontana dalla linea di costa, a ridosso della zona di Capocotta. Si tratta di un bosco termofilo misto di origine antropica (*Quercetum ilicis*, var. a Farnetto, Cerro, Roverella, Sughera)
M) FONTANILE NUOVO- Sito scelto appositamente in posizione geograficamente centrale alla Tenuta, in qualità di sito mediano di un transetto a 5 (A, F, H, B ed infine M al centro). Si tratta di un bosco termofilo misto di origine antropica (*Quercetum ilicis*, var. a Farnetto, Cerro, Roverella, Sughera).
N) TRAFUSA- Sito campionato per via della vicinanza con una centralina di rilevamento atmosferico. L'area risulta notevolmente antropizzata (ex seminativi, rimboschimenti ad *Eucaliptus*, vicinanza di centri abitati). Il campione è stato prelevato al margine di un'area coltivata in fase di rotazione, all'ingresso di un'area a rimboschimento misto.

Tabella 1 - Sigle utilizzate per ciascun campione: ciascun campione è stato prelevato a due profondità (0-20 cm e 20-40 cm.) indicate rispettivamente con pedice 1 e 2. Parte dei suoli sono stati campionati in più siti sulla base delle esigenze del progetto di ricerca ed indicati con numeri progressivi.

| Campione | Sito | Località |
|---|---|---|
| 1 | $A_{1.1}$ | ORTACCIO (profondità 0-20 cm) |
| 2 | $A_{1.2}$ | ORTACCIO (profondità 20-40 cm) |
| 3 | $A_{2.1}$ | ORTACCIO (profondità 0-20 cm) |
| 4 | $A_{2.2}$ | ORTACCIO (profondità 20-40 cm) |
| 5 | $B_{1.1}$ | DOGANA (profondità 0-20 cm) |
| 6 | $B_{1.2}$ | DOGANA (profondità 20-40 cm) |
| 7 | $B_{2.1}$ | DOGANA (profondità 0-20 cm) |
| 8 | $B_{2.2}$ | DOGANA (profondità 20-40 cm) |
| 9 | $C_{1.1}$ | SANTOLA (profondità 0-20 cm) |
| 10 | $C_{1.2}$ | SANTOLA (profondità 20-40 cm) |
| 11 | $D_{1.1}$ | SANTOLA (profondità 0-20 cm) |
| 12 | $D_{1.2}$ | SANTOLA (profondità 20-40 cm) |
| 13 | $E_{1.1}$ | TOR PATERNO (profondità 0-20 cm) |
| 14 | $E_{1.2}$ | TOR PATERNO(profondità 20-40 cm) |
| 15 | $E_{2.1}$ | TOR PATERNO (profondità 0-20 cm) |
| 16 | $E_{2.2}$ | TOR PATERNO (profondità 20-40 cm) |
| 17 | $E_{3.1}$ | TOR PATERNO (profondità 0-20 cm) |
| 18 | $E_{3.2}$ | TOR PATERNO (profondità 20-40 cm) |
| 19 | $F_{1.1}$ | SPAGNOLETTA (profondità 0-20 cm) |
| 20 | $F_{1.2}$ | SPAGNOLETTA (profondità 20-40 cm) |
| 21 | $G_{1.1}$ | FARNETA (profondità 0-20 cm) |
| 22 | G 1.2 | FARNETA (profondità 20-40 cm) |
| 23 | $H_{1.1}$ | SCOPONE (profondità 0-20 cm) |
| 24 | $H_{1.2}$ | SCOPONE (profondità 20-40 cm) |
| 25 | $I_{1.1}$ | VIA LITORANEA (profondità 0-20 cm) |
| 26 | $I_{1.2}$ | VIA LITORANEA (profondità 20-40 cm) |
| 27 | $L_{1.1}$ | TELLINARI (profondità 0-20 cm) |
| 28 | $L_{1.2}$ | TELLINARI (profondità 20-40 cm) |
| 29 | $M_{1.1}$ | FONTANILE NUOVO (profondità 0-20 cm) |
| 30 | $M_{1.2}$ | FONTANILE NUOVO (profondità 20-40 cm) |
| 31 | $N_{1.1}$ | TRAFUSA (profondità 0-20 cm) |
| 32 | N 1.2 | TRAFUSA (profondità 20-40 cm) |

## MATERIALI E METODI

Su ciascun campione essiccato all'aria e vagliato a 2 mm sono state determinate, in accordo con i metodi ufficiali di analisi della SISS, la composizione granulometrica (sabbia, limo, argilla) la tessitura e la capacità di ritenzione capillare (Tabelle 2 e 3).
Sono stati inoltre determinati l'azoto (nelle diverse forme nitrico, ammoniacale, nitroso), il carbonio organico totale e quello della biomassa microbica (Tabelle 4 e 5).
Le diverse forme azotate sono state determinate secondo Bremner mediante estrazione in KCl 2M e il dosaggio dell'azoto scambiabile è stato effettuato per via colorimetrica, utilizzando un Autoanalyzer Technicon II. In particolare l'ammoniaca è stata determinata in ambiente tamponato alcalino ed a temperatura controllata mediante reazione con salicilato di sodio e nitroprussiato di sodio (lettura a 660 nm). La misura dei nitrati invece si è basata sulla riduzione dello ione nitrico a ione nitroso mediante idrazina. La successiva reazione di diazotazione della sulfanilammide e copulazione con N-1 naftiletilendiammina ha consentito la formazione di un colorante azoico la cui assorbanza viene letta a 540 nm. L'azoto nitroso è stato determinato mediante la stessa metodica sopra descritta per i nitrati, senza la preventiva riduzione con idrazina.
Per quanto riguarda invece la determinazione del C organico totale (T.O.C.) è stato utilizzato il metodo di Springer-Klee che consiste nell'ossidazione della sostanza organica per trattamento, a condizioni definite di temperatura (160°C) e acidità, con quantità note di $K_2Cr_2O_7$ 2N in largo eccesso. I risultati si ottengono mediante retrotitolazione del bicromato con una soluzione di $FeSO_4$ 0.2N.
Il C della biomassa è stato determinato secondo il metodo di fumigazione-estrazione proposto da Vance et al. (1987). I campioni, fumigati e non, vengono estratti con una soluzione di $K_2SO_4$ 0,5 M (rapporto 1:4). Il C della biomassa viene successivamente determinato per ossidazione con $K_2Cr_2O_7$ 0.4 N in ambiente acido a caldo; il bicromato in eccesso viene titolato con una soluzione di solfato ferroso 0,0333 mN. I risultati finali si ottengono mediante l'equazione [Bc = 2,64 Ec], dove Ec è la differenza tra il campione fumigato ed il non fumigato e 2,64 è un fattore di proporzionalità.

## DISCUSSIONE: GENERALITA' SULL'AREA MEDITERRANEA

L'efficienza degradativa dei microrganismi saprofiti e chemioautotrofi che abitano il suolo varia in base ad importanti parametri ambientali quali l'umidità, la temperatura, il grado di salinità ed il pH del suolo, l'intensità dell'illuminazione, la presenza di sostanze particolari prodotte dalle piante o dagli stessi microrganismi. Può inoltre avvenire che la struttura e la morfologia delle foglie influisca sulla velocità con cui ha luogo la decomposizione.
Gli stadi attraverso cui il carbonio organico passa nella lettiera prima di essere convertito a biossido di carbonio possono essere numerosi ed assai complessi. Il carbonio infatti può presentarsi nella lettiera in composti estremamente eterogenei, o legato in sostanze tossiche per gli esseri viventi. La lignina, i fenoli del legno ed i composti aromatici in genere, sono alcune tra le sostanze di più difficile degradazione. Tali considerazioni risultano particolarmente indicative nell'analisi del turnover della sostanza organica di ambienti la cui copertura vegetale presenta caratteristiche tali da limitare o comunque selezionare il tipo di successione degradativa ad opera dei microrganismi del suolo.
L'ambiente mediterraneo, infatti, oltre ad essere caratterizzato da periodi di siccità estivi, e di stress da freddo invernali presenta ulteriori fattori, limitanti per la pedofauna, di origine soprattutto biochimica.
La scarsa disponibilità di nutrienti minerali come l'azoto ed i fosfati, fondamentali per la crescita dei miceli, può rappresentare un altro grosso limite alla degradazione di molti substrati. Nei tessuti vegetali morti si trovano principalmente composti del carbonio, mentre l'azoto, elemento essenziale, oltre che per la sintesi proteica anche per la produzione della parete chitinosa dei funghi, è assai scarso. I resti vegetali

a contatto del suolo vengono infatti degradati dai funghi molto più velocemente di quelli che non contraggono diretti rapporti con il terreno: questo è dovuto alla presenza, nel primo caso, di batteri azotofissatori che forniscono alle colonie l'azoto necessario alla loro proliferazione. Il valore del rapporto tra il contenuto in carbonio organico e l'azoto totale del suolo è molto indicativo in tal senso.
Così come vi è una molteplicità di associazioni vegetazionali, anche le lettiere di diverse aree geografiche presentano sensibili discrepanze. Ad esempio, in un ambiente caldo-umido la lettiera è sottile, senza evidente stratificazione, poiché tutti i fattori favoriscono un elevata crescita e ricambio (turnover) delle popolazioni microbiche e fungine. Ciò si traduce in una decomposizione rapidissima che non permette l'accumulo di materiale nella lettiera. Al contrario, in presenza di un clima freddo, si ha una lettiera ricca, in cui gli strati profondi risultano in stato avanzato di decomposizione, mentre quelli superficiali sono scarsamente colonizzati dagli organismi saprofiti.
Nel caso specifico degli ambienti mediterranei, studiati in questa sede, si osservano differenti spessori di lettiera a seconda che si prenda in considerazione la duna, la "macchia bassa" o la "macchia alta". Sulla duna, diversi fattori risultano limitanti per una veloce decomposizione della lettiera, inoltre il materiale vegetale osservato al suolo non presenta uno spessore uniforme dal momento che l'incompleta copertura vegetale permette ai venti di asportare dal suolo quasi tutto il detrito. Al contrario, con una copertura forestale continua, la lettiera si può accumulare e le differenze di spessore risultano principalmente dovute alla composizione biochimica ed alla morfologia dei diversi substrati che la compongono. A tale proposito sono da citare le lettiere di Leccio e di Pino che nell'area esaminata sono risultate particolarmente profonde e stratificate [10]. Entrambe infatti risentono particolarmente della presenza di composti secondari (tannini nel Leccio e resine nel Pino), particolarmente selettivi nei confronti degli organismi decompositori.

## DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Dalla tabella 2 è possibile osservare che la prevalenza dei campioni di suolo presenta granulometria sabbiosa o sabbiosa-franca con bassa capacità di ritenzione capillare. Anche la capacità di scambio cationica è modesta. La reazione in pH dei suoli varia da un minimo di 4.95 per il campione 21 (Farneta 0-20 cm) ad un massimo di 8.34 per il campione 18 (Tor Paterno 20-40 cm); 10 campioni presentano reazione in pH subacida, 10 reazione neutra-subalcalina ed i rimanenti presentano reazione acida.
Relativamente alle forme azotate (Tabella 4), l'azoto ammoniacale prevale sull'azoto nitrico in quasi tutti i campioni analizzati; fanno eccezione i campioni 7 (Dogana, strato 0-20), 12 (Santola a seminativo, strato 20-40) e 18 (Tor Paterno, pineta, strato 20-40) nei quali è presente più azoto in forma nitrica che in forma ammoniacale. In generale tutti i siti sono mediamente forniti in azoto disponibile presentando valori tra 5 e 10 ppm; tendenzialmente la concentrazione maggiore di azoto si riscontra nello strato profondo 0-20, anche se in molti casi i valori si equivalgono nelle due profondità.
I suoli più ricchi in sostanza organica sono risultati quelli della zona a pascolo dell'Ortaccio, seguiti dalle aree forestali di Tor Paterno, da quelle a bosco planiziario di Scopone e quindi dalla zona boscosa della Dogana (Tabella 5). Significativo si è dimostrato il confronto tra i siti B1 e B2 e quello tra i siti E1 ed E2. Nel primo caso, pur trattandosi di aree limitrofe, con caratteristiche chimico fisiche simili, si è osservata una evidente differenza nel contenuto in sostanza organica, ed in particolare si sono riscontrati valori maggiori nella zona meno frequentata dalla fauna selvatica. Nel secondo confronto invece emerge una differenza marcata nel contenuto in sostanza organica del suolo sia nello strato 0-20 che nel 20-40 di due terreni egualmente vicini alla linea di costa, egualmente sabbiosi, che differiscono principalmente nel tipo di copertura vegetale: a lecceta, il terreno con minore sostanza organica ed a bosco misto, (prevalenza di *Populus alba*) il terreno con contenuto maggiore di sostanza organica.

Altro dato da evidenziare relativamente alla sostanza organica riguarda il suo contenuto lungo il profilo (Figure 2 e 3). Come è noto l'orizzonte più ricco in sostanza organica è generalmente quello superficiale. Nei suoli analizzati solo in due casi la situazione è ribaltata (Figura 4): nella zona della Santola a seminativo (D) e nella zona Spagnoletta (F), infatti, il contenuto in sostanza organica è maggiore nello strato profondo (20-40) che in quello più superficiale (0-20). Nel caso della Santola ciò è probabilmente imputabile alle pratiche agricole mentre, nel caso della Spagnoletta (comunque meno marcato) potrebbe essere ricercato nel fatto che in passato l'area è stata interessata da un vasto incendio. Sarà interessante verificare, attraverso la storia dell'utilizzazione di questi suoli, cosa in realtà abbia causato tale situazione.
Degno di nota, inoltre, è il bosco in località Farneta, che pur essendo di origine antropica presenta una ricca copertura. In questo sito il carbonio della biomassa microbica, così come il contenuto in carbonio organico sono estremamente bassi.
Dalle analisi dei contenuti in metalli pesanti (effettuati dall'ISPESL) emerge inoltre per Farneta una concentrazione di rame (215 $mg/Kg^{-1}$) estremamente alta.
Per quanto riguarda gli indici biochimici, allo stato attuale delle ricerche è possibile unicamente evidenziare che i suoli sino ad ora analizzati mostrano una grande disformità in contenuto di biomassa microbica. In particolare emerge che non sempre, alle maggiori concentrazioni di sostanza organica, corrispondono le maggiori quantità di biomassa microbica. Ciò è imputabile alla disomogeneità dei terreni (oscillanti tra il sabbioso ed il franco-franco sabbioso) ed alla copertura vegetale che varia moltissimo anche nell'ambito di un'area poco estesa. L'influenza della granulometria del terreno sulla quantità di biomassa microbica presente è evidenziata nella figura 5, in cui è riportata la variazione in quantità di C-biomassa in funzione della maggiore o minore presenza di sabbia nel terreno.
E' stato calcolato, inoltre, il rapporto [C-biomassa/C-organico totale]% da considerarsi quale "controllo interno" [1] per il campione di terreno in sè: si tratta infatti di un di un ottimo sensore dello stato del suolo. Per un terreno in condizioni normali, tale valore deve oscillare tra 1 e 4 [5]. Ciò significa che un terreno con [C-biomassa/C-organico totale]%= 4 è un ecosistema in perfetto equilibrio, mentre un terreno con [C-biomassa/C-organico totale]% minore di 1 si trova in una fase di stress o comunque di alterazione.
I valori di [C-biomassa /C-organico totale]% ottenuti per i terreni della Tenuta di Castelporziano (come si può osservare nella figura 6), sono compresi tra 0.5 e 3. In particolare risulta prossimo a valori ottimali il terreno del sito L, risultano avere buoni valori i terreni A2, B1, I ed M. Lo stato fisiologico dei terreni A1, B2, E2 ed H sembra invece piuttosto alterato, in considerazione dei loro bassi valori di [C-biomassa/C-organico totale]%.
Di particolare rilievo risulta infine la disformità tra il valore di [C-biomassa/C-organico totale]% del sito A2 rispetto a quello calcolato per il sito A1: dal grafico 6 emerge infatti che il terreno di A1, pur essendo protetto da una vasta zona collinare e meno antropizzato, presenta un rapporto [C-biomassa/C-organico totale]% notevolmente inferiore rispetto a quello del sito A2, che è invece separato dalla Via Pontina da un semplice muro di cinta. L'elevata attività microbica del sito A2 potrebbe essere imputata ad uno stato di iperattività metabolica: infatti può accadere che la popolazione microbica talvolta risponda ad uno stato di stress, accelerando il proprio tasso di riproduzione ed il metabolismo.
Per quanto concerne il rapporto tra concentrazione in carbonio totale ed azoto totale si osserva un generale andamento lineare che corrisponde ad una situazione media standard (Figura 7).

Tabella 2 - Caratterizzazione fisico-chimica dei campioni di suolo (i valori sono riferiti al secco a 105°C)

| Campioni | Sg % (a) | Sf % (b) | Lg % (c) | Lf % (d) | A % (e) | Tex. (f) | CC % (g) | $CaCO_3$ % (h) | pH (i) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28.2 | 27.1 | 15.8 | 13.2 | 15.7 | F | 26.6 | 0.89 | 7.57 |
| 2 | 40.1 | 4.6 | 17.8 | 14.5 | 23 | F | 31 | 1.04 | 7.92 |
| 3 | 25.6 | 28.8 | 12.8 | 17.2 | 23.7 | F | 27.8 | 0.74 | 7.31 |
| 4 | 16.6 | 8.6 | 19.3 | 22.1 | 33.4 | FA | 43.7 | 1.3 | 7.54 |
| 5 | 84.2 | 5.9 | 0.8 | 3.0 | 6.1 | S | 9.5 | 0.10 | 6.33 |
| 6 | 71.1 | 19.6 | 0.4 | 3.2 | 5.7 | S | 5.9 | 0.13 | 6.38 |
| 7 | 56.0 | 30.2 | 4.9 | 1.2 | 7.7 | S | 12.5 | 0.14 | 5.96 |
| 8 | 56.0 | 28.5 | 4.6 | 3.2 | 7.7 | SF | 9.0 | 0.10 | 6.09 |
| 9 | 56.7 | 24.3 | 4.0 | 5.2 | 9.7 | SF | 11.3 | 0.11 | 5.89 |
| 10 | 59.0 | 22.4 | 1.7 | 6.2 | 10.7 | SF | 9.2 | 0.11 | 6.84 |
| 11 | 49.8 | 30.0 | 7.3 | 3.2 | 9.7 | SF | 11.0 | 0.18 | 5.32 |
| 12 | 39.6 | 32.2 | 11.2 | 7.2 | 9.7 | F | 8.6 | 0.21 | 5.77 |
| 13 | 73.2 | 19 | 2.8 | 1.2 | 3.7 | S | 10.1 | 0.20 | 7.92 |
| 14 | 88.2 | 2.9 | 2.4 | 0.5 | 6 | S | 7.9 | 0.19 | 7.72 |
| 15 | 70.8 | 15.4 | 4.9 | 5.2 | 3.7 | S | 19.9 | 0.28 | 7.29 |
| 16 | 62.2 | 12.8 | 14.1 | 6.2 | 4.7 | SF | 18.0 | 0.44 | 7.03 |
| 17 | 83.7 | 7.7 | 1.6 | 0.2 | 6.7 | S | 11.4 | 0.22 | 7.41 |
| 18 | 82.6 | 8.3 | 2.2 | 1.2 | 5.7 | S | 5.5 | 0.05 | 8.34 |
| 19 | 70.0 | 9.4 | 3.8 | 7.2 | 9.7 | FS | 10.6 | 0.29 | 7.29 |
| 20 | 70.3 | 9.6 | 5.2 | 5.2 | 9.7 | SF | 11.1 | 0.05 | 7.09 |
| 21 | 63.9 | 13.6 | 7.5 | 6.2 | 8.7 | F | 7.9 | 0.07 | 4.95 |
| 22 | 64.2 | 11.7 | 7.2 | 7.2 | 9.7 | FS | 7.5 | 0.07 | 7.11 |
| 23 | 75.3 | 11.1 | 4.6 | 2.2 | 6.7 | S | 12.9 | 0.21 | 5.73 |
| 24 | 75.2 | 11.2 | 3.7 | 3.2 | 6.7 | S | 8.2 | 0.03 | 5.82 |
| 25 | 80.8 | 11.2 | 1.0 | 3.2 | 3.7 | S | 10.4 | 0.17 | 7.89 |
| 26 | 86.0 | 5.4 | 1.7 | 3.2 | 5.7 | S | 5.1 | 0.09 | 7.80 |
| 27 | 71.9 | 8.2 | 10 | 4.2 | 5.7 | SF | 12.7 | 0.13 | 6.84 |
| 28 | 77.7 | 8.0 | 2.4 | 4.2 | 7.7 | S | 11.0 | 0.02 | 6.70 |
| 29 | 68.6 | 5.2 | 7.6 | 4.1 | 14.4 | FS | 12.7 | 0.25 | 6.70 |
| 30 | 66.4 | 5.2 | 8.9 | 5.5 | 14 | FS | 13.2 | 0.23 | 6.56 |
| 31 | 63.8 | 2.8 | 11.8 | 3.5 | 18 | FS | 20.2 | 0.5 | 6.28 |
| 32 | 64.7 | 1.7 | 9 | 3.5 | 21 | FSA | 17.2 | 0.33 | 6.53 |

I dati sono stati ottenuti mediante il metodo densimetrico riportato su" metodi normalizzati di analisi del suolo" ( Società italiana della Scienza del Suolo, Edagricole).

**Legenda**

(a) = Sabbia grossa (Ø particelle compreso tra 2 - 0,2 mm)
(b) = Sabbia Fine (Ø particelle compreso tra 0.2 e 0.05 mm)
(c) = Limo grosso (Ø particelle compreso tra 0.05 e 0.01 mm)
(d) = Limo fine (Ø particelle compreso tra 0.01 e 0.02 mm)
(e) = Argilla (Ø particelle < 0.002 mm)
(f) = Tessitura
(g) = Capacità di ritenzione capillare a pF 2,5
(h) = Carbonato di Calcio in percentuale (g/100g)
(i) = pH estrazione in acqua rapporto 1:2,5

Tabella 3 - Capacità di scambio cationico (CSC) e cationi scambiabili (i valori sono riferiti al secco a 105°C)

| Campioni | CSC meq100g$^{-1}$ | $Na^+$ meq100g$^{-1}$ | $K^+$ meq100g$^{-1}$ | $Ca^+$ meq100g$^{-1}$ | $K_2O$ scambiabile g/100g |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.72 | 0.369 | 1.162 | 17.841 | 0.05 |
| 2 | 23.37 | 0.47 | 1.23 | 20.94 | 0.06 |
| 3 | 17.42 | 0.425 | 1.111 | 14.781 | 0.052 |
| 4 | 33 | 0.61 | 1.06 | 26.05 | 0.05 |
| 5 | 3.56 | 0.170 | 0.460 | 2.015 | 0.02 |
| 6 | 1.42 | 0.752 | 0.400 | 0.258 | 0.018 |
| 7 | 4.96 | 0.170 | 0.523 | 2.751 | 0.02 |
| 8 | 3.44 | 0.170 | 0.268 | 2.110 | 0.012 |
| 9 | 3.34 | 0.186 | 0.268 | 2.291 | 0.012 |
| 10 | 3.19 | 0.152 | 0.212 | 2.279 | 0.01 |
| 11 | 5.16 | 0.073 | 0.383 | 3.771 | 0.02 |
| 12 | 7.40 | 0.152 | 0.166 | 4.200 | 0.008 |
| 13 | 4.68 | 0.160 | 0.166 | 3.850 | 0.008 |
| 14 | 4.15 | 0.12 | 0.08 | 3.72 | 0.004 |
| 15 | 9.25 | 0.313 | 0.651 | 5.647 | 0.03 |
| 16 | 11.2 | 0.369 | 0.178 | 8.907 | 0.008 |
| 17 | 6.32 | 0.217 | 0.268 | 4.506 | 0.012 |
| 18 | 1.90 | 0.160 | 0.151 | 1.047 | 0.007 |
| 19 | 6.66 | 0.195 | 0.166 | 5.846 | 0.008 |
| 20 | 4.86 | 0.152 | 0.115 | 1.131 | 0.005 |
| 21 | 5.91 | 0.195 | 0.089 | 1.460 | 0.004 |
| 22 | 2.92 | 0.173 | 0.063 | 1.471 | 0.003 |
| 23 | 5.12 | 0.173 | 0.127 | 4.158 | 0.006 |
| 24 | 1.45 | 0.160 | 0.115 | 0.722 | 0.005 |
| 25 | 4.26 | 0.152 | 0.089 | 3.497 | 0.004 |
| 26 | 2.41 | 0.108 | 0.038 | 1.873 | 0.02 |
| 27 | 4.23 | 0.152 | 0.268 | 2.692 | 0.012 |
| 28 | 1.60 | 0.160 | 0.153 | 0.493 | 0.007 |
| 29 | 9.28 | 0.16 | 0.38 | 4.64 | 0.018 |
| 30 | 16.58 | 0.53 | 2.21 | 9.85 | 0.10 |
| 31 | 13.48 | 0.30 | 0.73 | 6.7 | 0.034 |
| 32 | 23.37 | 0.47 | 1.23 | 20.94 | 0.057 |

I metodi utilizzati sono riportati su " Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo " del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali.

Tabella 4 - Azoto assimilabile dei campioni di suolo (i valori sono riferiti al secco a 105°C)

| Campioni | $N\text{-}NH_4$ ppm | $N\text{-}NO_3$ ppm | $N\text{-}NO_2$ ppm | $\Sigma$ | $NO_3/NH_4$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9.9 | 4.1 | 0.4 | 14.4 | 0.4 |
| 2 | 9.6 | 4.0 | 0.2 | 13.8 | 0.4 |
| 3 | 10.7 | 4.0 | 0.4 | 15.1 | 0.4 |
| 4 | 13 | 5.4 | 0.2 | 18.6 | 0.12 |
| 5 | 3.7 | 1.1 | 0.3 | 5.1 | 0.3 |
| 6 | 3.1 | tracce | 0.3 | 3.4 | — |
| 7 | 5.4 | 16.0 | 0.2 | 21.6 | 2.9 |
| 8 | 3.0 | tracce | 0.1 | 3.1 | — |
| 9 | 2.4 | tracce | 0.1 | 2.5 | — |
| 10 | 3.0 | tracce | 0.1 | 3.1 | — |
| 11 | 17.2 | 10.1 | 0.1 | 27.4 | 0.6 |
| 12 | 4.0 | 18.4 | 0.0 | 22.4 | 4.6 |
| 13 | 5.2 | 4.2 | 0.5 | 9.9 | 0.8 |
| 14 | 0.5 | 0.4 | 0.0 | 0.9 | 0.8 |
| 15 | 4.9 | 1.0 | 0.2 | 6.1 | 0.2 |
| 16 | 4.0 | 1.9 | 0.1 | 6.0 | 0.5 |
| 17 | 4.5 | 3.9 | 0.1 | 8.5 | 0.8 |
| 18 | 0.9 | 2.2 | 0.1 | 3.2 | 2.4 |
| 19 | 3.9 | 1.0 | 0.3 | 5.2 | 0.2 |
| 20 | 9.6 | tracce | 0.3 | 9.9 | — |
| 21 | 4.0 | tracce | 0.2 | 4.2 | — |
| 22 | 4.0 | tracce | 0.2 | 4.2 | — |
| 23 | 4.3 | tracce | 0.1 | 4.4 | — |
| 24 | 4.8 | tracce | 0.1 | 4.9 | — |
| 25 | 3.3 | 1.0 | 0.1 | 4.4 | 0.3 |
| 26 | 9.1 | 0.8 | 0.1 | 10.0 | 0.08 |
| 27 | 4.7 | 0.2 | 0.1 | 5.0 | 0.04 |
| 28 | 4.1 | tracce | 0.1 | 4.2 | — |
| 29 | 12.2 | 5.1 | 0.1 | 17.4 | 0.4 |
| 30 | 6.3 | 0.5 | 0.1 | 6.9 | 0.08 |
| 31 | 8.3 | 1.1 | 0.1 | 9.5 | 0.13 |
| 32 | 5.2 | 0.0 | 0.1 | 5.3 | 0.0 |

Le analisi sono state eseguite in accordo con la metodologia riportata su "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali (G.U. 1994).

Tabella 5 - Carbonio della biomassa, carbonio organico totale e contenuto percentuale in sostanza organica (i valori sono riferiti al secco a 105°C)

| Campioni | C-biomassa µg $Cg^{-1}$ | TOC % | sostanza organica % | TOC % / C biomassa % | N Totale (Kjeldhal) ppm | C/N |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 220 | 3.3 | 5.7 | 0.6 | 2233 | 15 |
| 2 | 281 | 1.7 | 3.0 | 1.6 | 1052 | 16 |
| 3 | 359 | 2.2 | 3.7 | 1.6 | 1315 | 16 |
| 4 | 184 | 2.0 | 3.4 | 0.9 | 1357 | 15 |
| 5 | 227 | 1.2 | 2.0 | 1.9 | 615 | 19 |
| 6 | 28 | 0.5 | 0.9 | 0.5 | 277 | 18 |
| 7 | 118 | 1.9 | 3.3 | 0.6 | 737 | 25 |
| 8 | 42 | 1.1 | 1.9 | 0.4 | 392 | 28 |
| 9 | 85 | 0.6 | 1.1 | 1.4 | 682 | 10 |
| 10 | 194 | 0.6 | 1.1 | 3.0 | 130 | 51 |
| 11 | 174 | 1.0 | 1.8 | 1.7 | 462 | 21 |
| 12 | 120 | 1.4 | 2.3 | 0.8 | 652 | 21 |
| 13 | 197 | 1.2 | 2.1 | 1.6 | 537 | 14 |
| 14 | 106 | 0.7 | 1.3 | 1.5 | 397 | 19 |
| 15 | 86 | 2.6 | 4.1 | 0.3 | 1742 | 15 |
| 16 | 88 | 1.8 | 3.1 | 0.5 | 1092 | 16 |
| 17 | 223 | 1.8 | 3.2 | 1.2 | 885 | 21 |
| 18 | 137 | 0.7 | 1.2 | 1.9 | 275 | 25 |
| 19 | 190 | 1.3 | 2.3 | 1.5 | 722 | 18 |
| 20 | 138 | 1.5 | 2.6 | 0.9 | 492 | 31 |
| 21 | 93 | 0.8 | 1.4 | 1.2 | 214 | 38 |
| 22 | 54 | 0.3 | 0.6 | 1.8 | 152 | 23 |
| 23 | 161 | 1.9 | 3.4 | 0.8 | 297 | 66 |
| 24 | 81 | 0.6 | 1.1 | 1.3 | 62 | 100 |
| 25 | 188 | 1.2 | 2.1 | 1.6 | 595 | 21 |
| 26 | 131 | 0.6 | 1.1 | 2.0 | 238 | 28 |
| 27 | 234 | 0.8 | 1.5 | 3.0 | 832 | 10 |
| 28 | 147 | 0.6 | 1.0 | 2.4 | 150 | 40 |
| 29 | 260 | 1.6 | 2.8 | 1.6 | 1025 | 16 |
| 30 | 165 | 1.1 | 1.9 | 1,5 | 605 | 19 |
| 31 | 192 | 1.5 | 2.5 | 1.3 | 850 | 17 |
| 32 | 167 | 0.7 | 1.2 | 2.4 | 320 | 23 |

Le analisi, nel caso dei valori della biomassa sono state eseguite secondo la metodica di "fumigazione-estrazione" (E.D. Vance et al., 1987); per il carbonio organico e la sostanza organica sono state eseguite secondo i metodi riportati su "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali (G.U. 1994).

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia sentitamente la Dott.ssa Marina Natalini della Sezione di Nutrizione Azotata e Microbiologia del Terreno dell'ISNP per la preziosa collaborazione fornita nel corso di questo primo anno di indagini.
Si ringrazia altresì la Sezione di Idrologia e Pedologia dell'ISNP per la caratterizzazione fisica dei campioni di suolo.

## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

[1] BROOKES, P.C., 1993, The potential of microbiological properties as indicators in soil pollution monitoring. Workshop on "Soil Monitoring: Methods for Early Detection and Surveying of Soil Contamination and Degradation", Monte Verita - Switzerland, 18-23 October 1992. It is also published in Soil Monitoring (eds R. Schulin, A. Desaules, R. Webster and B. von Steiger) with permission of Birkhauser Verlag (Publisher).

[2] DOMSCH, K.H., 1980, Interpretation and evaluation of data. In: Recommended tests for assessing the side-effects of pesticides on the soil microflora. Weed Research Organization Technical Report N. 59, 6-8.

[3] DOMSCH, K.H, JAGNOW, G, ANDERSON, T.H., 1983, An ecological concept for the assessment of side- effects of agrochemicals on soil micro-organism. Residue Reviews 86, 65-105.

[4] GUPTA, V.V.S.R., GERMIDA, J.J., 1988, Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. Soil Biol & Biochem 20, 777-786.

[5] JENKINSON, D.S., LADD, J.N. (EDS), 1981, Soil Biochemistry, Vol.5, Marcel Dekker New York 415-471.

[6] POWLSON, D.S., JENKINSON, D.S., 1976, The effects of biocidal treatments on metabolism in soil II.Gamma irrdadiation, autoclaving, air-drying and fumigation. Soil Biol & Biochem 8,179-188.

[7] BLASI, C., 1993, Carta del fitoclima del Lazio. Regione Lazio, Roma.

[8] LUCCHESE, F., PIGNATTI, S., 1990, Sguardo sulla vegetazione del Lazio marittimo. Quaderni Accad. Naz. Lincei, 264: 5-48.

[9] BRUNO, F., 1979, Carta della vegetazione della tenuta di Castelporziano. Istituto di Botanica - Università di Roma. CNR: AQ/1/36 (Programma finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente". Tema di ricerca: "Rilevamento cartografico della vegetazione").

[10] LUNGHINI, D., QUADRACCIA, L., 1990, Contributo alla conoscenza degli Ifomiceti demaziacei della tenuta presidenziale di Castelporziano (Micoflora del Lazio III). Quaderni Accad. Naz. Lincei, 264, 121-132.

[11] LEBRETON, P., 1975, Apports de la biochimie flavonique a la connaissance de la flore méditerranéenne. Colloques internationaux C.N.R.S., 235, 379-386.

[12] LYNCH, J.M, PANTING, L.M., 1980, Variations in the size of the soil biomass. Soil Biol & Biochem 12, 547-550.

[13] VAN VEEN, J.A., LADD, J.N., AMATO, M., 1985, Turnover of carbon and nitrogen through the microbial biomass in a sandy loam and a clay soil incubated with 14 C (u) glucose and 15 N $(NH_4)$ $SO_4$ under different moisture regimes. Soil Biol & biochem 17, 747-756.

Fig. 2

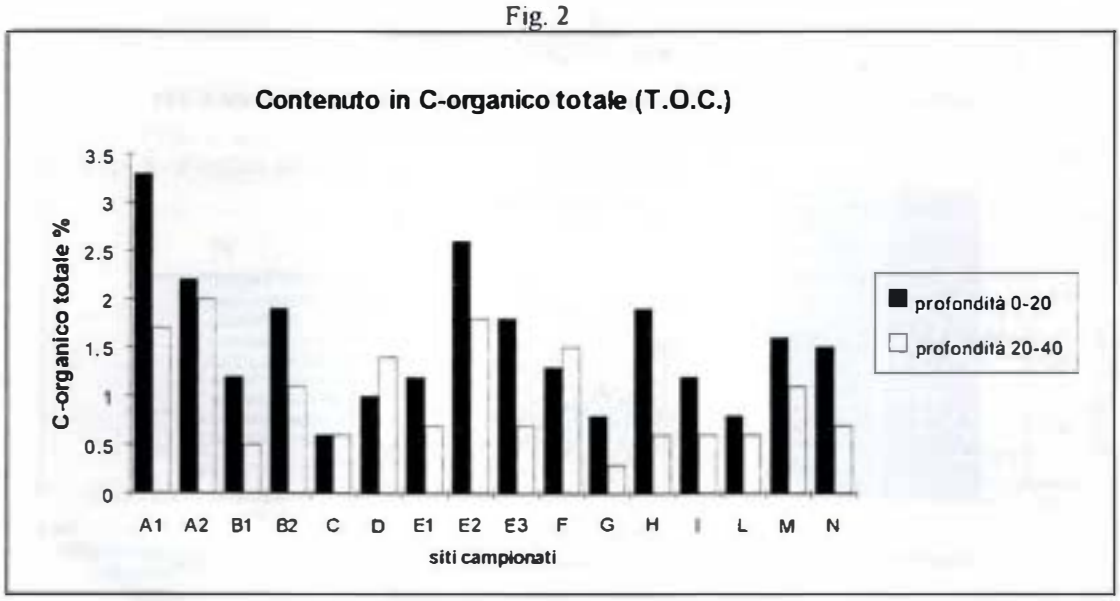



Fig. 3

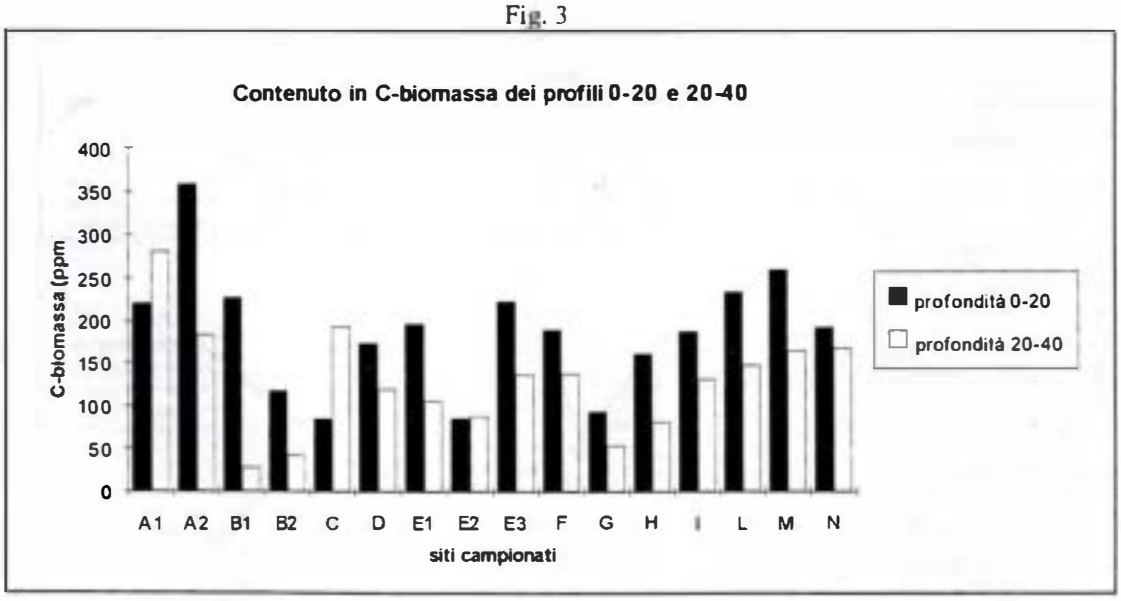
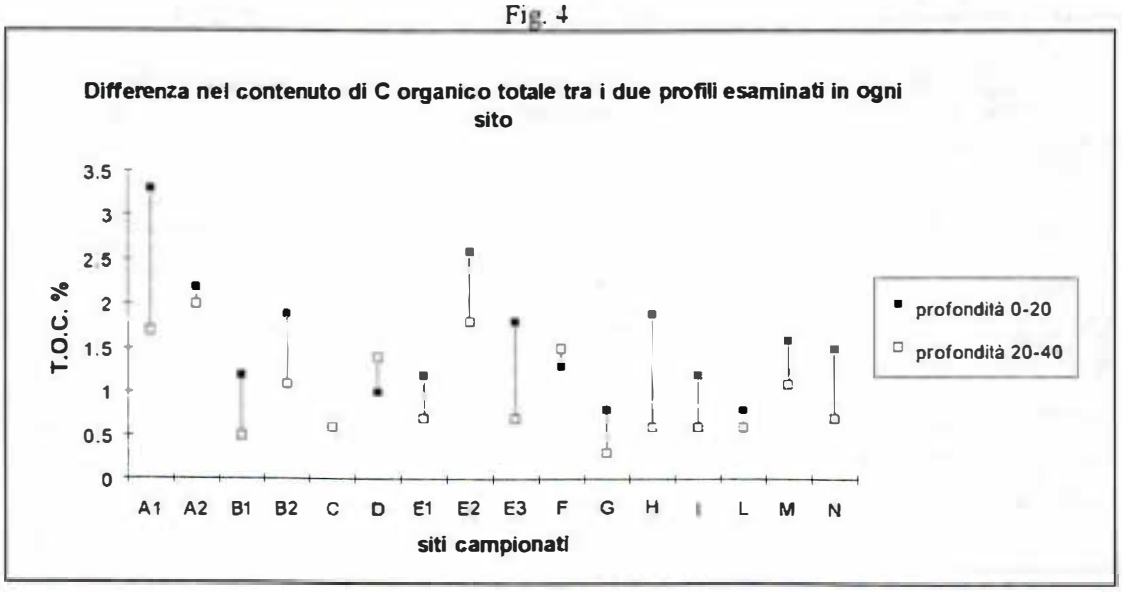



Fig. 4



| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | SUOLO |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE DI LAVAGGIO DELLA VEGETAZIONE DI ALTO FUSTO PER LO STUDIO DELL'INQUINAMENTO DEL SUOLO. |
| *RESPONSABILE* | Dott. M. Villarini |
| *UNITA' OPERATIVE* | ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro - Roma (Ministero della Sanità); ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | M. Villarini, P. Falcone, C. Riccardi, A. Benedetti , S. Dell'Orco |

## PREMESSA

La ricerca si svolgerà in stretta collaborazione tra l'ISPESL che curerà la parte prevalentemente analitica relativa ai metalli pesanti e l'ISNP che invece progetterà e realizzerà il sistema di raccolta delle acque di lavaggio delle piante di alto fusto (Fig. 1).
Inoltre i risultati del monitoraggio delle concentrazione dei metalli pesanti nelle acque verranno correlati a quelle dei metalli nel suolo determinati su campioni prelevati a diversa distanza dalla pianta. Si procederà inoltre ad uno studio comparato tra concentrazioni di inquinanti ed indicatori biochimici di impatto ambientale.

## MATERIALI E METODI

In questo primo anno di ricerca su tutti i 32 campioni di suolo prelevati dall'ISNP ha effettuato l'analisi dei metalli pesanti (Tab.1).
Per quanto riguarda i metalli pesanti è stata impiegata la spettofotometria ad assorbimento atomico (AAS) previa mineralizzazione del campione in acqua regia (miscela di HCl 37% e $HNO_3$ 65% in rapporto 3:1 v/v) secondo il metodo n. 13 della raccolta "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" - Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali (1994) [1].
In particolare una aliquota sufficiente per l'analisi di ciascun campione di suolo in esame è stata disidratata a 105°C mediante stufa termostatata per 2 ore. Successivamente se ne è pesata esattamente una quantità compresa tra 0,5 ed 1 g che veniva addizionata con una piccola quantità di acqua distillata al fine di ottenere una consistenza pastosa.
Ai campioni così umettati si aggiungeva l'acqua regia necessaria per la mineralizzazione pari a 8 ml per ogni grammo di campione secco. Tale operazione è stata condotta in un mineralizzatore a microonde CEN MDS-2100 per 110 minuti.
Dopo raffreddamento la sospensione è stata portata a volume in un matraccio da 100 ml con acqua distillata e lasciata decantare per una notte. Il surnatante, limpido e di colore giallo paglierino, è stato analizzato mediante spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS) utilizzando un Perchin Elmer 3110 dotato di fornetto di grafite ed autocampionatore.

Tab. 1 - Metalli pesanti.

| Suoli | Ni mg $Kg^{-1}$ | Cr mg $Kg^{-1}$ | Pb mg $Kg^{-1}$ | Co mg $Kg^{-1}$ | Cd mg $Kg^{-1}$ | Zn mg $Kg^{-1}$ | Mn mg $Kg^{-1}$ | Cu mg $Kg^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 26.0 | 39.0 | 7.5 | 6.6 | 0.19 | 11.0 | 343.0 | 56.0 |
| 3 | 25.0 | 34.0 | 23.0 | 6.9 | 0.75 | 10.1 | 310.0 | 56.0 |
| 5 | 2.6 | 15.1 | 5.1 | 1.16 | 3.2 | tracce | 12.6 | 18.9 |
| 6 | 7.2 | 31.0 | 4.2 | 3.3 | tracce | tracce | 266.0 | 48.0 |
| 7 | 7.4 | 26.0 | 6.9 | 1.87 | tracce | 0.35 | 246.0 | 28.0 |
| 8 | 7.2 | 20.0 | 10.0 | 2.5 | 1.25 | tracce | 245.0 | 194.0 |
| 9 | 11.4 | 26.0 | 9.9 | 5.1 | 0.25 | 0.76 | 396.0 | 91.0 |
| 10 | 12.6 | 21.0 | 8.7 | 5.0 | 0.41 | 0.62 | 397.0 | 149.0 |
| 11 | 9.6 | 20.0 | 7.7 | 4.2 | 0.38 | 1.35 | 485.0 | 103.0 |
| 12 | 12.3 | 24.0 | 19.7 | 6.2 | tracce | 3.4 | 467.0 | 81.0 |
| 15 | 13.8 | 18.6 | 36.0 | 7.0 | 1.03 | 6.3 | 804.0 | 123.0 |
| 16 | 14.9 | 11.8 | 3.4 | 6.6 | 0.31 | 2.3 | 441.0 | 110.0 |
| 17 | 8.5 | 9.9 | 4.4 | 5.0 | 0.35 | tracce | 650.0 | 48.0 |
| 18 | 16.1 | 6.1 | 2.6 | 6.8 | tracce | 1.99 | 373.0 | 32.0 |
| 19 | 9.6 | 37.0 | 13.1 | 4.9 | tracce | 17.8 | 279.0 | 157.0 |
| 20 | 9.4 | 36.0 | 10.2 | 4.1 | 0.51 | tracce | 153.0 | 84.0 |
| 21 | 0.66 | 10.3 | 3.7 | 0.44 | 1.54 | tracce | 9.0 | tracce |
| 22 | 3.6 | 23.0 | 1.0 | 0.51 | 0.51 | tracce | 31.0 | 215.0 |
| 23 | tracce | 3.7 | 5.0 | tracce | 0.52 | tracce | 2.9 | 39.0 |
| 24 | 0.55 | 12.7 | 5.5 | tracce | 0.55 | tracce | 4.7 | 108.0 |
| 25 | 18.1 | 6.7 | tracce | 6.1 | 0.27 | 0.83 | 483.0 | 191.0 |
| 26 | 15.7 | 4.2 | tracce | 5.8 | tracce | 0.60 | 419.0 | 85.0 |
| 27 | 6.4 | 18.3 | 14.6 | 2.7 | 1.40 | tracce | 312.0 | 59.0 |
| 28 | 5.8 | 19.3 | 14.7 | 2.7 | 1.15 | tracce | 47.0 | 69.0 |

Le analisi sono state eseguite secondo i metodi riportati su "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali.

## DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Per quanto riguarda i metalli pesanti, tutti in concentrazioni contenute nei range della normalità non sembrano evidenziare siti più inquinati di altri, nemmeno nel caso del piombo determinato nei campioni prelevati a ridosso delle strade di grande scorrimento.
Se andiamo a confrontare le concentrazioni riscontrate con il valore medio desunto dalla letteratura (Tab. 2) si può vedere che, nella maggior parte dei casi come per il cobalto, il cromo, il manganese, il nichel il piombo e lo zinco sono al di sotto dei valori più frequentemente riscontrati nei suoli italiani.

Tab. 2: Contenuto in metalli pesanti del terreno in p.p.m. [2]

| ELEMENTO | TERRENI | | |
|---|---|---|---|
| | mediana | *minimo-massimo* | esempi di concentrazioni anomale |
| Cd | 0.35 | *(0.01-2)* | 500 |
| Co | 8 | *(0.05-65)* | |
| Cr | 70 | *(5-1500)* | 11.000 |
| Cu | 30 | *(2-250)* | 50.000 |
| Hg | 0.06 | *(0.01-0.5)* | |
| Mn | 1000 | *(20-10.000)* | |
| Mo | 1.2 | *(0.1-40)* | |
| Ni | 50 | *(2-750)* | 9.000 |
| Pb | 35 | *(2-300)* | |
| Sn | 4 | *(1-200)* | 100.000 |
| Zn | 90 | *(1-900)* | 87.000 |

Fig. 2: Sistema per la raccolta delle acque di dilavamento. Una canalina in gomma viene fissata a spirale sul fusto con l'aiuto di silicone per meglio guidare il flusso di acqua piovana verso il contenitore di raccolta delle acque.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali; Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo; Roma 1994.

[2] SEQUI, P., 1992, Chimica del suolo; Patron Ed.

[3] Progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano; Atti del II Seminario; Tenuta di Castelporziano 12 maggio 1995.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | SUOLO |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | BIOMASSE DI ORIGINE ANIMALE E VEGETALE E RICICLO DEGLI ELEMENTI NUTRITIVI: PRODUZIONE DI UN COMPOST DI QUALITA' |
| *RESPONSABILE* | Prof. L. Morselli |
| *UNITA' OPERATIVE* | Ministero dell'Ambiente<br>Tenuta di Castelporziano<br>ISNP, ISPESL |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | L. Morselli<br>A. Tinelli<br>A. Benedetti, F. Alianiello, S. Dell'Orco, M. Villarini<br>C. Riccardi |

Nell'ambito di questo tema di ricerca ci si pone l'obiettivo di censire e di caratterizzare le biomasse di rifiuto prodotte all'interno della tenuta e di recuperarle per la produzione di un compost di "elevata qualità". Il compost dovrebbe poi essere utilizzato all'interno della tenuta medesima o per soddisfare le esigenze in ammendanti organici dei giardini del Palazzo del Quirinale.

In una prima fase la ricerca ha lo scopo di "disegnare" il flusso attuale della biomassa prodotta in azienda. Tale operazione è eseguita previa una semplice descrizione dei principali processi produttivi (agricoli, zootecnici e forestali) e delle attività antropiche che vengono svolte all'interno della Tenuta (residenziale, commerciale, ecc.). Avendo presente tale quadro è infatti possibile individuare, per ogni processo e per ogni attività la natura e la quantità delle biomasse prodotte.
Da una prima e sommaria analisi, che è in corso di approfondimento sono stati attualmente individuati:
- letami delle stalle;
- fanghi di depurazione delle acque reflue civili;
- residui di potature dei giardini, erba di spolvero dei prati a fruizione ricreativa;
- residui delle lavorazioni forestali.

Poche informazioni sono invece disponibili per quanto riguarda la produzione agricola (residui colturali in genere) e la raccolta di R.S.U. (raccolta unica o differenziata).
La ricerca si pone quindi l'obiettivo di caratterizzare le biomasse individuate e verificare la possibilità di utilizzarle per la produzione del compost, anche in relazione alla loro compatibilità, ridisegnando quindi il flusso delle biomasse dell'intera Tenuta.

L'ultima fase prevede la possibilità di realizzare in tenuta il processo di compostaggio mediante un impianto appositamente studiato ed ottimizzato. A questo si giungerà a seguito di prove preliminari che verranno condotte in laboratorio mediante l'ausilio di piccoli bioreattori messi a disposizione dall'ISNP per l'individuazione delle migliori condizioni operative (biomasse da utilizzare, rapporti di miscelazione, temperature, umidità, ecc.).

Un primo sommario censimento è riportato nella tabella seguente.

Tabella A - Biomasse presenti in tenuta (in quintali/anno) ed attuali utilizzi.

| | | |
|---|---|---|
| a) Sfalcio prati | 100 | Fieno |
| b) Manutenzione | 80 | Accumulo terriccio |
| c) Potature palme | 160 | Trinciatura sul campo |
| d) Letame stalla | 25 | Concimaia (parziale utilizzo) |
| e) Fanghi da depurazione | 25 | Accumulo (non utilizzato ma smaltito da 10 anni) |
| f) Frazione organica - RSU da R.D. | - | Smaltimento RSU |

Si considera che le biomasse utilizzabili corrispondano alle frazioni

$$a + \frac{c}{2} + d + e$$

per un quantitativo di circa **210 quintali/anno**.
Dal 100 % di biomassa si possono ricavare il 20 - 40 % di composto di elevata qualità corrispondente a circa 40 - 80 quintali/anno.

Allo scopo di avere un quadro molto chiaro delle frazioni organiche presenti in tenuta e riutilizzabili in ricircolo è stato predisposto in questionario per un censimentopreliminare dellebiomasse compostabili da sottoporre agli operatori presenti in tenuta.
Schematicamente esso riguarda:

**ATTIVITA' PRODUTTIVE**

- attività agricole
- attività zootecniche
- attività forestali
- cura e manutenzione dei giardini
- attività collaterali - servizi

**ATTIVITA' ANTROPICHE**

- popolazione
- R.S.U.
- fanghi

Ad ogni voce il questionario entra nello specifico per quantità di residui, in relazione alle tipologie di attività ed alle annualità considerate, nonché all'attuale destino delle biomasse allo scopo di verificare con precisione ogni possibilità di ricircolo.

## BIBLIOGRAFIA

[1] GOVI, M., CIAVATTA, C., GESSA, C., 1994, Evaluation of organic matter in slurries, sludges and composts using humification parameters and isoelectrofocusing, Humic Substances in the Global Environment and Implication on Human Health, Ed. Senesi and Miano, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1311-154

[2] SEQUI, P., BENEDETTI, A., 1995, Managment tecniques of organic materials in sustinable agricolture. Integrated Plant Nutrition System FOA Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin n.12, 139-154

[3] SEQUI, P., BENEDETTI, A., CANALI, S., TITTARELLI, F., 1996, Il ruolo del compostaggio nell'agricoltura sostenibile, Acqua Aria (in corso di stampa)

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | SUOLO |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Studio e gestione del ciclo della sostanza organica del suolo in ambiente mediterraneo |
| *RESPONSABILE* | Prof. P. Sequi<br>ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante<br>Roma |

## Programma per il 1995

Tutte le ricerche attivate nel 1994 proseguiranno nel 1995; in particolare, a seguito di un primo sondaggio conoscitivo, sono stati prescelti cinque siti, ossia: $A_1$, F, H, L ed M. In questi ultimi verranno intensificati i campionamenti di suolo durante tutto l'arco dell'anno al fine di seguire l'andamento delle attività biochimiche del suolo in funzione della concentrazioni di eventuali inquinanti. In tali siti verranno altresì installati i sistemi di raccolta delle acque di lavaggio delle piante d'alto fusto, delle quali verranno dosate le concentrazione in metalli pesanti, l'azoto solubile, il pH, ecc.
Nel 1995 sarà effettuata la caratterizzazione della sostanza organica dei suoli mediante cromatografia su polivinilpirrolidone (PVP) ed elettrofocalizzazione al fine di individuare eventuali modificazioni indotte da una diversa gestione del suolo.
Infine, per quanto attiene la linea di ricerca sulle biomasse di recupero, entro il 1995 si vorrebbe giungere al censimento di tutte le biomasse prodotte in Tenuta e ad una caratterizzazione chimica e biologica di quelle maggiormente rappresentate.

II° SEMINARIO
12 MAGGIO 1995

GRUPPO DI LAVORO

# IDROGEOLOGIA

Responsabile: Dott. Gilberto Busuoli

**UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI**


**ENEA amb.saf - CR Casaccia - Roma**
*M. Bucci, B. Anselmi, L. Blasi, U.Brandimarte, M. Brondi, R. Caprioli, F. Cautilli, R. Collepiccolo, .C. Crovato, G. Farneti, E. Ghiara, G. Girolimetti, M. Grillini, M. Milli,D. Vincenzi,*

**ISPESL - Roma**
*F. Silvestri, M.Pecci, G. Di Filippo*

**ISNP - Roma**
*G. Mecella, P. Scandella , R. Moretti, N. Di Blasi*

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | IDROGEOLOGIA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Studio idrogeologico e delle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque sotterranee e superficiali |
| *RESPONSABILE* | Dott. G. Busuoli<br>ENEA amb. CR Casaccia - Roma |

## INTRODUZIONE

Lo studio idrogeologico della tenuta di Castelporziano è finalizzato alla costruzione di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee e superficiali atta a fornire i parametri idrogeologici ed idrochimici necessari ad una sua gestione "di tutela con criteri e finalità ecologiche e conservazionistiche", come meglio specificato nella introduzione al "Programma per un'azione di monitoraggio ambientale della tenuta di Castelporziano".

Il gruppo di lavoro è strutturato secondo due linee di ricerca denominate rispettivamente MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO e MONITORAGGIO DELLA FALDA ( Tab. 1 ) .

Gli obiettivi delle tre Unità operative ( Tab. 2 ) si configurano per quanto concerne l'ENEA nella "costruzione di una rete di monitoraggio delle acque sotterranee atta a fornire i parametri idrogeologici ed idrochimici necessari per una sua gestione di tutela"; all'ISPESL è demandata la "ricostruzione dell'assetto geologico e strutturale al fine di individuare e qualificare gli acquiferi esistenti"; all'INSP è infine demandato l'incarico della " definizione delle caratteristiche climatiche e del rapporto idropedologico del suolo e loro influenza sul regime e sulla qualità delle falde ipodermiche e delle "piscine".

I primi risultati ottenuti consistono nella realizzazione di tredici perforazioni condizionate a piezometri, che hanno anche fornito indicazioni a carattere stratigrafico.

Sono stati inoltre censiti e parzialmente ricondizionati altri ventuno punti d'acqua preesistenti.

Su questa prima rete di monitoraggio che copre l'area costiera fino all'isoipsa di quaranta metri vengono effettuate mensilmente misure di livello e dei principali elementi fisico chimici delle acque.

Tutti i punti della rete sono stati quotati effettuando apposite battute topografiche di precisione.

Sulla base dei dati raccolti è stata ricostruita la superficie piezometrica della prima falda nella piana costiera.

Sono state anche campionate ed analizzate le acque dei pozzi situati ad una distanza massima dalla costa di circa mille metri per accertare se esistono fenomeni di intrusione marina.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista climatico l'area si è installata una stazione automatica per il rilevamento dei parametri necessari al calcolo dei bilanci idrologici e dei rapporti acqua-suolo e quindi della loro influenza sul regime e sulla qualità delle falde ipodermiche e delle "piscine".

Si è inoltre proceduto all'organizzazione della cartografia morfologica dell'area attraverso la digitalizzazione della carta topografica di base ( CTR del 1992 in scala 1 : 10.000)

Sempre nel corso di questa prima fase del programma sono stati realizzati i primi nove sondaggi geoelettrici verticali che assieme ai rilevamenti geologici in campo consentono una preliminare ricostruzione geologica per l'intera area in studio.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | IDROGEOLOGIA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO<br>Studi idrogeologici e monitoraggio delle falde |
| *RESPONSABILE* | Dott. M. Bucci |
| *UNITA' OPERATIVA* | ENEA amb-cat-get CR Casaccia - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | B. Anselmi, L. Blasi, U.Brandimarte, M. Brondi, M. Bucci, R.Caprioli, F.Cautilli, R. Collepiccolo, C.Crovato, G.Farneti, E. Ghiara, G. Girolimetti, M.Grillini, M. Milli, D.Vincenzi |

## RELAZIONE

L'Unità Operativa dell'ENEA ha svolto durante il primo anno di lavoro una serie di attività che comprendono sia la ricerca delle informazioni bibliografiche esistenti sia interventi in campo.
Le informazioni raccolte, grazie anche alla fattiva collaborazione del personale della Tenuta a cui va il nostro ringraziamento, hanno permesso di delineare un quadro abbastanza completo degli aspetti idrogeologici dell'area in esame.
Su questa base è stato progettato e realizzato un primo gruppo di perforazioni nel settore della tenuta compreso tra l'isoipsa dei quaranta metri e il mare ( Fig. 1 ).
Le perforazioni completate sono tredici e vengono indicate nella figura uno con la sigla E seguita dal numero d'ordine. Sono stati inoltre censiti e parzialmente ricondizionati tredici punti d'acqua nell'area di Capocotta (indicati in figura con la sigla F) e otto in quella di Castelporziano (indicati in figura con la sigla C).
E' da segnalare infine la presenza di altri dieci piezometri ( indicati in figura con la sigla P) che permettono il controllo delle acque di circolazione nella fascia superficiale compresa tra i quattro e i nove metri di profondità.
Al fine di utilizzare al meglio le informazioni provenienti da questa prima rete di controllo sono state effettuate delle battute topografiche che hanno permesso di quotare con precisione tutte le perforazioni.
La base cartografica utilizzata [ 6 ] sia per le operazioni in campo che per le successive elaborazioni è alla scala uno a diecimila digitalizzata dalla U.O. dell ' ISNP su supporto magnetico relativamente alle isoipse ed ai punti quotati.
In Fig. 2 è rappresentata una vista tridimensionale del modello digitale di elevazione dell'area compresa entro i confini della Tenuta Presidenziale, che ne evidenzia i principali motivi morfologici.
Questi sono costituiti, a partire dal confine nord orientale, dalla parte terminale del bacino idrografico del Fosso di Malafede, affluente di sinistra del F. Tevere; da un "plateau" intermedio con quote comprese tra i sessanta e gli ottanta metri; da una spianata costiera delimitata verso nord est da due terrazzamenti (gradini morfologici da mettere in relazione con fenomeni di trasgressione marina), che corrono paralleli tra loro a quote comprese tra i quaranta e i sessanta metri in direzione nordovest - sudest.
Nel contesto idrogeologico generale, delineato come s'è detto grazie alle informazioni raccolte nella letteratura [1-5] ed a quelle provenienti dai sondaggi, si sono individuati due acquiferi principali.
Queste informazioni sono state sintetizzate graficamente in due profili (Fig. 3) che mettono in evidenza i rapporti stratigrafici intercorrenti fra le diverse formazioni idrogeologiche individuate.

Il substrato impermeabile (Fig. 4) è costituito per l'intera area da argille, argille sabbiose e marne di origine marina e costiera.
Questa formazione, che all'interno della tenuta non affiora, è stata intercettata ad una quota di circa quindici metri sul livello del mare da un sondaggio profondo eseguito dall'ACEA nei pressi della villa Presidenziale [1,3] e da altri realizzati più a sud dall'ENEA.
Sono in corso studi micropaleontologici su campioni prelevati durante le più recenti perforazioni al fine di approfondire le conoscenze su tali sedimenti.
Sopra il substrato poggia una formazione che accorpa terreni molto eterogenei comprendenti ghiaie, sabbie, limi ecc. di origine continentale, deltizia, costiera, palustre e marina.
Questo complesso costituisce, pur tenendo conto della notevole variabilità dei parametri idrogeologici, il principale acquifero dell'area a nord dell'isoipsa dei quaranta metri.
Esso invece non è presente a valle dei terrazzi morfologici, dove i sondaggi hanno evidenziato che sulle argille del basamento poggiano direttamente delle sabbie assimilabili a quelle che affiorano nell'intera tenuta.
A questa formazione eterogenea ne segue verso l'alto una definita nel suo insieme come tufiti e costituita in maniera prevalente da terreni di origine vulcanica che hanno subito processi di erosione e risedimentazione in ambiente acqueo .
Questa può rappresentare un limite a bassa permeabilità che origina localmente piccole falde sospese nelle sabbie soprastanti.
Le sabbie che chiudono in alto la serie, definite in letteratura come "Duna Antica o Duna Rossa", affiorano su quasi l'intera superficie della tenuta e sono di origine marina, costiera e propriamente dunare ad elaborazione eolica prevalente.
La serie descritta risulta ridotta nei suoi termini alti ed intermedi in corrispondenza delle incisioni dei corsi d'acqua che confluiscono in riva sinistra nel Fosso di Malafede, la cui valle rappresenta il livello di base ed il limite idrogeologico di tutto il settore settentrionale della Tenuta.
Come già accennato a valle dei terrazzi morfologici e per tutta l'area della piana costiera (Fig.5) sulle argille di base poggiano direttamente sedimenti sabbiosi di varia origine depositati in ambienti marini , costieri, deltizi, palustri e dunari; sono nel loro insieme abbastanza omogenei anche se la componente argillosa tende ad aumentare nella zona di Capocotta. Essi danno origine all'acquifero costiero che è stato intercettato dai sondaggi effettuati.
La rete piezometrica realizzata è oggetto di misure mensili relativamente ai livelli di falda e ai principali parametri fisico chimici delle acque.
I dati di livello hanno permesso di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica della falda costiera (Fig. 6) .
La configurazione delle isopieze mette in evidenza tre situazioni principali: la prima individuabile nella piana costiera di Castelporziano esprime gradienti idraulici medi di circa il due per mille con curvatura delle isolinee poco pronunciata e con assi di drenaggio poco marcati; la seconda, risalendo verso nord e fino ai gradini morfologici è caratterizzata dall'aumento del gradiente medio che raggiunge valori di circa il sei per mille pur mantenendo un andamento delle isolinee pressocché parallelo al precedente; la terza infine comprende l'area di Capocotta che presenta gradienti medi tra il due ed il quattro per mille con una configurazione delle isopieze che indica la probabile presenza di un più deciso controllo strutturale delineando un asse di drenaggio nella parte centrale del settore.
Il collegamento idraulico tra la falda libera di Castelporziano e quella di Capocotta non è stato ancora completamente definito per quanto riguarda la parte settentrionale.
Per chiarire questi aspetti sono stati programmati altri sondaggi e rilevamenti di tipo geoelettrico.
Ai fini della gestione e della conservazione del patrimonio boschivo della Tenuta, oltre che sulle variazioni di livello della falda libera superficiale, risulta utile indagare sull'esistenza di eventuali fenomeni di ingressione marina.

Per questo scopo sono state effettuate delle analisi chimiche su campioni d'acqua prelevati dai piezometri localizzati lungo la fascia costiera ad una distanza dalla linea di riva compresa tra i cento e i mille metri.
I dati ottenuti sono stati confrontati con quelli ricavati dall'analisi di un campione di acqua di mare e con quelli relativi ad un pozzo distante circa sette chilometri dal mare.
In campagna sono state eseguite le determinazioni di temperatura, pH, conduttanza e la filtrazione del campione di acqua che, diviso in due aliquote una delle quali acidificata, è stato conservato per le successive analisi.
In laboratorio sono stati determinati gli elementi maggiori Ca, Mg, Na, K, $HCO_3$, $SO_4$, Cl e gli elementi minori B e Li che possono dare informazioni utili alla ricostruzione degli eventuali processi di miscelamento tra le acque dolci e le acque di mare.
Nel campione F2 sono stati determinati anche Fe e Mn perché nella bottiglia di acqua non acidificata, in laboratorio è stata rilevata la presenza di un precipitato di idrossido di ferro.
Per classificare le acque in funzione della loro composizione chimica, nel diagramma della Fig. 7 sono stati riportati i valori di reazione percentuale della somma dei cationi Na+K, Ca+Mg e degli anioni $HCO_3$ e $SO_4$+Cl di tutte le acque analizzate.
L'acqua di mare si colloca all'estremità del quadrante delle acque caratterizzate da un chimismo a cloruri alcalini, mentre le acque di pozzo ricadono in quello dei bicarbonati alcalino terrosi.
Se analizziamo nel dettaglio la dispersione delle acque all'interno del quadrante a bicarbonati, vediamo che quelle dei pozzi scavati sulla duna e precisamente C7, C8, C4 sono le più vicine al quadrante dei cloruri alcalini rispetto al campione C1 preso come punto di confronto all'interno della tenuta con un chimismo che deriva soltanto dall'interazione con le formazioni litologiche presenti.
Differenze di chimismo dovute a variazioni litologiche o a processi di miscelamento con acque superficiali, vedi campione E4, portano alla dispersione degli altri campioni nel quadrante.
L'istogramma della Fig. 8 , nel quale sono riportati i valori di concentrazione degli elementi maggiori disciolti, mostra la differenza di chimismo tra le acque di pozzo, caratterizzate da una bassa salinità con un peso dei sali disciolti totali (T.D.S) compreso tra 670 e 1700 mg/l e l'acqua di mare il cui T.D.S è 36800 mg/l.
Nell'istogramma della Fig. 9 è stata divisa per 10 la concentrazione degli elementi dell'acqua di mare al fine di evidenziare la differenza di chimismo esistente tra l'acqua di mare e quelle di falda dove gli elementi predominanti sono rispettivamente Cl e Na per la prima, Ca e $HCO_3$ per le altre, come già chiaramente emerso dal diagramma di classificazione prima illustrato.
Il contenuto di NaCl, nelle acque di pozzo varia tra 100 e 400 mg/l mentre nell'acqua di mare si raggiungono i 31470 mg/l; questo mette bene in evidenza che in linea di massima non dovrebbero esserci, nella parte superiore della falda libera superficiale, problemi di ingressione marina.

**BIBLIOGRAFIA**

[1] VENTRIGLIA, U., 1990, Idrogeologia della provincia di Roma. II Vol. - Roma.

[2] DAI PRA G., ARNOLDUS-HUYZENDVELD, A., 1984, Lineamenti stratigrafici, morfologici e pedologici della fascia costiera dal fiume Tevere al fiume Astura ( Lazio, Italia Centrale) - Roma.

[3] DRAGONE, F., MAINO, A., MALATESTA, A., SEGRE, A.G., 1967, Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 149 Cerveteri - Roma.

[4] ARNOLDUS, A., ANSELMI, B., CATALANO, F., MILLI, S., ZARLENGA, F., 1990, Analisi paleoambientale dei depositi (Duna Rossa) contenenti industria Musteriana e affioranti nell'area di Castelporziano -Pomezia ( Roma ) - Roma.

[5] MALATESTA, A., ZARLENGA, F., 1988, Evoluzione paleogeografico-strutturale Plio-Pleistocenica del basso bacino romano a Nord e a Sud del Tevere - Roma.

[ 6 ] Regione Lazio, 1992, Carta tecnica regionale alla scala 1 : 10.000. Sezioni : Acilia,Spinaceto, Castel Porziano, Trigoria, Lido di Castel Porziano e Pomezia Ovest - Roma.

## *Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma)*

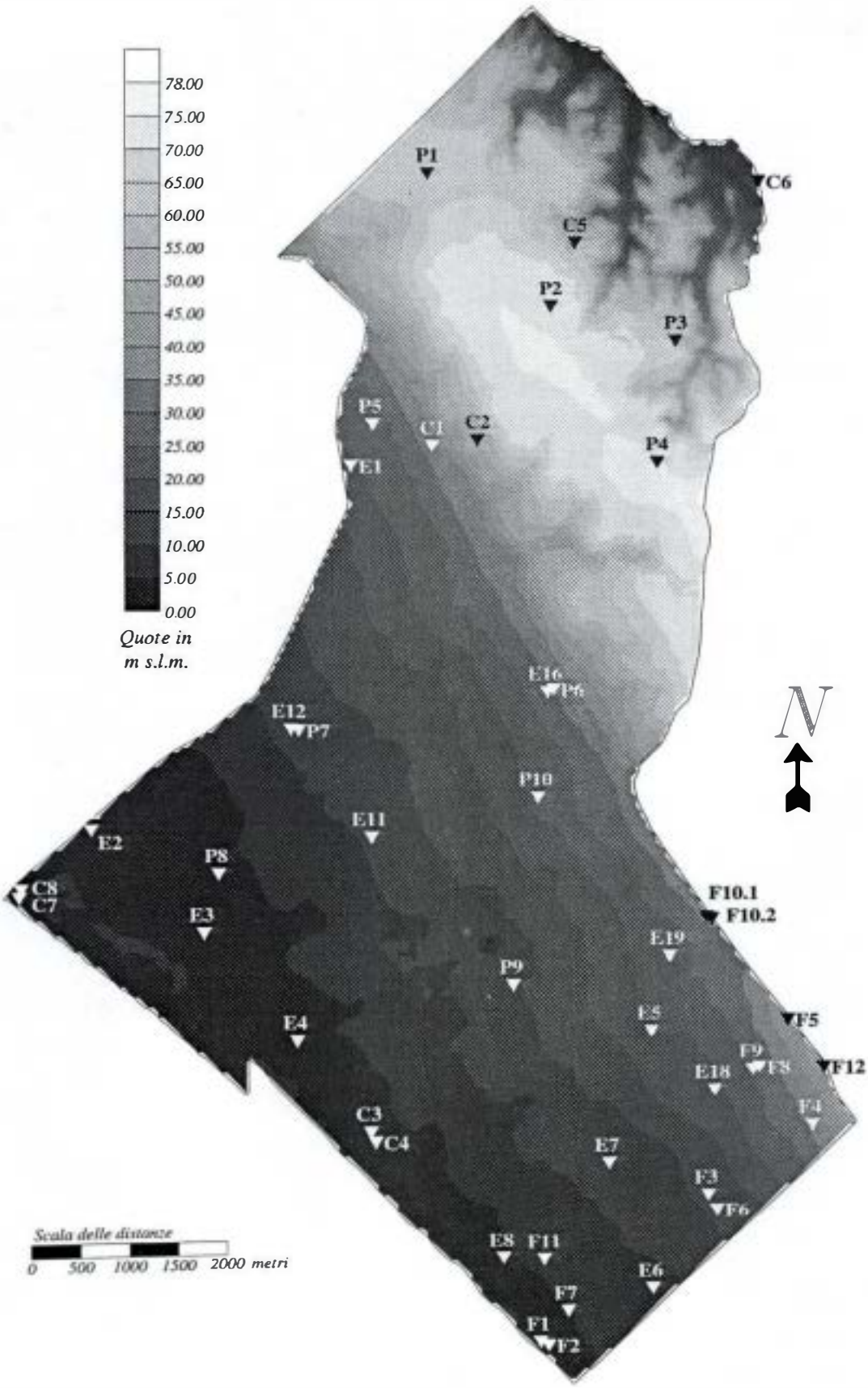



**Fig. 1: Punti d'acqua censiti e pozzi perforati dal'ENEA**

*Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma)*

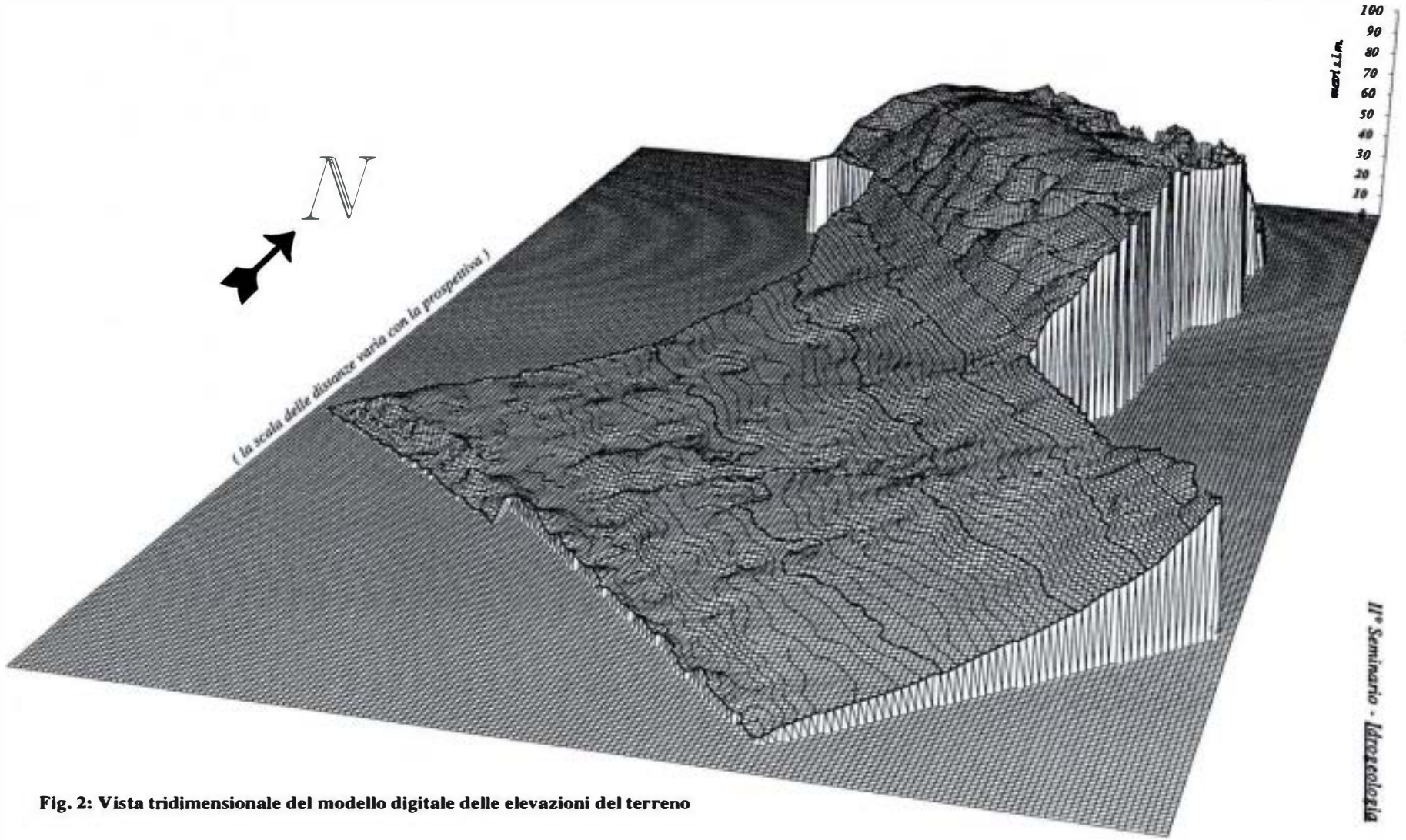
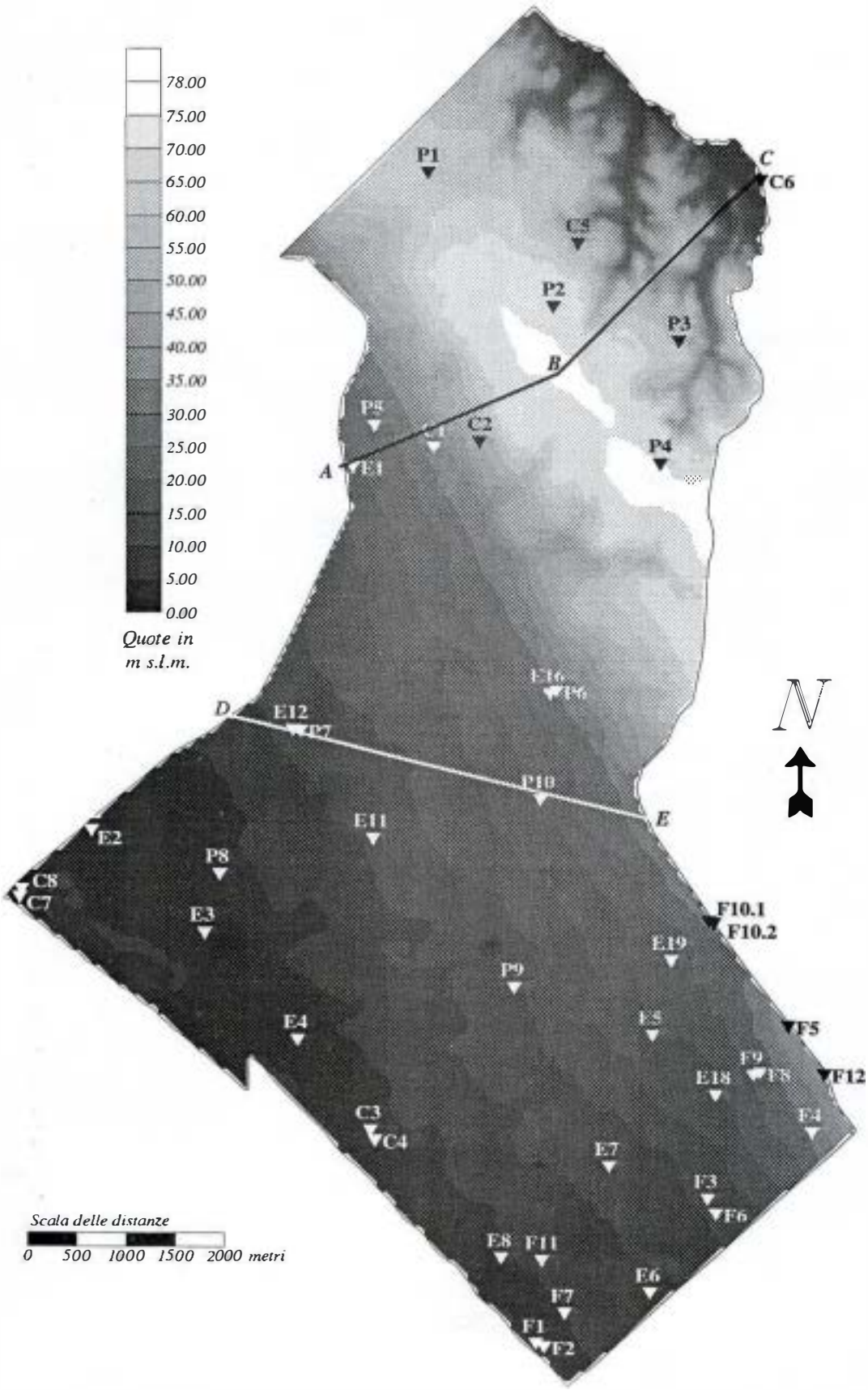



**Fig. 2: Vista tridimensionale del modello digitale delle elevazioni del terreno**

*Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma)*



**Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma): Lineamenti stratigrafici**

**Sezione A-B-C**

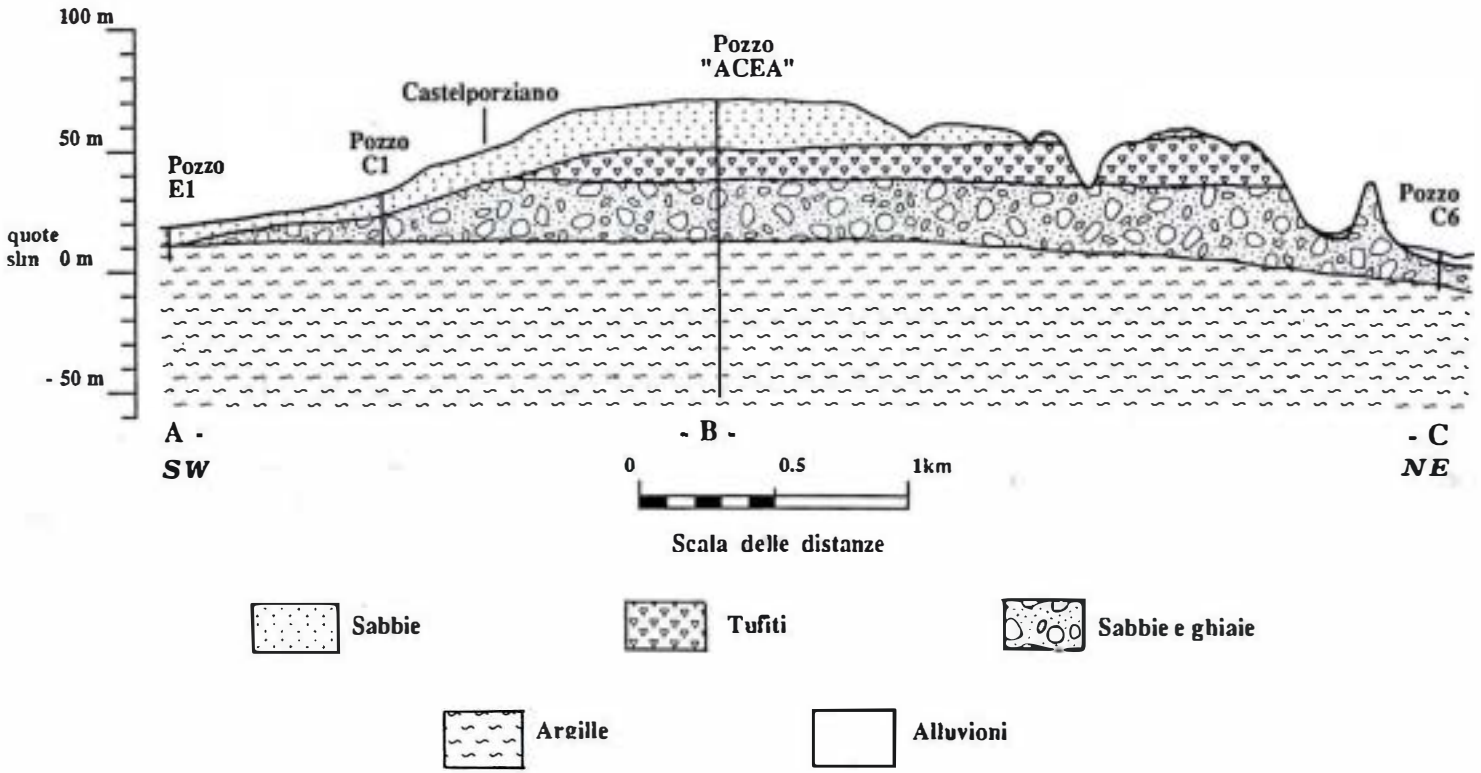



Fig. 4: Sezione stratigrafica A-B-C

Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma)

Lineamenti Stratigrafici

Sezione D-E

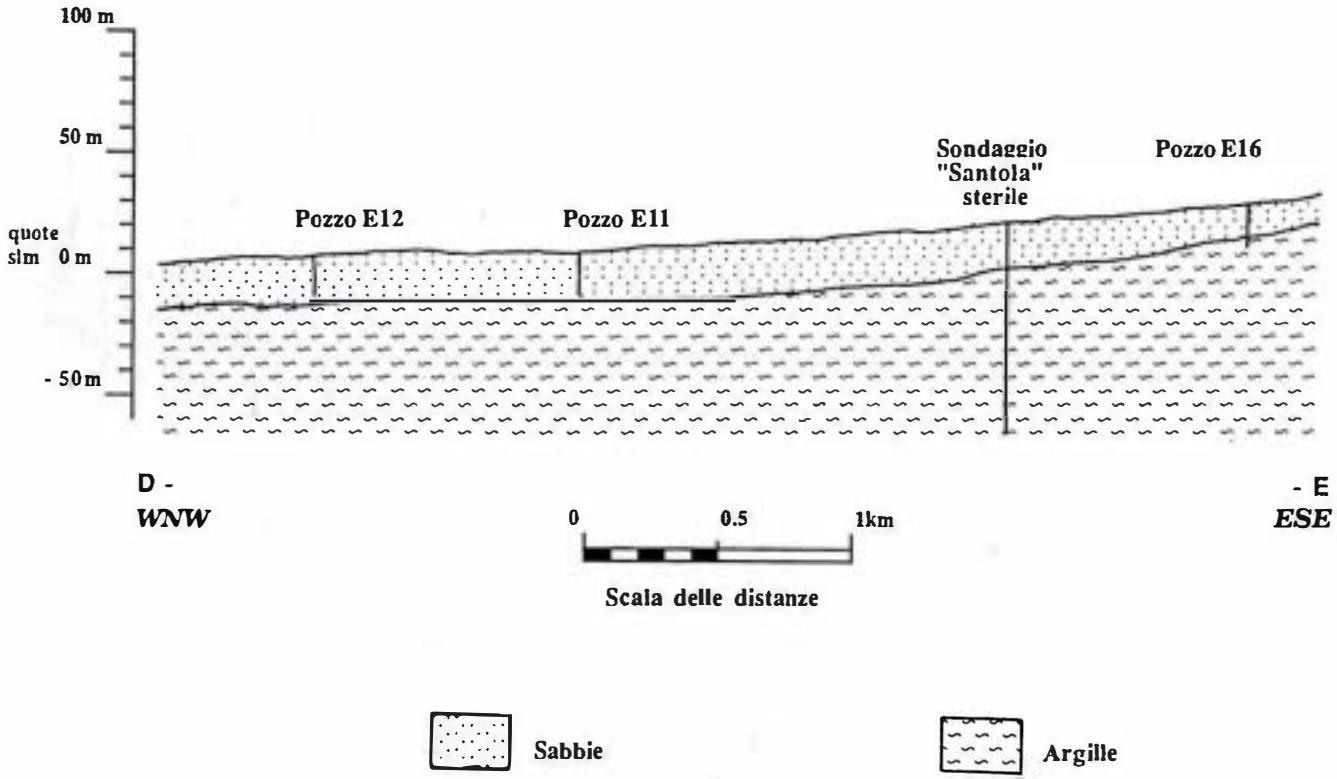
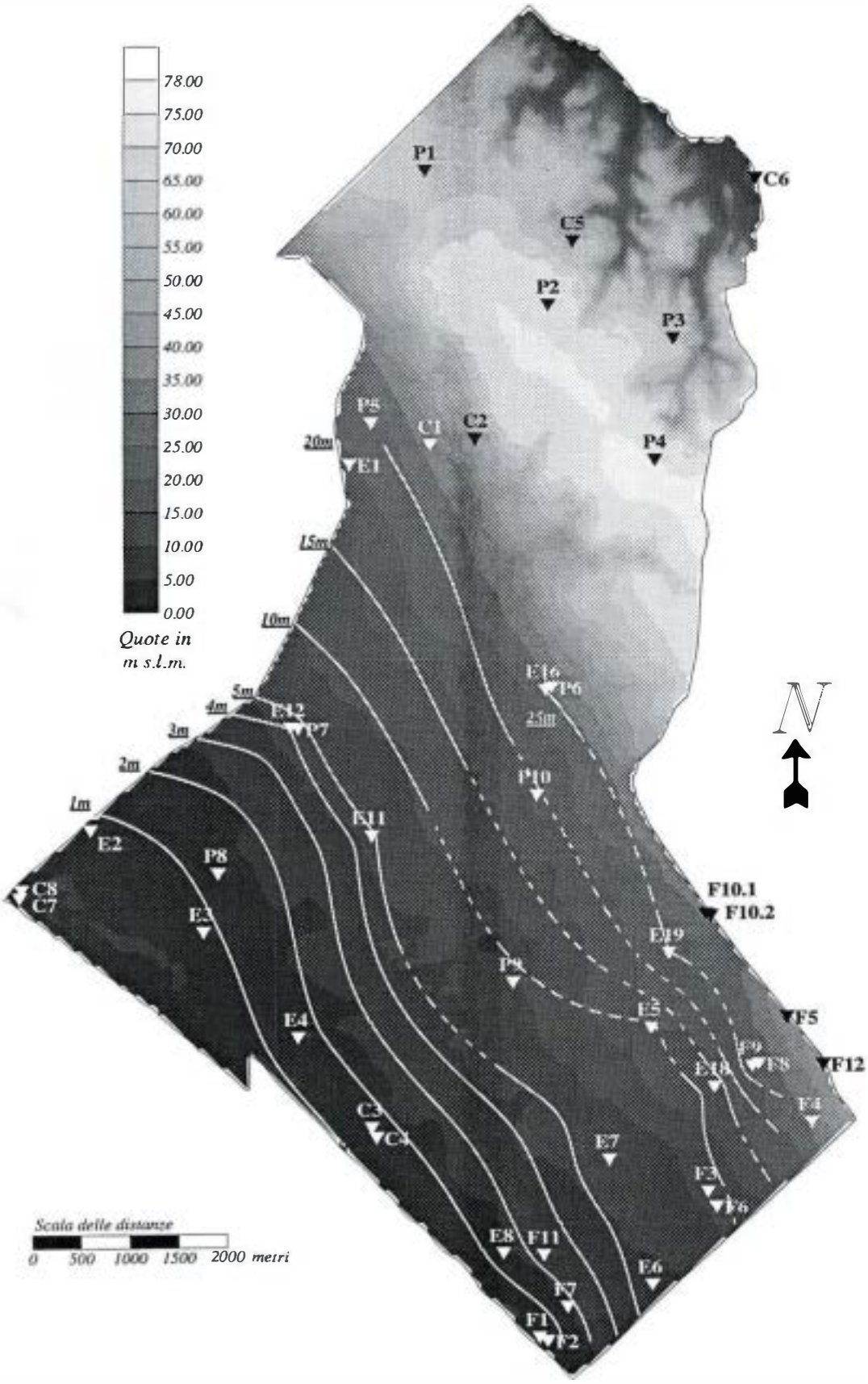



Fig. 5: Sezione stratigrafica D-E

*Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma)*



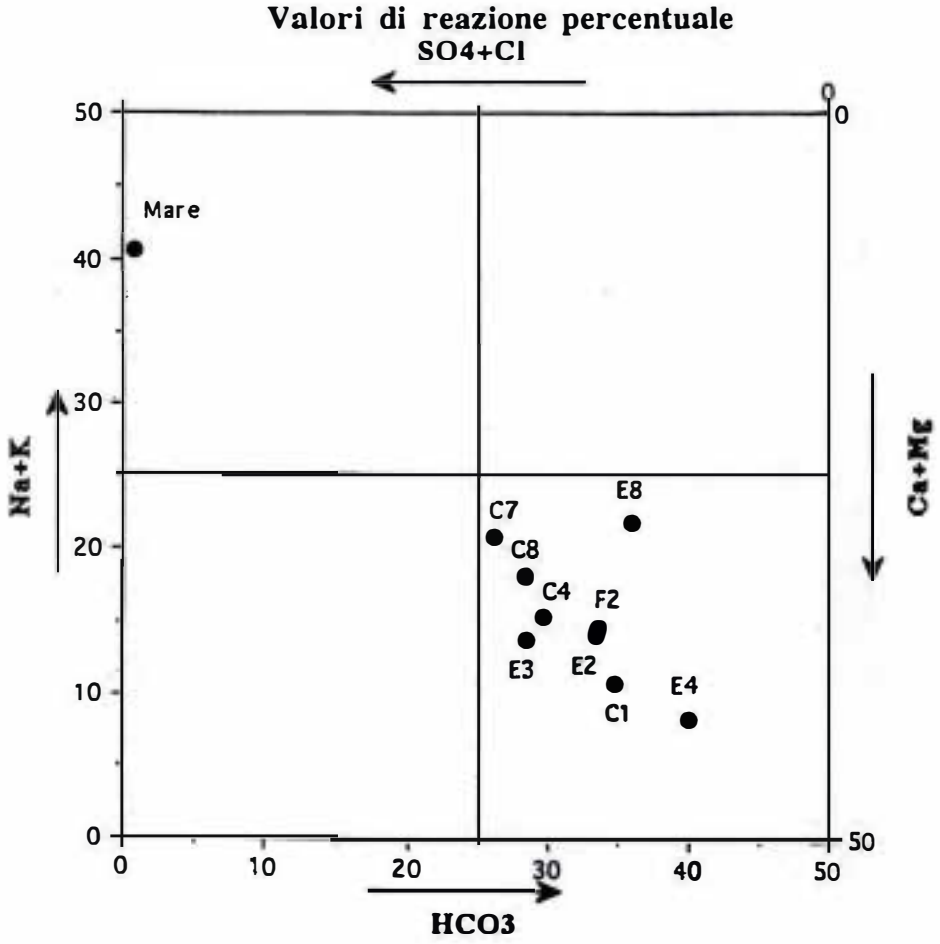



**Fig. 7: Analisi delle acque**

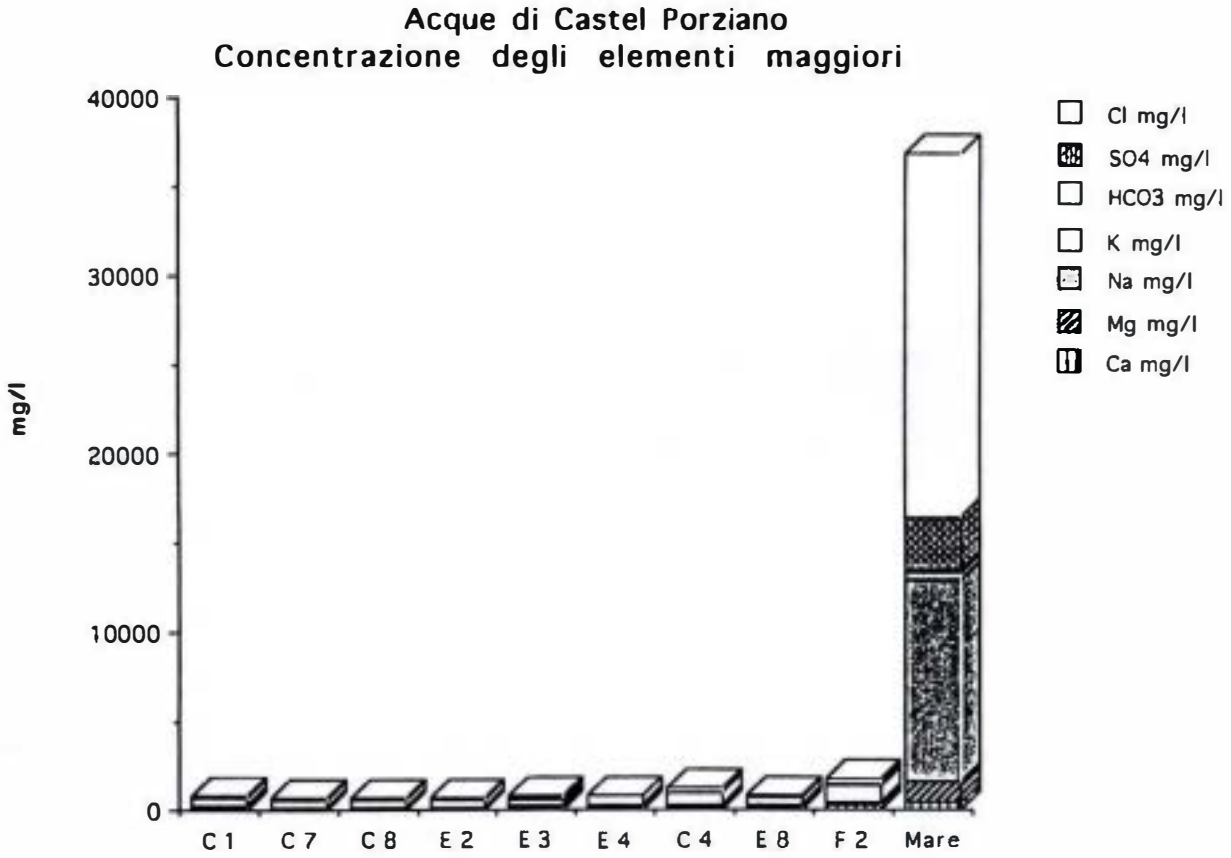

Acque di Castel Porziano
Concentrazione degli elementi maggiori
mg/l
40000
30000
20000
10000
0
C 1
C 7
C 8
E 2
E 3
E 4
C 4
E 8
F 2
Mare
Cl mg/l
SO4 mg/l
HCO3 mg/l
K mg/l
Na mg/l
Mg mg/l
Ca mg/l

**Fig. 8**

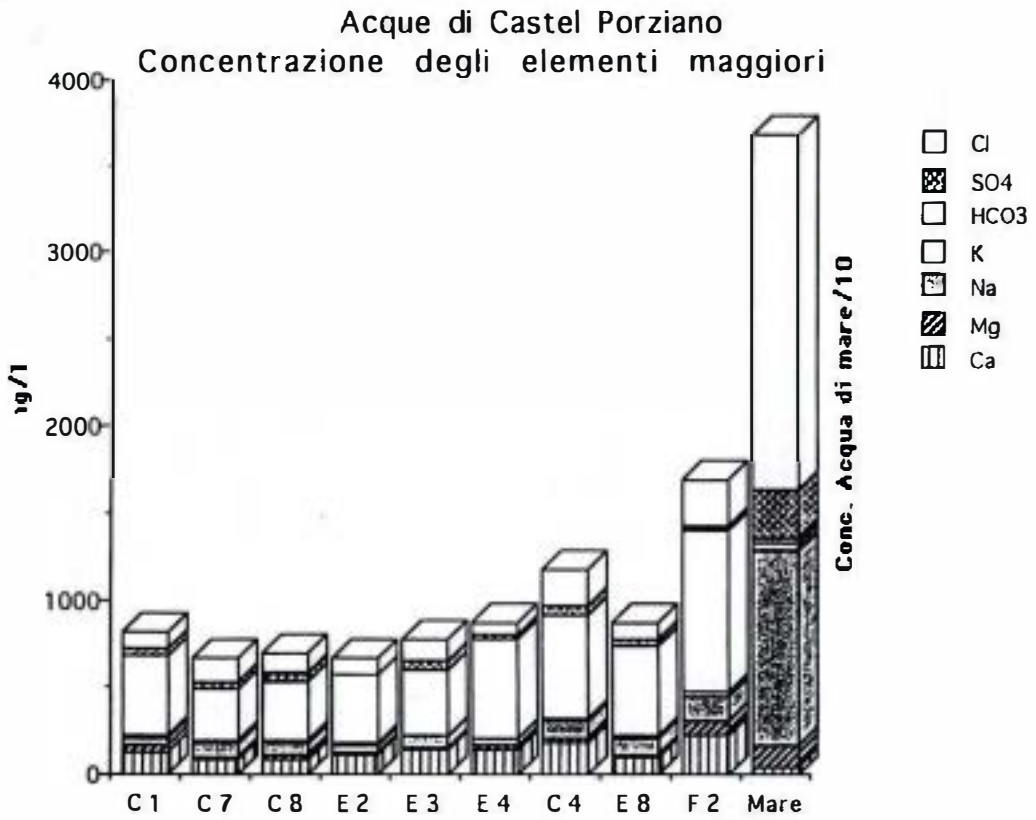

Acque di Castel Porziano
Concentrazione degli elementi maggiori
mg/l
4000
3000
2000
1000
0
C1
C7
C8
E2
E3
E4
C4
E8
F2
Mare
Conc. Acqua di mare/10
Cl
SO4
HCO3
K
Na
Mg
Ca

**Fig. 9**

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | IDROGEOLOGIA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | MONITORAGGIO DELLA FALDA<br>Rilevamento climatico e morfologico |
| *RESPONSABILE* | Dott. G. Mecella |
| *UNITA' OPERATIVA* | ISNP- Istituto Superiore Nutrizione Piante - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | G. Mecella, P. Scandella, R. Moretti, N. Di Blasi |

## INTRODUZIONE

Scopo della ricerca è la conoscenza delle condizioni in cui avviene l'alimentazione delle falde e la loro contaminazione con elementi indesiderati lisciviati dal terreno al fine di consentire una definizione della sensibilità dell'area e di valutare il rischio di degradazione dei suoli con particolare attenzione alla situazione di formazione ed alimentazione delle numerose "piscine". Il grado di sensibilità dell'area viene stimato in funzione della qualità e della quantità delle acque che attraversano il suolo [8, 9].
Premesso che per falda ipodermica si intende la quantità di acqua che satura il suolo entro i primi 300 cm per tempi più o meno lunghi (falde ipodermiche stagionali o perenni), la conoscenza delle condizioni in cui avviene l'alimentazione delle falde e la loro contaminazione con elementi indesiderati lisciviati dal terreno si attua attraverso varie fasi tra loro articolate:

- studio climatico finalizzato alla determinazione del bilancio idrico del suolo;
- studio delle caratteristiche chimico-fisiche ed idrologiche dei suoli;
- monitoraggio delle falde ipodermiche.

## PARTE SPERIMENTALE

Nel 1994 l'attività di ricerca ha interessato prevalentemente l'organizzazione del sistema di raccolta dei parametri climatici [5], necessari per la determinazione del bilancio idrico [6], e della cartografia morfologica della Tenuta indispensabile per individuare i siti rappresentativi sui quali effettuare il rilevamento delle caratteristiche chimico-fisiche ed idrologiche dei suoli [3] .
In particolare, per quanto attiene il clima, l'Unità Operativa, dopo aver verificato lo stato ed il funzionamento delle tre stazioni meteorologiche installate nella Tenuta, al fine di rendere più efficiente il sistema di rilevamento climatico e di dotarlo di sensori atti anche all'acquisizione di altre grandezze utili ai fini della definizione dei bilanci energetici ed idrici ambientali, ha installato, in località Castello, nell'area già adibita al rilevamento climatico con una stazione di tipo tradizionale, una stazione automatica costituita da un data logger Campbell CR 10 (Figg. 1 e 2) composto da 12 canali analogici a singolo filo, 2 canali digitali, 6 porte di output, 2 porte di input/output, con espansione fino a 32 canali analogici e 8 digitali. Il data-logger è provvisto di una tastiera per il collegamento interattivo con l'operatore, di due memorie di massa allo stato solido capaci di memorizzare 176.000 dati e di una memoria propria di tipo ciclico in grado di contenere fino a 29.000 dati. La stazione viene alimentata con batteria 12 V, 15 Ah mantenuta in tampone da un alimentatore a 220 V e da un pannello fotovoltaico. La scansione sui sensori viene effettuata ogni 5 secondi e in uscita vengono forniti dati con cadenza oraria e/o giornaliera.
La stazione fornisce i valori medi ed integrati dei seguenti parametri:

- temperatura dell'aria - minima, massima, media e tempo dell'evento
- umidità relativa dell'aria - minima, massima, media e tempo dell'evento

- temperatura del terreno (- 20 cm) - minima, massima, media e tempo dell'evento
- evaporazione da Classe A pan
- temperatura dell'acqua del Classe A pan - minima, massima, media e tempo dell'evento
- radiazione solare - massima, integrata e tempo di evento
- precipitazioni
- pressione atmosferica
- eliofania
- velocità del vento - massima, tempo di evento, media, vento filato, magnetudine
- direzione del vento - rosa dei venti, calma, direzione media prevalente, deviazione standard.

I dati vengono memorizzati su PC ed utilizzati per lo studio climatico ed idrologico della Tenuta e per la redazione di un bollettino con valori giornalieri, decadali e mensili.
Sempre su PC si stanno memorizzando i dati climatici, forniti dalla Tenuta, relativi agli anni precedenti (1981 -1994). Sulla base di tali dati e di quelli reperiti con la nuova stazione si perverrà alla formulazione di sistemi di calcolo del bilancio idrico specifici per l'individuazione dei surplus ed alla impostazione di un sistema integrato per la modellizzazione dei surplus stessi e dei movimenti delle falde [6, 7].

Per quanto riguarda l'organizzazione della cartografia morfologica, con sistema cartografico GEOSYS è stata digitalizzata la carta topografica di base (CTR - Regione Lazio del 1992 in scala 1:10.000) [2] limitatamente alle isoipse ed ai numerosi punti quotati. Tramite elaborazione computerizzata su griglia a passo 60 m sono state elaborate le seguenti carte derivate (Figg. 3, 4, 5, 6):

- carta delle isoipse integrate;
- modello digitale del terreno;
- carta clinometrica;
- carta altimetrica.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati acquisiti con il rilevamento climatico costituiranno oggetto di pubblicazione di Bollettini meteorologici, di cui si riporta un esempio nella Tabella 1.
Tra l'altro, al fine di razionalizzare l'acquisizione dei dati climatici è in corso di redazione un "Manuale delle procedure di base per l'acquisizione dei principali parametri climatici" nel quale vengono esplicitate le operazioni di gestione della stazione climatica installata ed è riportato il programma di acquisizione dei dati.
Poiché la caratteristica più rilevante del data logger installato è la possibilità di programmare completamente l'acquisizione dei dati, finalizzandola alle esigenze del ricercatore ed al tipo di studio da effettuare, la programmazione del data logger è stata realizzata dagli Autori per ottenere due uscite temporali: per consentire un monitoraggio medio giornaliero delle grandezze climatiche e per un monitoraggio più dettagliato a livello orario per studiare gli andamenti climatici giornalieri.
Il monitoraggio climatico permetterà quindi non solo di effettuare il bilancio idrologico dell'area in studio, ma anche di valutare le oscillazioni delle falde ipodermiche, anche al fine di studiarne processi di salinizzazione e/o inquinamento. Attraverso il confronto tra i dati rilevati nel quinquennio in esame e quelli precedentemente monitorati nella Tenuta, si potrà studiare il fenomeno di oscillazione delle "piscine" e correlare il loro regime con gli andamenti climatici.
Per quanto attiene il monitoraggio morfologico della Tenuta, come sopra detto, si sono elaborate delle cartografie necessarie per la valutazione dei flussi idrici superficiali e degli andamenti delle falde ipodermiche rispetto al piano di campagna [1, 3, 4].

In particolare si è proceduto alla integrazione della carta delle isoipse derivate sulla base dei numerosi punti quotati, con isoipse con equidistanza di 0.5 m, 1 m, 2 m e 5 m.

La carta clinometrica elaborata sulla base di 4 classi di pendenza ha suddiviso il territorio come di seguito indicato (Tab. 2).

| limiti di pendenza % | superficie ha | % |
|---|---|---|
| 0 - 2 | 4683.60 | 76.42 |
| 2 - 5 | 822.24 | 13.42 |
| 5 - 10 | 382.32 | 6.24 |
| > 10 | 240.48 | 3.92 |

Tab. 2 - Suddivisione clinometrica del territorio della Tenuta.

L'elaborazione relativa alla carta altimetrica ha ripartito l'area sulla base di 6 classi di altimetria (Tab. 3).

| limiti altimetrici m s.l.m. | superficie ha | % |
|---|---|---|
| 0 - 5 | 973.08 | 15.88 |
| 5 - 10 | 793.44 | 12.95 |
| 10 - 20 | 1215.36 | 19.83 |
| 20 - 30 | 874.44 | 14.27 |
| 30 - 50 | 856.44 | 13.97 |
| 50 - 80 | 1415.88 | 23.10 |

Tab. 3 - Suddivisione altimetrica del territorio della Tenuta.

## CONCLUSIONI

Per effettuare il monitoraggio climatico si è quindi installata la stazione climatica automatica per il rilevamento dei parametri climatici necessari al calcolo di bilanci idrologici. In considerazione delle potenzialità della stazione, la raccolta dei dati climatici è stata programmata anche per soddisfare altre esigenze di carattere scientifico.

Il rilevamento morfologico dell'area consente di suddividere il territorio della Tenuta in aree omogenee per deflussi idrici superficiali e quindi di ubicare i siti rappresentativi sotto il profilo idropedologico, sui quali si procede al rilevamento dei profili di suolo ed alle relative indagini analitiche.

## BIBLIOGRAFIA

[1] F.A.O. 1976, Drainage Testing. Irrigation and Drainage Paper n. 29, Roma.

[2] REGIONE LAZIO, 1992, Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, Roma.

[3] U.S.D.A., 1951, Soil Survey Manual. Handbook n. 18. Soil Survey Staff U.S.D.A., Washington.

[4] U.S.D.I., 1978, Drainage Manual. Bureau of Reclamation, Denver.

[5] COSTANTINI, A., FRANCAVIGLIA, R., MORETTI, R., 1985-86, Studio di un modello matematico. Parte I: Rilevamenti climatici. Annali I.S.N.P., XIII, n. 6, Roma.

[6] MECELLA, G., SCANDELLA, P., FRANCAVIGLIA, R., COSTANTINI, A., 1995, Bilans hydriques dans les zones sensibles. 46ème Réunion du Comité International Exécutif et Session Techique Spéciale de la CIID, Roma.

[7] MECELLA, G., SCANDELLA, P., 1994, La classification automatisée des sols au fin de l'irrigation. Un instrument informatique pour la gestion du territoire et pour une irrigation durable. Actes 17ème Conference Regionale Européenne de la CIID, Varna.

[8] SCANDELLA, P., MECELLA, G., 1994, Irrigation écologiquement viable: principes, possibilités d'application et mesures nécessaires. Actes 17^ Conference Regionale Européenne de la CIID, Varna.

[9] SCANDELLA, P., MECELLA, G., FRANCAVIGLIA, R., SEQUI, P., 1993, The Irrigation-Drainage-Environnement Relationships - The situation of Italy. ECE - Working Group on Agriculture-Environment Relationships - II Session, Geneva.

## TAB. 1 - STAZIONE DI CASTELPORZIANO - Anno 1995 - Mese di Marzo

| Giorno | Giorno GiuL | TEMP. ARIA °C Max | TEMP. ARIA °C Min | TEMP. ARIA °C Med | TEMP. CLASSE A °C Max | TEMP. CLASSE A °C Min | TEMP. CLASSE A °C Med | TEMP. TERR. (-20 cm) Max | TEMP. TERR. (-20 cm) Min | TEMP. TERR. (-20 cm) Med | UMID. REL. ARIA % Max | UMID. REL. ARIA % Min | UMID. REL. ARIA % Med | Eliofania n/N | Radiazione Solare cal/cmq Max Minuto | Radiazione Solare cal/cmq Somma Giorno | Pioggia mm | Press. hPa | EVCL A mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01/03 | 60 | 20.63 | 13.13 | 17.66 | 17.81 | 10.21 | 15.29 | 13.36 | 10.47 | 12.65 | 66.96 | 20.54 | 38.68 | 0.52 | 0.92 | 211 | 0.00 | 1012 | 1.95 |
| 02/03 | 61 | 19.55 | 9.99 | 13.81 | 16.48 | 11.52 | 13.70 | 13.60 | 12.31 | 12.94 | 95.80 | 26.14 | 82.50 | 0.01 | 0.85 | 127 | 9.60 | 1002 | 0.78 |
| 03/03 | 62 | 15.37 | 8.80 | 11.75 | 18.92 | 9.88 | 13.72 | 13.91 | 11.84 | 12.84 | 98.30 | 50.37 | 85.10 | 0.51 | 1.14 | 294 | 5.20 | 1000 | 1.31 |
| 04/03 | 63 | 13.43 | 6.56 | 10.22 | 13.65 | 8.32 | 10.86 | 12.61 | 11.23 | 11.98 | 98.70 | 61.23 | 86.30 | 0.05 | 1.26 | 152 | 17.60 | 986 | 0.68 |
| 05/03 | 64 | 12.87 | 3.85 | 7.69 | 14.54 | 5.20 | 9.63 | 12.30 | 9.82 | 11.06 | 95.10 | 39.77 | 80.70 | 0.53 | 1.20 | 287 | 6.40 | 997 | 1.59 |
| 06/03 | 65 | 14.67 | 5.05 | 9.27 | 12.41 | 5.82 | 8.33 | 11.36 | 9.43 | 10.26 | 96.80 | 71.90 | 87.40 | 0.11 | 1.07 | 131 | 6.80 | 989 | 1.45 |
| 07/03 | 66 | 14.11 | 2.60 | 8.22 | 15.70 | 3.69 | 9.54 | 11.53 | 8.60 | 10.16 | 93.80 | 21.31 | 68.42 | 0.71 | 1.19 | 354 | 0.00 | 1006 | 1.68 |
| 08/03 | 67 | 14.58 | 2.54 | 9.42 | 15.37 | 2.63 | 9.55 | 11.38 | 8.09 | 9.94 | 81.00 | 37.93 | 62.11 | 0.68 | 1.20 | 346 | 0.00 | 1016 | 2.93 |
| 09/03 | 68 | 14.59 | 3.79 | 9.52 | 16.75 | 6.47 | 10.96 | 11.99 | 9.49 | 10.71 | 97.50 | 37.57 | 77.40 | 0.53 | 1.25 | 324 | 9.20 | 1012 | 2.94 |
| 10/03 | 69 | 14.45 | 2.61 | 8.56 | 17.67 | 4.09 | 10.66 | 11.89 | 8.57 | 10.27 | 92.30 | 32.80 | 71.00 | 0.80 | 1.20 | 377 | 0.00 | 1021 | 2.08 |
| **Decade** | | **15.43** | **5.89** | **10.61** | **15.93** | **6.78** | **11.22** | **12.39** | **9.99** | **11.28** | **91.63** | **39.96** | **73.96** | **0.45** | **1.13** | **260** | **54.80** | **1004** | **17.37** |
| 11/03 | 70 | 15.75 | 5.18 | 9.81 | 18.74 | 4.71 | 11.45 | 12.54 | 8.84 | 10.69 | 93.30 | 26.96 | 69.55 | 0.85 | 0.97 | 394 | 0.00 | 1021 | 2.55 |
| 12/03 | 71 | 16.65 | 5.57 | 10.65 | 18.21 | 5.29 | 11.92 | 12.77 | 9.39 | 11.24 | 91.30 | 28.68 | 71.10 | 0.59 | 1.01 | 342 | 0.00 | 1017 | 1.86 |
| 13/03 | 72 | 17.34 | 5.83 | 11.17 | 18.26 | 6.22 | 11.73 | 12.96 | 9.84 | 11.50 | 91.30 | 13.04 | 53.45 | 0.38 | 1.16 | 303 | 0.00 | 1002 | 2.66 |
| 14/03 | 73 | 12.63 | 5.31 | 9.01 | 11.33 | 6.53 | 9.23 | 12.03 | 10.25 | 11.12 | 94.90 | 23.05 | 64.69 | 0.01 | 0.85 | 112 | 5.40 | 993 | 1.02 |
| 15/03 | 74 | 14.44 | 1.68 | 8.63 | 16.06 | 2.11 | 9.09 | 11.78 | 8.33 | 10.25 | 94.00 | 23.16 | 67.15 | 0.42 | 1.36 | 327 | 0.20 | 998 | 2.20 |
| 16/03 | 75 | 15.52 | 6.75 | 12.53 | 17.25 | 9.47 | 12.49 | 12.84 | 10.73 | 11.59 | 90.80 | 49.77 | 70.80 | 0.19 | 0.98 | 230 | 0.40 | 1001 | 1.95 |
| 17/03 | 76 | 15.89 | 4.65 | 10.06 | 18.76 | 6.10 | 12.12 | 13.22 | 9.87 | 11.56 | 93.30 | 38.87 | 73.90 | 0.75 | 1.24 | 357 | 0.00 | 1012 | 1.91 |
| 18/03 | 77 | 16.22 | 5.11 | 11.84 | 19.95 | 5.23 | 12.89 | 13.68 | 9.76 | 11.83 | 91.30 | 55.47 | 80.30 | 0.43 | 1.46 | 350 | 0.20 | 1018 | 1.99 |
| 19/03 | 78 | 16.05 | 11.18 | 13.81 | 17.20 | 11.92 | 14.09 | 13.85 | 12.31 | 13.03 | 94.60 | 65.21 | 84.80 | 0.03 | 1.21 | 155 | 0.00 | 1016 | 1.71 |
| 20/03 | 79 | 17.11 | 7.62 | 12.93 | 18.04 | 7.32 | 12.53 | 13.97 | 12.18 | 12.86 | 92.70 | 23.99 | 65.30 | 0.35 | 1.43 | 215 | 0.00 | 1007 | 2.81 |
| **Decade** | | **15.76** | **5.89** | **11.04** | **17.38** | **6.49** | **11.75** | **12.96** | **10.15** | **11.57** | **92.75** | **34.82** | **70.10** | **0.40** | **1.17** | **278** | **6.20** | **1009** | **20.66** |
| 21/03 | 80 | 14.57 | 2.93 | 9.71 | 18.06 | 8.45 | 14.22 | 13.52 | 10.78 | 12.61 | 86.30 | 10.25 | 41.38 | 0.79 | 1.08 | 277 | 0.00 | 1011 | 3.13 |
| 22/03 | 81 | 14.44 | 1.62 | 7.89 | 16.67 | 2.28 | 9.14 | 13.03 | 9.52 | 11.37 | 71.10 | 10.42 | 35.41 | 0.91 | 1.21 | 443 | 0.00 | 1016 | 4.17 |
| 23/03 | 82 | 15.63 | 1.68 | 8.85 | 18.34 | 0.66 | 9.26 | 13.05 | 8.96 | 11.15 | 77.00 | 10.36 | 37.27 | 0.86 | 1.32 | 458 | 0.00 | 1018 | 3.28 |
| 24/03 | 83 | 16.22 | 1.61 | 10.06 | 21.15 | 4.26 | 12.33 | 14.00 | 9.56 | 11.90 | 93.50 | 46.31 | 72.60 | 0.81 | 1.02 | 430 | 0.00 | 1014 | 2.44 |
| 25/03 | 84 | 15.90 | 5.90 | 11.15 | 21.55 | 6.34 | 13.53 | 14.23 | 10.54 | 12.44 | 96.10 | 56.38 | 82.80 | 0.46 | 1.30 | 375 | 0.00 | 1011 | 2.36 |
| 26/03 | 85 | 15.72 | 10.58 | 12.77 | 16.75 | 10.98 | 13.60 | 13.77 | 12.17 | 12.98 | 90.40 | 58.88 | 81.20 | 0.00 | 1.32 | 154 | 0.00 | 1008 | 1.02 |
| 27/03 | 86 | 15.65 | 11.31 | 13.57 | 16.64 | 11.69 | 13.96 | 14.06 | 12.59 | 13.40 | 93.50 | 58.37 | 80.20 | 0.09 | 1.08 | 181 | 0.00 | 998 | 2.05 |
| 28/03 | 87 | 14.81 | 1.28 | 9.01 | 15.53 | 4.10 | 10.36 | 13.54 | 11.09 | 12.62 | 90.60 | 11.85 | 51.69 | 0.54 | 1.50 | 359 | 1.80 | 991 | 4.17 |
| 29/03 | 88 | 14.87 | 0.82 | 9.11 | 12.07 | 0.68 | 6.65 | 11.80 | 9.61 | 10.69 | 94.20 | 19.73 | 59.40 | 0.03 | 1.12 | 137 | 2.00 | 991 | 1.94 |
| 30/03 | 89 | 10.89 | 3.79 | 7.28 | 14.67 | 2.94 | 7.74 | 11.86 | 9.42 | 10.59 | 74.50 | 14.30 | 35.40 | 0.49 | 1.14 | 426 | 0.00 | 998 | 3.83 |
| 31/03 | 90 | 12.74 | 3.46 | 7.60 | 17.17 | 0.37 | 7.70 | 12.68 | 8.88 | 10.67 | 41.79 | 10.88 | 23.00 | 0.85 | 1.10 | 486 | 0.00 | 1011 | 4.37 |
| **Decade** | | **14.68** | **4.09** | **9.73** | **17.15** | **4.80** | **10.77** | **13.23** | **10.28** | **11.86** | **82.64** | **27.98** | **54.58** | **0.53** | **1.20** | **339** | **3.80** | **1006** | **32.76** |
| **Medie Mese** | | **15.27** | **5.25** | **10.44** | **16.83** | **5.98** | **11.23** | **12.87** | **10.14** | **11.58** | **88.80** | **34.05** | **65.84** | **0.46** | **1.17** | **294** | **64.80** | **1006** | **70.79** |

# TAB. 1 (segue) - STAZIONE DI CASTELPORZIANO - Anno 1995 - Mese di Marzo

| Giorno | Giorno Giul. | DIREZIONE DEL VENTO | | | | | | | | | | | VELOCITA' DEL VENTO | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Direz. Media in gradi | ROSA DEI VENTI (in ore e minuti e secondi) | | | | | | | | Calma | Deviaz. | Max | Ora | Media | Vento Filato | Magnetud. |
| | | | 0/45° | 45/90° | 90/135° | 135/180° | 180/225° | 225/270° | 270/315° | 315/360° | hh/mm | Standard | m/sec | | m/sec | Km/g | m/sec |
| 01/03 | 60 | 84.7 | 06.43.12 | 04.26.24 | 03.34.34 | 03.59.02 | 00.57.36 | 00.33.07 | 01.14.53 | 02.22.34 | 00.08.38 | 59.14 | 10.25 | 23.34 | 1.69 | 80.50 | 0.79 |
| 02/03 | 61 | 97.5 | 05.44.10 | 04.48.00 | 06.21.36 | 05.12.29 | 00.12.58 | 00.12.58 | 00.12.58 | 01.06.14 | 00.08.37 | 51.60 | 8.30 | 00.10 | 1.70 | 147.10 | 1.01 |
| 03/03 | 62 | 281.5 | 02.57.07 | 01.46.34 | 02.08.10 | 01.27.50 | 02.24.00 | 03.15.50 | 04.10.34 | 05.19.41 | 00.30.14 | 57.36 | 6.47 | 12.42 | 1.15 | 99.40 | 0.57 |
| 04/03 | 63 | 184.9 | 02.32.38 | 02.34.05 | 02.57.07 | 03.57.36 | 06.25.55 | 02.57.07 | 01.27.50 | 01.06.14 | 00.01.28 | 68.24 | 10.21 | 12.29 | 2.08 | 179.90 | 0.60 |
| 05/03 | 64 | 356.9 | 05.09.36 | 07.01.55 | 01.40.48 | 01.03.22 | 00.43.12 | 01.22.05 | 04.17.46 | 02.31.12 | 00.10.04 | 65.41 | 6.42 | 15.33 | 1.42 | 122.50 | 0.49 |
| 06/03 | 65 | 134.1 | 00.25.55 | 04.43.41 | 05.44.10 | 04.37.55 | 01.04.48 | 00.31.41 | 04.01.55 | 02.48.29 | 00.01.26 | 72.40 | 10.20 | 11.37 | 2.07 | 178.50 | 0.42 |
| 07/03 | 66 | 334.9 | 09.00.00 | 01.43.41 | 00.00.00 | 00.00.00 | 00.23.02 | 00.28.48 | 04.20.38 | 07.45.07 | 00.18.44 | 36.65 | 8.27 | 14.14 | 1.79 | 155.00 | 1.43 |
| 08/03 | 67 | 133.0 | 05.48.29 | 04.01.55 | 02.26.53 | 07.33.36 | 03.25.55 | 00.30.14 | 00.01.26 | 00.08.38 | 00.02.54 | 58.93 | 9.81 | 23.56 | 2.73 | 235.80 | 1.29 |
| 09/03 | 68 | 296.2 | 04.59.31 | 03.57.36 | 00.53.17 | 00.53.17 | 00.37.26 | 02.16.48 | 06.01.26 | 04.16.19 | 00.04.20 | 55.67 | 12.79 | 14.14 | 2.01 | 173.30 | 1.06 |
| 10/03 | 69 | 91.5 | 07.53.46 | 05.48.29 | 01.00.29 | 03.57.36 | 02.55.41 | 00.18.43 | 00.11.31 | 01.49.26 | 00.04.19 | 70.70 | 6.90 | 12.51 | 1.57 | 135.70 | 0.38 |
| **Decade** | | **199.5** | **51.14.24** | **40.52.20** | **26.47.04** | **32.42.43** | **19.10.33** | **12.27.21** | **26.00.57** | **29.13.54** | **01.30.44** | | **8.96** | | **1.82** | **1507.70** | **0.80** |
| 11/03 | 70 | 99.1 | 08.26.53 | 06.30.14 | 01.20.38 | 03.47.31 | 03.00.00 | 00.10.05 | 00.07.12 | 00.33.07 | 00.04.20 | 65.96 | 6.55 | 12.21 | 1.76 | 151.70 | 0.59 |
| 12/03 | 71 | 23.6 | 12.28.48 | 02.49.55 | 00.25.55 | 02.11.02 | 01.55.12 | 00.43.12 | 00.30.14 | 02.41.17 | 00.14.25 | 58.37 | 6.36 | 14.35 | 1.58 | 136.10 | 0.76 |
| 13/03 | 72 | 16.8 | 09.17.17 | 03.17.17 | 00.36.00 | 01.14.53 | 02.48.29 | 00.56.10 | 00.08.38 | 05.15.22 | 00.25.54 | 60.82 | 7.17 | 14.50 | 1.53 | 131.90 | 0.67 |
| 14/03 | 73 | 19.8 | 10.04.48 | 04.22.05 | 01.36.29 | 01.00.29 | 00.48.58 | 00.27.22 | 00.17.17 | 04.59.31 | 00.23.01 | 43.90 | 6.64 | 17.01 | 1.19 | 102.80 | 0.84 |
| 15/03 | 74 | 344.8 | 05.35.31 | 01.55.12 | 03.04.19 | 02.26.53 | 02.02.24 | 01.40.48 | 02.09.36 | 04.52.19 | 00.12.58 | 75.40 | 5.81 | 23.54 | 1.40 | 121.10 | 0.19 |
| 16/03 | 75 | 201.2 | 00.20.10 | 03.41.46 | 00.40.19 | 02.00.58 | 14.32.38 | 02.32.38 | 00.08.38 | 00.00.00 | 00.02.53 | 26.88 | 9.05 | 11.02 | 2.35 | 203.40 | 2.10 |
| 17/03 | 76 | 324.7 | 03.00.00 | 11.11.02 | 00.18.43 | 00.01.26 | 00.33.07 | 02.57.07 | 04.23.31 | 01.33.36 | 00.01.28 | 62.94 | 6.49 | 13.34 | 1.28 | 110.50 | 0.51 |
| 18/03 | 77 | 148.4 | 01.13.26 | 08.39.50 | 03.44.38 | 05.41.17 | 03.59.02 | 00.34.34 | 00.04.19 | 00.00.00 | 00.02.54 | 51.66 | 7.85 | 12.58 | 1.75 | 151.20 | 1.04 |
| 19/03 | 78 | 163.1 | 00.02.53 | 01.49.26 | 04.55.12 | 12.37.26 | 04.32.10 | 00.04.19 | 00.00.00 | 00.00.00 | 00.00.00 | 26.08 | 8.00 | 16.10 | 2.10 | 181.10 | 1.88 |
| 20/03 | 79 | 301.1 | 01.01.55 | 00.54.43 | 03.51.50 | 05.00.58 | 02.19.41 | 01.49.26 | 02.55.41 | 06.00.00 | 00.05.46 | 68.57 | 13.17 | 16.02 | 2.95 | 254.70 | 0.84 |
| **Decade** | | **164.3** | **51.31.41** | **45.11.30** | **20.34.03** | **36.02.53** | **36.31.41** | **11.55.41** | **10.45.06** | **25.55.12** | **01.33.39** | | **7.71** | | **1.79** | **1544.50** | **0.94** |
| 21/03 | 80 | 306.1 | 06.11.31 | 04.42.14 | 01.23.31 | 01.14.53 | 00.10.05 | 02.21.07 | 04.55.12 | 02.49.55 | 00.11.32 | 51.70 | 8.03 | 16.07 | 1.72 | 78.50 | 1.02 |
| 22/03 | 81 | 353.0 | 09.57.36 | 01.17.46 | 00.00.00 | 00.02.53 | 00.05.46 | 00.11.31 | 01.24.58 | 10.40.48 | 00.18.42 | 26.72 | 14.84 | 14.21 | 2.75 | 237.60 | 2.45 |
| 23/03 | 82 | 327.8 | 06.00.00 | 01.13.26 | 00.00.00 | 00.00.00 | 00.02.53 | 00.37.26 | 06.33.07 | 09.17.17 | 00.15.51 | 35.28 | 10.13 | 16.39 | 2.38 | 205.50 | 1.93 |
| 24/03 | 83 | 288.4 | 06.04.19 | 04.24.58 | 00.11.31 | 00.07.12 | 01.24.58 | 04.30.43 | 04.30.43 | 02.36.58 | 00.08.38 | 51.27 | 8.19 | 17.53 | 1.60 | 138.20 | 0.96 |
| 25/03 | 84 | 140.3 | 02.58.34 | 09.20.10 | 01.48.00 | 04.37.55 | 04.06.14 | 00.30.14 | 00.27.22 | 00.10.05 | 00.01.26 | 57.87 | 7.83 | 11.56 | 1.72 | 149.00 | 0.84 |
| 26/03 | 85 | 152.9 | 00.21.36 | 06.44.38 | 06.38.53 | 07.14.53 | 02.28.19 | 00.14.24 | 00.15.50 | 00.00.00 | 00.01.27 | 36.16 | 5.91 | 10.31 | 1.10 | 95.40 | 0.88 |
| 27/03 | 86 | 193.5 | 00.01.26 | 03.28.48 | 03.08.38 | 05.36.58 | 08.09.36 | 02.29.46 | 01.03.22 | 00.01.26 | 00.00.00 | 35.34 | 12.25 | 23.52 | 2.32 | 200.50 | 1.88 |
| 28/03 | 87 | 304.6 | 01.42.14 | 00.10.05 | 00.04.19 | 00.24.29 | 03.10.05 | 03.12.58 | 04.45.07 | 10.26.24 | 00.04.19 | 46.61 | 18.10 | 11.58 | 4.67 | 403.20 | 3.12 |
| 29/03 | 88 | 266.1 | 02.08.10 | 02.38.24 | 04.14.53 | 03.11.31 | 01.04.48 | 02.35.31 | 04.59.31 | 03.04.19 | 00.02.53 | 75.50 | 11.69 | 23.58 | 2.33 | 201.70 | 0.31 |
| 30/03 | 89 | 334.1 | 02.03.50 | 00.02.53 | 00.00.00 | 00.04.19 | 00.00.00 | 00.04.19 | 03.48.58 | 17.47.02 | 00.08.39 | 20.37 | 19.40 | 14.51 | 5.71 | 493.00 | 5.35 |
| 31/03 | 90 | 344.5 | 04.40.48 | 00.08.38 | 00.00.00 | 00.05.46 | 00.00.00 | 00.00.00 | 01.32.10 | 17.12.29 | 00.20.09 | 21.83 | 13.59 | 11.13 | 3.85 | 332.60 | 3.57 |
| **Decade** | | **273.8** | **42.10.04** | **34.12.00** | **17.29.45** | **22.40.49** | **20.42.44** | **16.47.59** | **34.16.20** | **74.06.43** | **01.33.36** | | **11.81** | | **2.74** | **2535.20** | **2.03** |
| **Medie Mese** | | **214.5** | **144.56.09** | **120.15.50** | **64.50.52** | **91.26.25** | **76.24.58** | **41.11.01** | **71.02.23** | **129.15.49** | **04.37.59** | | **9.57** | | **2.14** | **5587.40** | **1.28** |

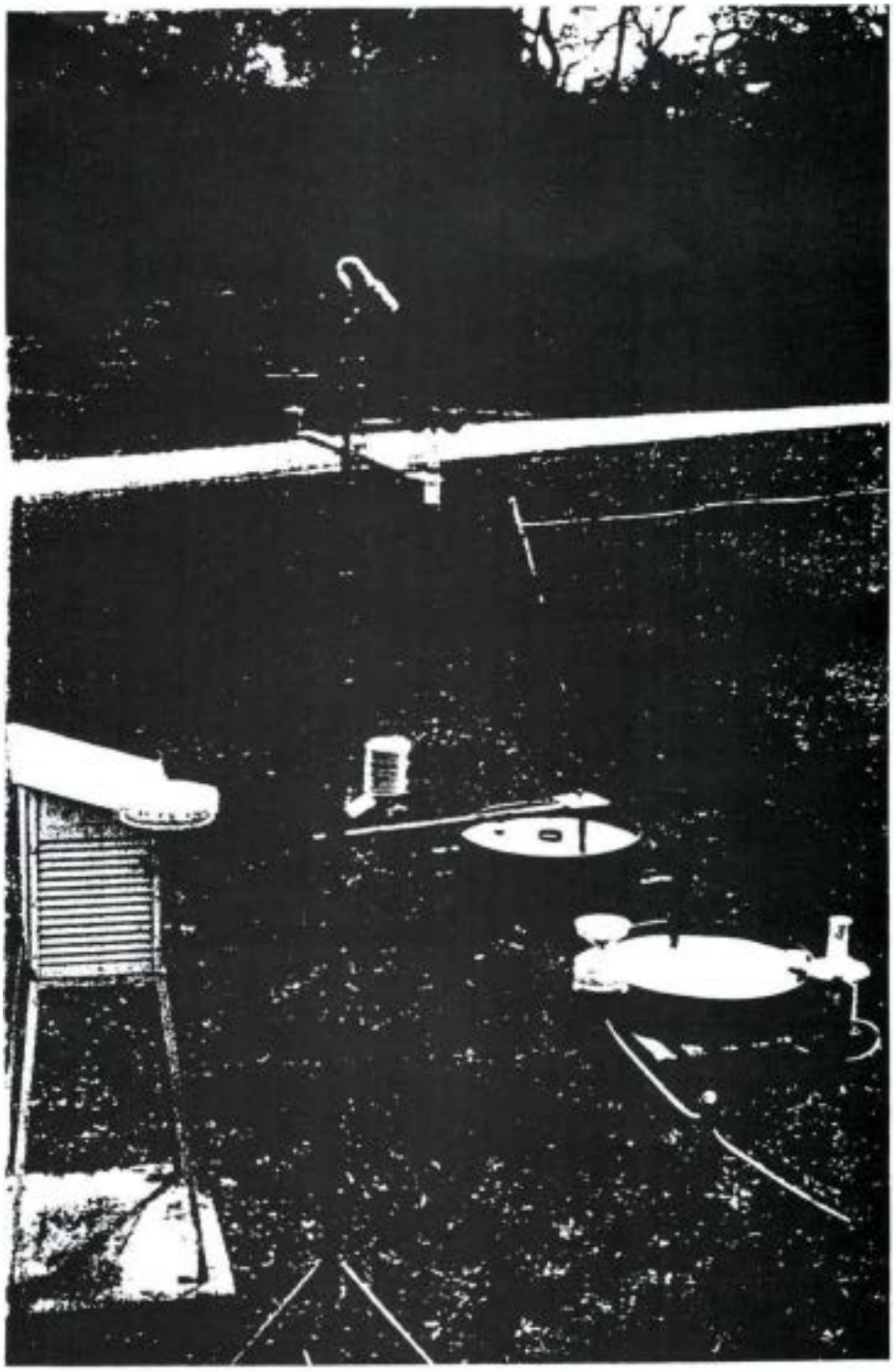


**Fig. 1 - Stazione climatica**

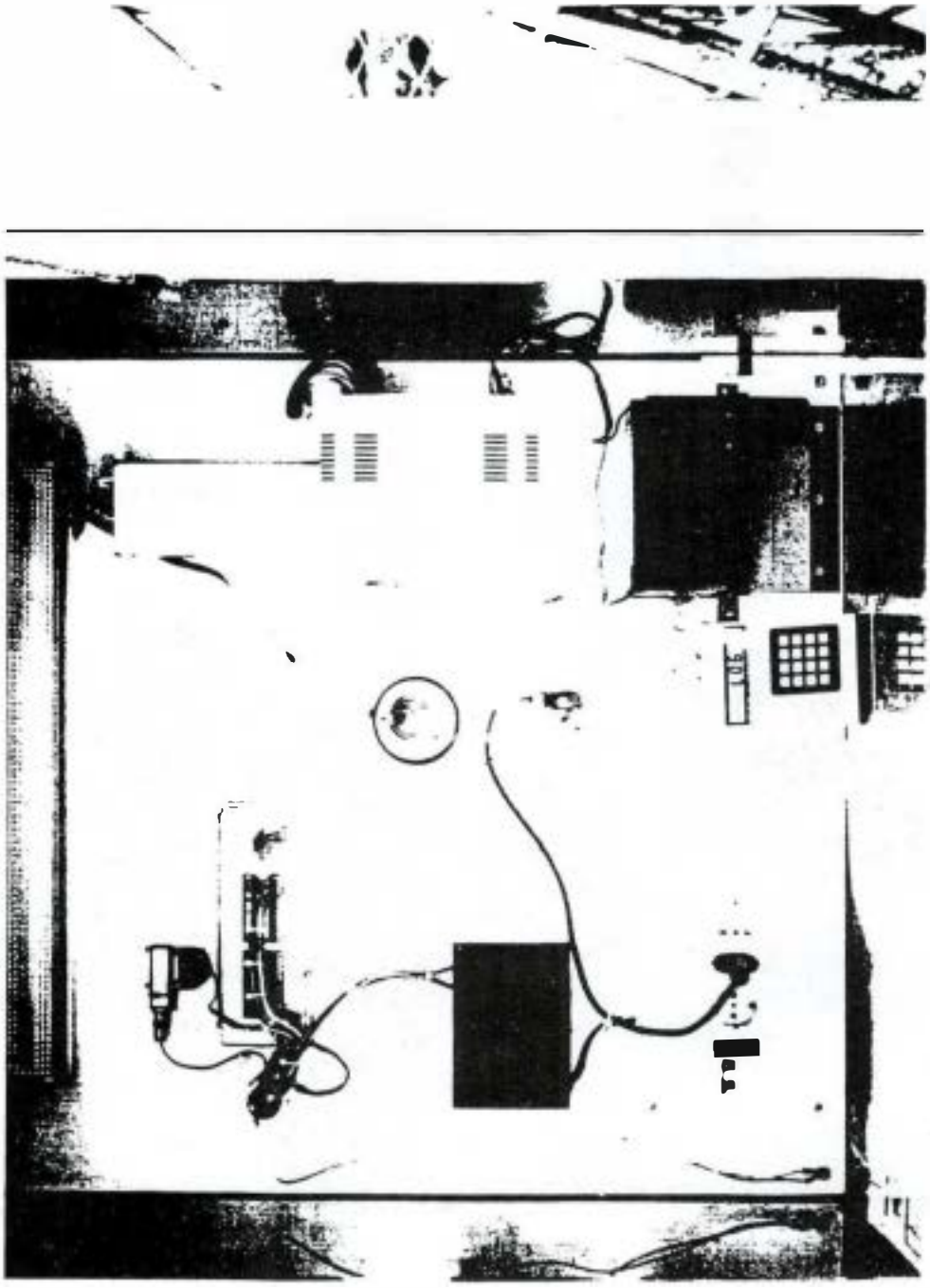


Fig. 2 - Data logger

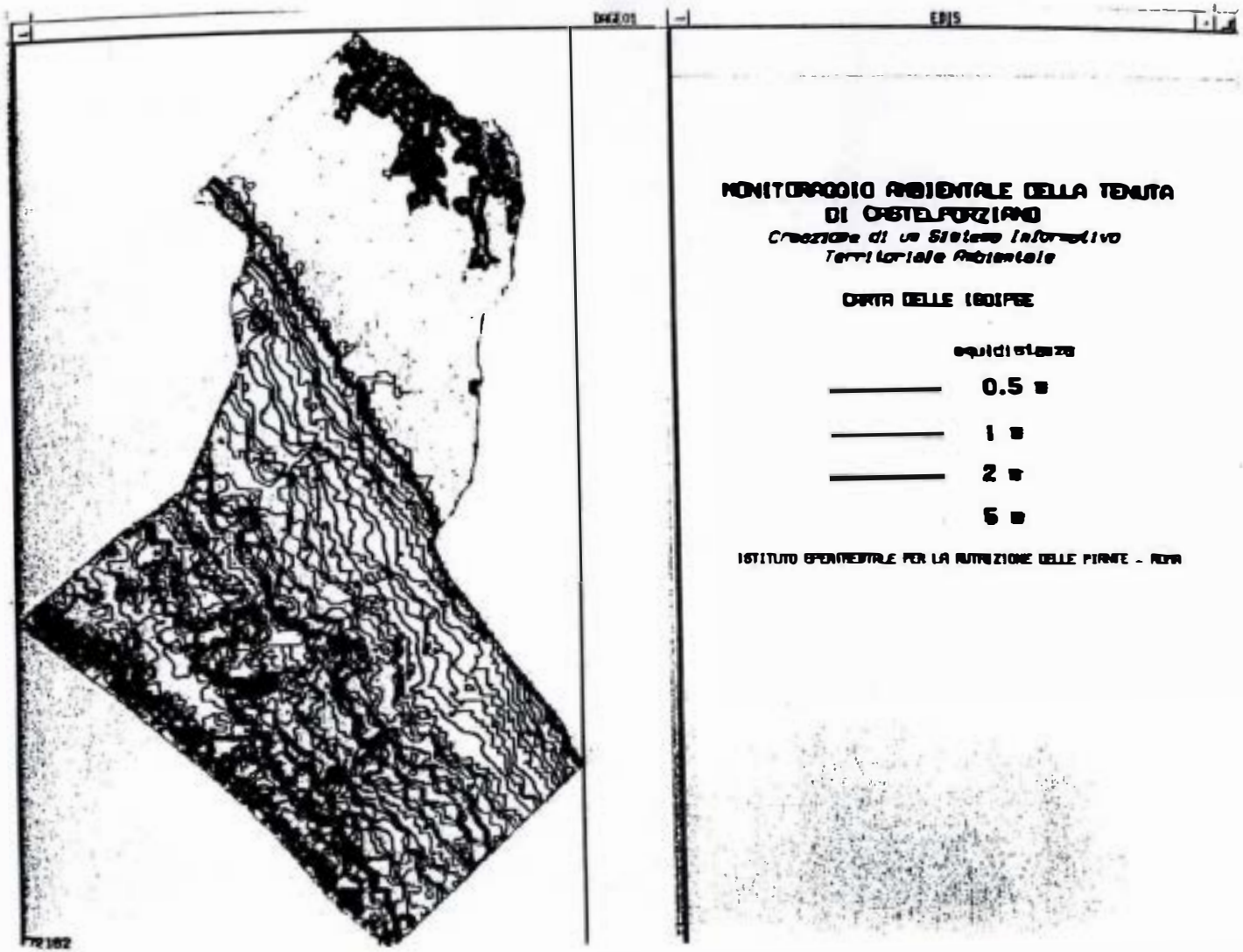



**Fig. 3 - Carta delle isoipse integrate**

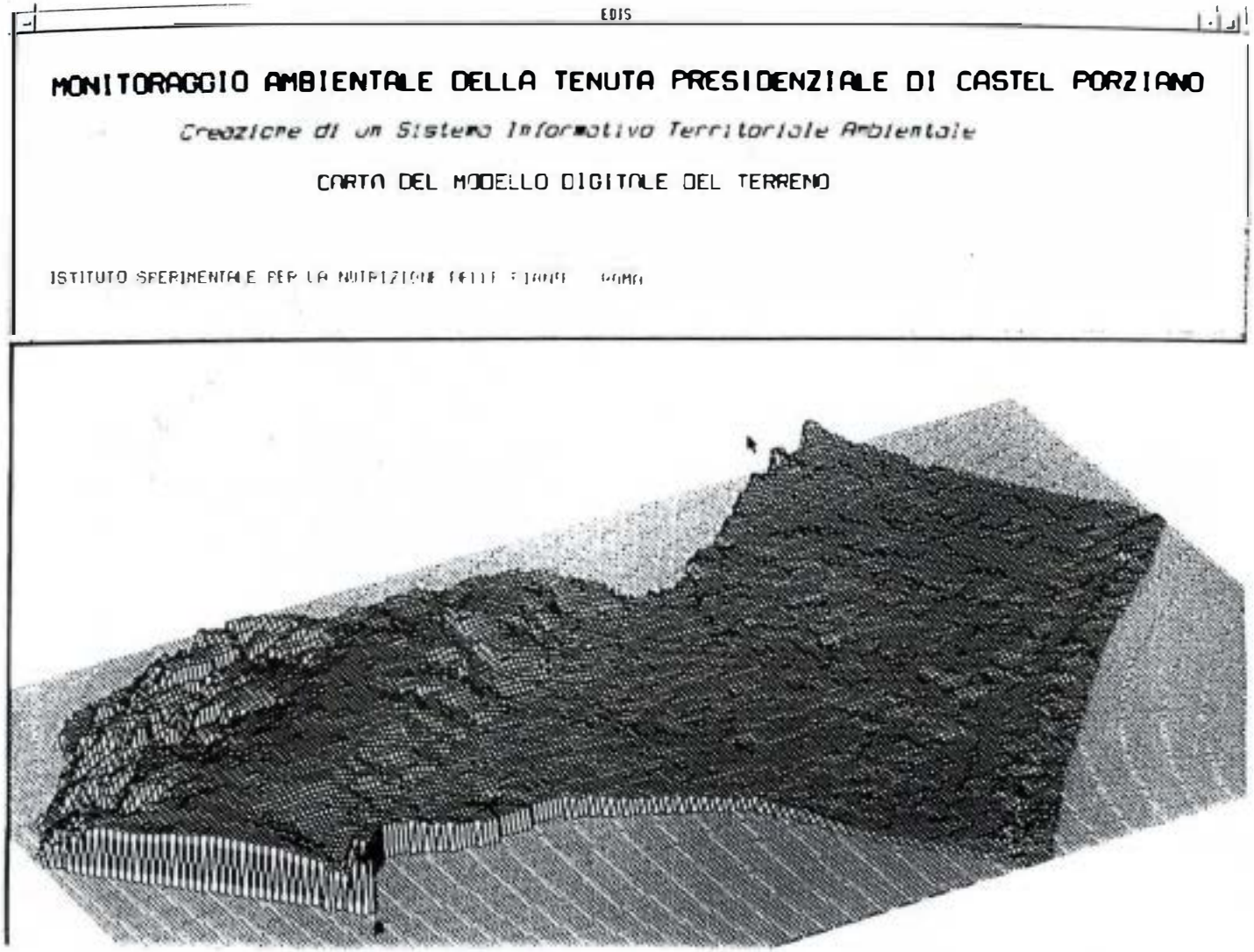



**Fig. 4 - Carta del modello digitale del terreno**

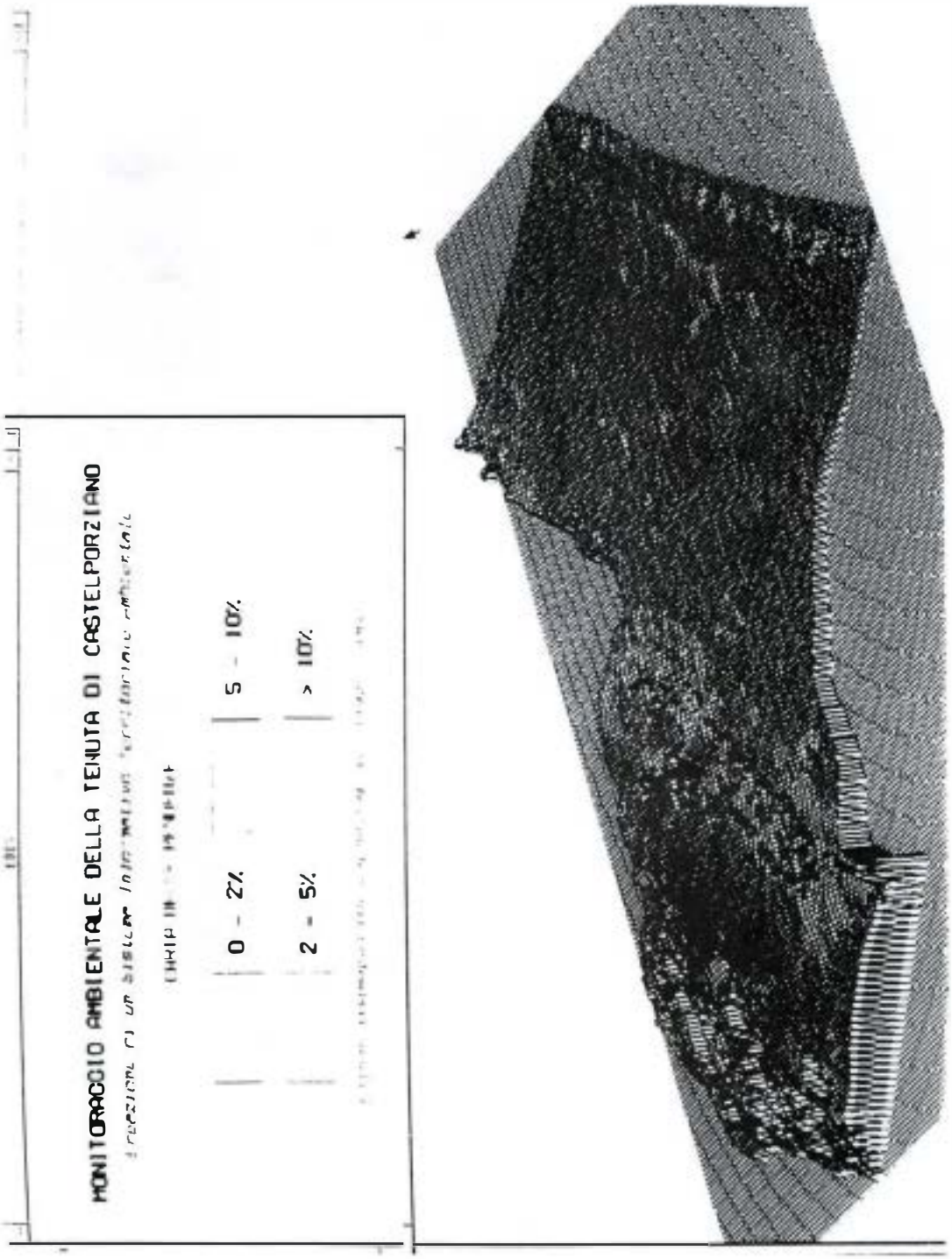



**Fig. 5 - Carta clinometrica**

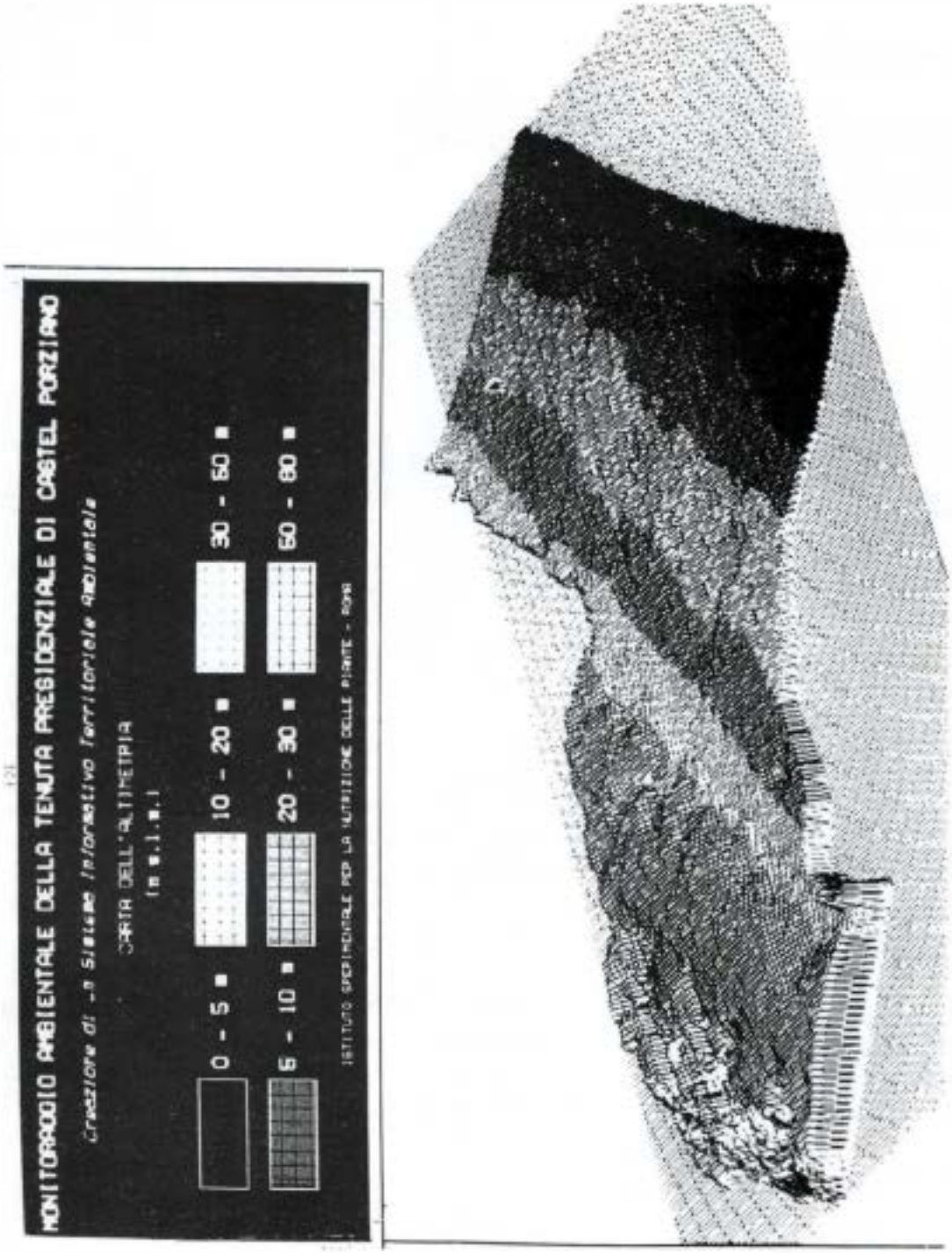



**Fig. 6 - Carta altimetrica**

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | IDROGEOLOGIA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO<br>Indagini geologoche e geoelettriche |
| *RESPONSABILE* | Dott. F. Silvestri |
| *UNITA' OPERATIVA* | ISPESL - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | F. Silvestri, M. Pecci, G. Di Filippo, F. Damiani |

## PREMESSA

Per il raggiungimento degli obiettivi relativi alla ricostruzione dell'assetto geologico e strutturale dell'area si sono sino ad ora seguiti due criteri di indagine complementari, secondo lo schema rappresentato nel diagramma di flusso di Fig. 1, dopo la preventiva raccolta ed analisi della letteratura tecnica e scientifica relativa all'area di studio:

1) Rilevamento geologico,
2) Indagini geoelettriche.

## RILEVAMENTO GEOLOGICO

Nella fase iniziale e contemporaneamente all'acquisizione della documentazione e della letteratura scientifica e tecnica esistente, si è proceduto all'esecuzione di numerosi sopralluoghi, finalizzati al rilevamento geologico di affioramenti di particolare interesse e all'individuazione delle aree più idonee per l'effettuazione delle indagini geofisiche. Sulla base dei dati preliminari e parziali, ottenuti nel corso del rilevamento, e delle informazioni relative alle unità geologiche riconosciute nel Foglio 149 "Cerveteri" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 [3] è stato prodotto lo schema geologico preliminare di Fig. 2, in cui sono state cartografate 4 unità litologiche fondamentali presenti in affioramento.

L'assetto stratigrafico e strutturale dell'area, tuttora in fase di definizione da parte degli Autori, è il risultato dell'evoluzione generale del margine tirrenico, complicato dai vari cicli sedimentari, legati alle variazioni glacio-eustatiche ed alla costruzione dell'apparato deltizio del fiume Tevere [1] nel corso del Pleistocene Superiore-Olocene.

Il risultato di tutte queste complesse vicende è riassumibile nell'assetto stratigrafico riscontrato nel pozzo "S.Angelo", perforato dall'ACEA in località Macchia Spinaceto, che costituisce un elemento di riferimento nell'area, soprattutto in relazione agli obiettivi dell'U.O. e dell'intero "Gruppo Idrogeologia".

I dati raccolti dalla bibliografia e nel corso del rilevamento di campagna sono stati archiviati ed elaborati sul Sistema Informativo Geografico ARC/INFO versione 6.2.1., su piattaforma DEC-ALPHA/OPEN VMS.

## INDAGINI GEOELETTRICHE

Le indagini geoelettriche hanno consentito di ottenere ulteriori informazioni sulla stratigrafia dell'area ad una profondità superiore rispetto a quella raggiunta dai sondaggi meccanici.

Questo tipo di ricerca ha lo scopo di definire l'assetto geologico e strutturale dell'area al fine di individuare e qualificare gli acquiferi presenti.

Salvo casi particolari tutte le rocce hanno una resistività più o meno elevata, influenzata anche nella stessa classe petrografica da una serie di parametri, quali la porosità efficace, la granulometria, il contenuto d'acqua e la relativa salinità.
Come metodo d'indagine è stato applicato quello "attivo", basato sulla misura della resistività apparente, ottenuta dalla relazione:

$$\rho = \frac{k\ \Delta V}{i} \qquad (1)$$

dove $\rho$ è la resistività del terreno, k è la costante dielettrica del terreno, $\Delta V$ è la differenza di potenziale misurata ed i è l'intensità di corrente immessa nel terreno.
In particolare è stato utilizzato il metodo del "quadripolo di Schlumberger", consistente nella predisposizione di una linea elettrica AB, con inserito un amperometro, alimentata in corrente continua mediante un accumulatore, che consente di immettere nel terreno una corrente di intensità nota e di una linea MN, nella quale è inserito un potenziometro, che permette di misurare la differenza di potenziale che si determina nel terreno al passaggio della corrente.
Nella scelta del sistema di prospezione si è tenuto conto delle caratteristiche geologico-strutturali dell'area. Infatti il S.E.V. assume validità e consente di ottenere i migliori risultati nell'ipotesi di una stratificazione piano-parallela, cioè in presenza di un sottosuolo compostro da strati senza significative variazioni laterali di resistività.
Come apparato di misura è stato utilizzato un georesistivimetro, equipaggiato con un accumulatore-energizzatore e munito di un microprocessore che esegue automaticamente le operazioni, inviando corrente nel terreno nei due sensi opposti ed eseguendo la media matematica dei due valori ottenuti. Lo strumento consente inoltre di effettuare varie misure per ogni posizione degli elettrodi, dando automaticamente la media finale di tutte le misure effettuate.

Nel caso del presente studio tutti i valori ottenuti sono stati automaticamente ricavati dalla media di tre misure. In Fig. 3 è riportata un configurazione iniziale del dispositivo, relativa a piccole distanze e le strumentazioni utilizzate.
Ad ogni variazione di distanza tra gli elettrodi si misurano le intensità di corrente e le relative differenze di potenziale, calcolando le resistività apparenti degli strati di terreno attraversati.
Nell'espletamento della ricerca è stato sino ad ora utilizzato il metodo di indagine in profondità, eseguendo sondaggi elettrici verticali (SEV), consistenti nel tenere fisso il punto centrale del dispositivo di misura e nell'aumentare la distanza tra gli elettodi AB e MN.
La profondità di investigazione aumenta con l'aumentare della distanza tra i punti A e B e corrisponde a circa 1/4 di questa. Nello studio sino ad ora eseguito sono stati effettuati 9 sondaggi, spinti fino ad un massimo di circa 150 m di profondità. L'ubicazione degli stendimenti dei sondaggi elettrici è riportata nella Fig. 4, dove sono anche ubicati i pozzi di maggior interesse, realizzati o previsti nell'ambito dello studio, ed i limiti litologici riportati in Fig. 2.
In ogni postazione di misura sono stati effettuati stendimenti incrociati.
Si riportano in Tabella 1 l'ubicazione (vedi anche Fig. 4) e le caratteristiche dei singoli sondaggi eseguiti.

| N. SEV | UBICAZIONE | LUNGHEZZA (metri) | DIREZIONE AZIMUTALE (gradi) | LITOLOGIA AFFIORANTE |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Campo Bufalaro, presso il Pozzo E16 ENEA | 320 | N80°-260° | Sabbia rossastra con limo |
| 2 | Campo Bufalaro, presso il Pozzo E16 ENEA | 400 | N135°-315° | Sabbia rossastra |
| 3 | Viale di Castel Porziano, presso il Pozzo E1 ENEA | 500 | N170°-350° | Sabbia ocra |
| 4 | Viale di Castel Porziano, presso il Pozzo E1 ENEA | 200 | N75°-255° | Sabbia ocra con limo |
| 5 | Riserva Chiesola, presso il Pozzo E2 ENEA | 250 | N134°-314° | Sabbia con limo |
| 6 | Riserva Chiesola, presso il Pozzo E2 ENEA | 320 | N55°-225° | Sabbia ocra |
| 7 | Macchia Spinaceto, presso il Pozzo ACEA | 600 | N45°-225° | Sabbia limosa rossastra |
| 8 | Macchia Spinaceto, presso il Pozzo ACEA | 400 | N285°-105° | Sabbia limosa rossastra |
| 9 | Ponte degli Olivi, presso il Pozzo E3 ENEA | 250 | N70°-250° | Sabbia limosa con ghiaietto |

Tab. 1 - Ubicazione e principali caratteristiche dei Sondaggi Elettrici Verticali (SEV) eseguiti nell'area della Tenuta

## PRESENTAZIONE DEI RISULTATI E CONSIDERAZIONI

I dati ottenuti dalle indagini geoelettriche sono stati elaborati mediante un apposito programma "SEV", con sistema di acquisizione digitale, ottenendo le curve rappresentative, l'interpretazione delle stesse e la relativa rappresentazione grafica [3].

Le curve dell'andamento della resistività apparente in funzione della semidistanza elettrodica AB/2 risultano generalmente ben definite, salvo il caso di due sondaggi, i cui dati diagrammati risultano in parte dispersi.

I modelli interpretativi utilizzati sono riferiti a tre o più elettrostrati [5], scelti in maniera tale da ottenere la differenza minima tra l'andamento sperimentale e quello teorico lungo tutta la curva. Nelle Figg. 5,6,7,8,9 e 10 sono riportate a titolo esemplificativo le curve riferite ad alcuni sondaggi, con il relativo modello terreno, in cui ogni tratto è rappresentativo di uno strato di terreno la cui resistività è data dalla rispettiva ordinata.

L'esame dei sondaggi effettuati rivela la presenza di un primo strato superficiale caratterizzato da alti valori di resistività, separato da quello sottostante da una discontinuità geoelettrica. Le stratigrafie relative ai sondaggi meccanici ENEA evidenziano che tale contrasto di resistività non è dovuto ad un passaggio litologico ben definito, ma è da attribuire piuttosto alla disomogeneità dei terreni e alla presenza di livelli più umidi.

L'andamento delle curve concorda in generale con i risultati dei sondaggi ed inoltre evidenzia un progressivo abbassamento della resistività: il tratto intermedio presenta generalmente l'andamento tipico KQ e HK, corrispondente ad una combinazione di curve relative a tre strati. Una caratteristica di

particolare interesse riguarda l'ultima discontinuità geoelettrica, indicante l'inizio di un elettrostrato caratterizzato da bassi valori di resistività.
Si riportano di seguito le analisi relative ai primi sondaggi eseguiti.

- *Area centrale della Tenuta*

  In quest'area sono stati effettuati sondaggi in corrispondenza dei pozzi E1 ed E16: nel pozzo E1 i valori di resistività si presentano minori già dai primi metri di investigazione, rispetto a quelli del pozzo E16, ciò è in accordo con le stratigrafie da cui si rileva che nel pozzo E1 è presente uno strato di sabbia medio-fine, limoso-argillosa, compatta (quindi a più bassa resistività), mentre nel pozzo E16 sono presenti sabbie medio-grossolane compatte (strati a maggiore resistività).
  Nei sondaggi 1 (Fig.5) e 4 (Fig.6) l'andamento della curva di resistività in funzione di AB/2 presenta un primo tratto discendente che raggiunge un valore minimo relativo ad una profondità di circa 3 m dal piano campagna: ciò indica per il pozzo E1 l'inizio di un livello umido sovrastante la vera e propria superficie freatica riscontrata nel piezometro a 4,50 metri dalla superficie, mentre nel pozzo E16 la diminuzione di resistività è determinata dalla presenza di un livello sabbioso con una significativa componente organica.
  Il massimo relativo rilevato nel sondaggio 1, ad una profondità di circa 10 metri, concorda con la stratimetria, che ha individuato sabbia medio-sciolta, con crescente frazione ghiaiosa. Nel sondaggio 4 il massimo relativo individuato a circa 7-8 metri dal piano campagna, è in accordo con la stratimetria che, alla stessa profondità, indica sabbia contenente frazione ghiaiosa.
  Infine in entrambi i sondaggi 1 e 4 il tratto finale della curva indica che la resistività cade nell'area centrale dei valori tipici delle argille (1-50 ohm x m ).

- *Area costiera della Tenuta*

  I tre sondaggi eseguiti in quest'area sono stati riferiti ai pozzi E2 ed E3 e presentano tutti un valore iniziale di resistività elevato ($\rho$ > 1500 ohm x m), con una rapida riduzione, che in pochi metri (circa 4 m) scende a valori inferiori a 100 ohm x m.
  L'andamento delle curve di resistività è caratterizzato da un unico flesso tipico della curva "Q" (Fig. 7). I valori di resistività relativi al primo tratto della curva sono determinati dalla presenza di sabbia asciutta; l'elevata pendenza della curva è correlabile con la bassa profondità del livello piezometrico, che comporta una maggiore conducibilità a partire dai primi 3-4 metri; inoltre ciò concorda con la stratimetria che, sotto il primo strato, indica un unico litotipo costituito da sabbie medio-fine con isolati livelli ghiaiosi e/o argillosi.
  Il valore di resistività riscontrato nell'ultimo tratto della curva rivela valori tipici delle argille nell'intervallo compreso tra una profondità di circa 25-30 metri (24 ohm x m) fino alla massima profondità di investigazione (4-5 ohm x m).

- *Area pozzoACEA [6], (ubicato a nord dell'area centrale)*

  Dall'andamento delle curve di resistività ricavate dai sondaggi n.7 e 8 (Figg.8 e 9), si riscontra in questa area più marcatamente che nelle altre la mancanza di una netta separazione tra i diversi litotipi in relazione alla mancanza di nette discontinuità e alla similare "risposta" geoelettrica dei terreni interessati.
  Da una resistività iniziale di 120 ohm x m segue un tratto discendente della curva che non è significativo in quanto interessa lo strato superficiale (2-3 metri) e quindi da porre in relazione con l'aumento del contenuto d'acqua.
  L'andamento successivo della curva è sostanzialmente parallelo all'asse delle ascisse mantenendosi in un ristretto intervallo di 20-30 ohm x m.

## RISULTATI DELLE ELABORAZIONI DIGITALI

In Fig.10 è presentato uno schema tridimensionale di sintesi delle informazioni contenute nel sistema informativo utilizzato. In essa le informazioni relative alle unità litologiche affioranti, così come riportate in Fig. 2, e l'ubicazione dei principali pozzi e degli stendimenti geoelettrici (SEV) eseguiti, così come riportati in Fig. 4, sono "drappeggiati" sul modello digitale del terreno (DTM).
Il modello digitale del terreno è stato realizzato a partire dai dati altimetrici in formato vettoriale forniti dall'ISNP in formato "DXF", utilizzando il software TIN [4] di ARC/INFO.
La superficie digitale è stata ottenuta per interpolazione lineare, imponendo un fattore di esagerazione verticale pari a 10 ed una risoluzione delle celle elementari del TIN pari a 40 m. Per la rappresentazione cartografica è stato scelto un punto di vista virtuale sul mare (azimut pari a 215°) a poca distanza dalla costa e a circa 1000 m di altezza.

## BIBLIOGRAFIA

[1] AA. VV. (1995) "La geologia di Roma: il centro storico", Mem. Descr. Serv. Geol. d'It., Roma.

[2] CARRARA, E., RAPOLLA, A., ROBERTI, N., 1992, "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici", Liguori, Napoli.

[3] DRAGONE, F., MAINO, A., MALATESTA, A., SEGRE, A.G., 1967, "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 149 Cerveteri", Serv. Geol. d'It., Roma.

[4] ESRI, 1992, "Surface Modeling with TIN. Surface Analysis and Display: ARC/INFO User's Guide, Rel. 6.0. Environmental System Research Institute, Inc., 2nd edition.

[5] MUNDRY, E., HOMILIUS, 1979, "Three-layer model curves for geoelectrical resistivity measuraments - Schlumberger array, Hannover.

[6] VENTRIGLIA, U., 1990, "Idrogeologia della Provincia di Roma" , Amministrazione provinciale di Roma.

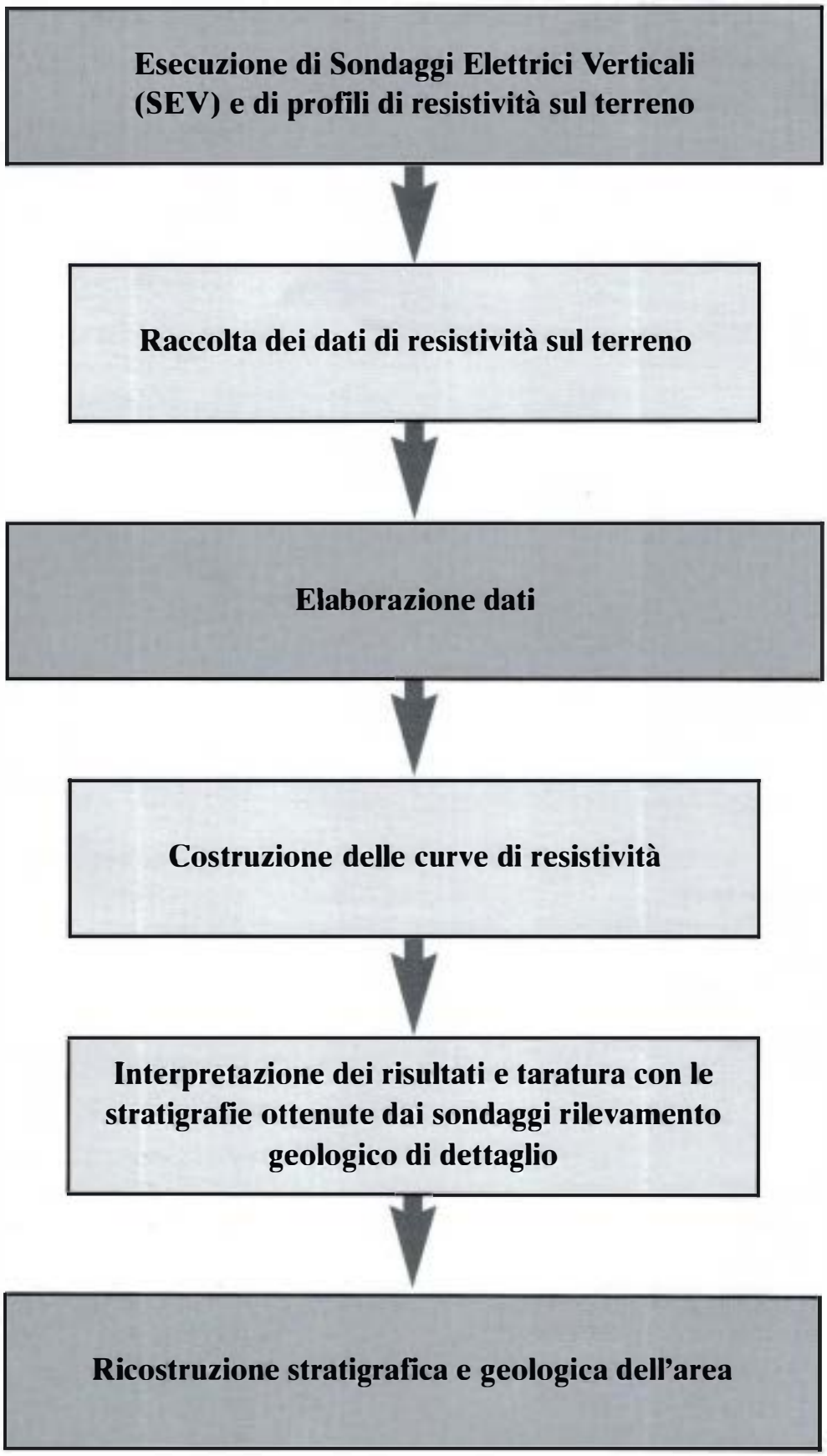



Figura 1 - Diagramma di flusso relativo alle indagini geologiche e geoelettriche.

Figura 2 - Schema geologico dell'area della Tenuta Presidenziale di Castelporziano

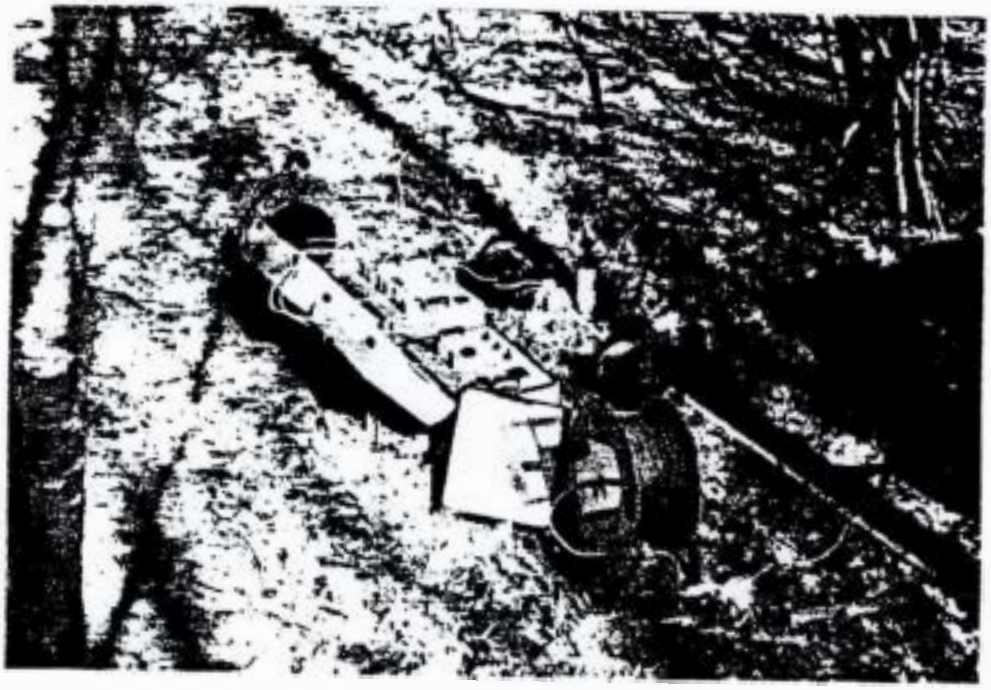


Figura 3 - Configurazione iniziale del dispositivo e strumentazioni utlizzate

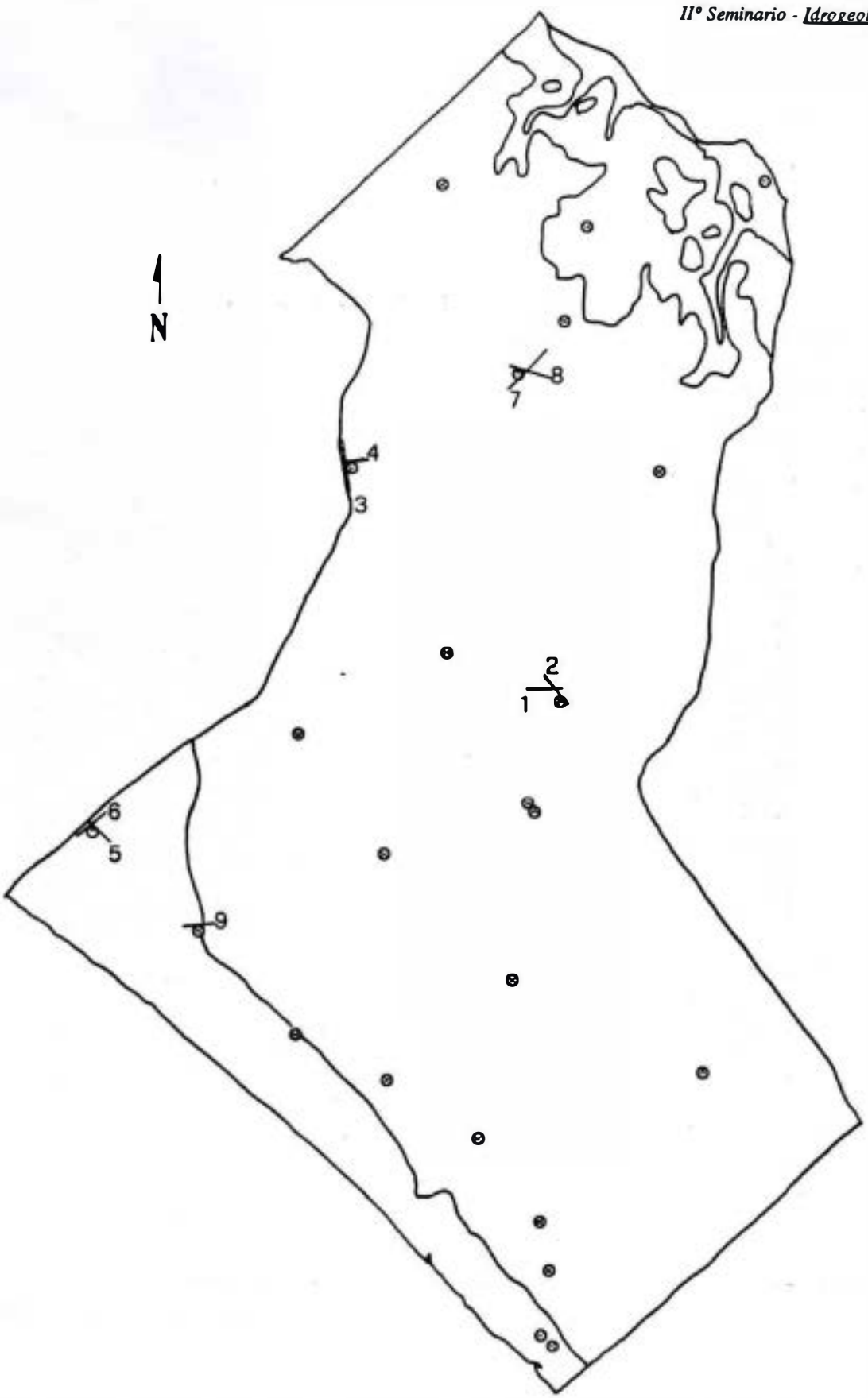



Figura 4 - Ubicazione e numerazione degli stendimenti dei SEV; con una croce sono indicati anche i principali pozz

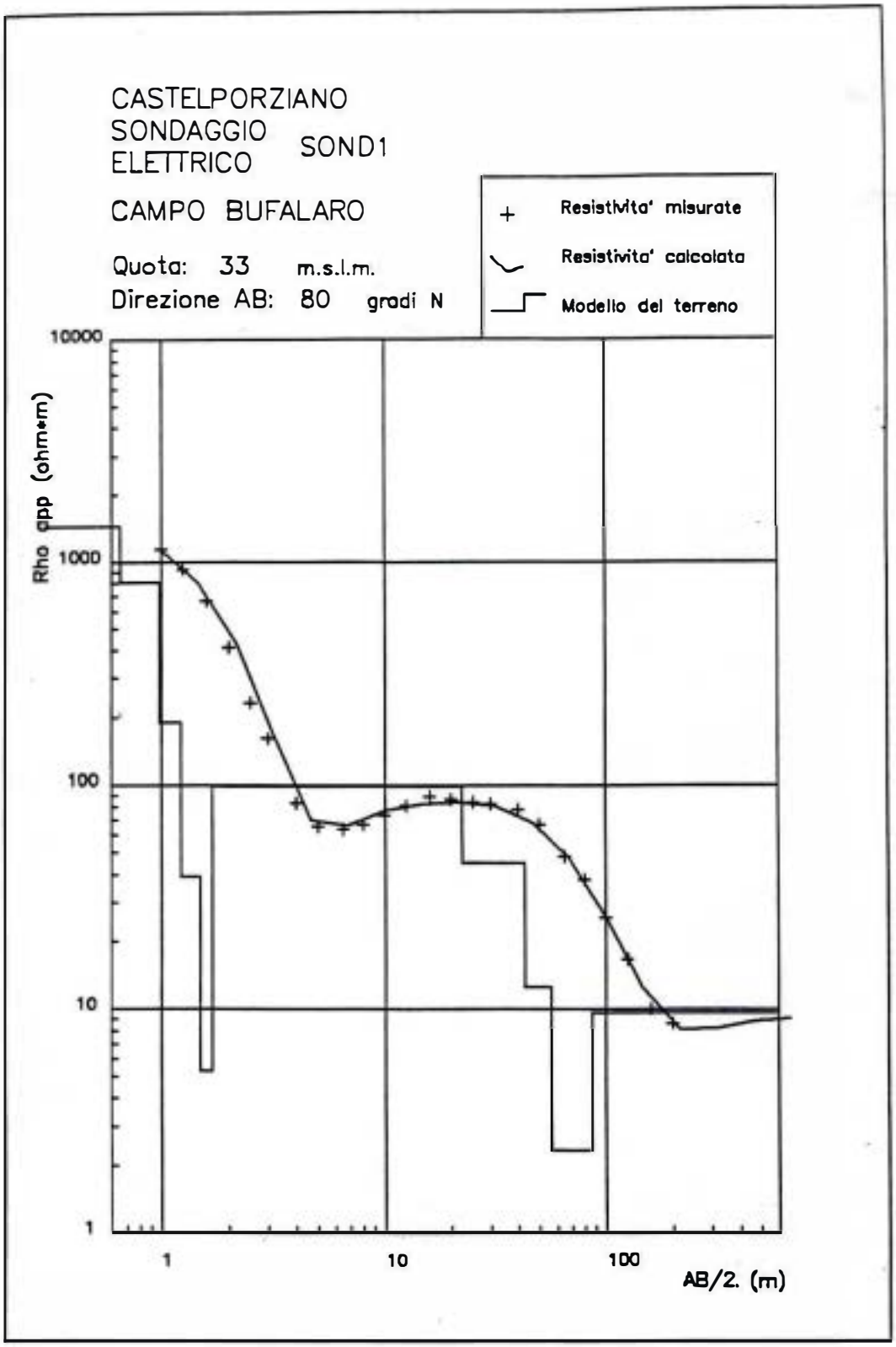



Figura 5 - Variazione della resistività relativa al SEV 1

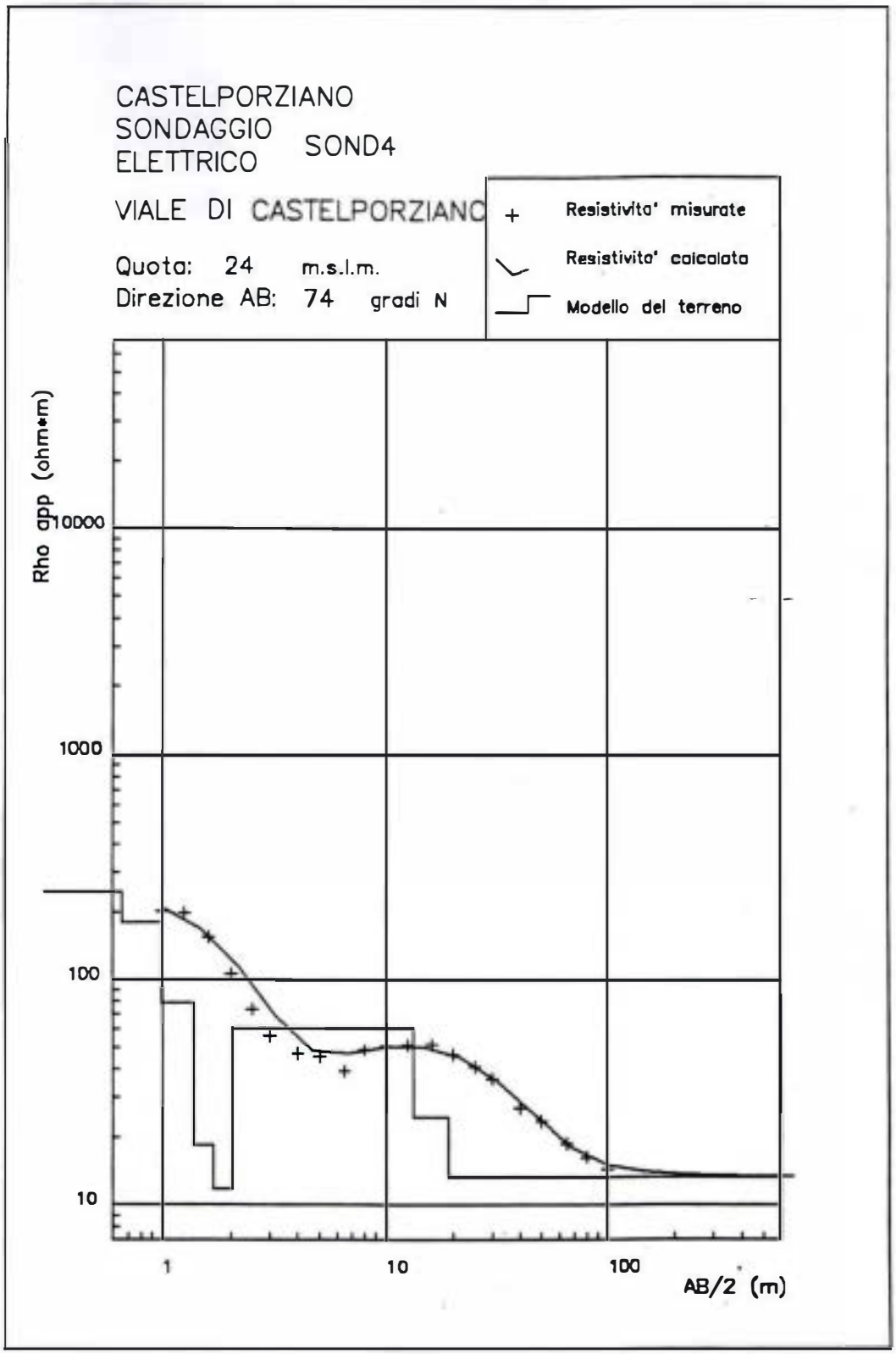



Figura 6 - Variazione della resistività relativa al SEV 4

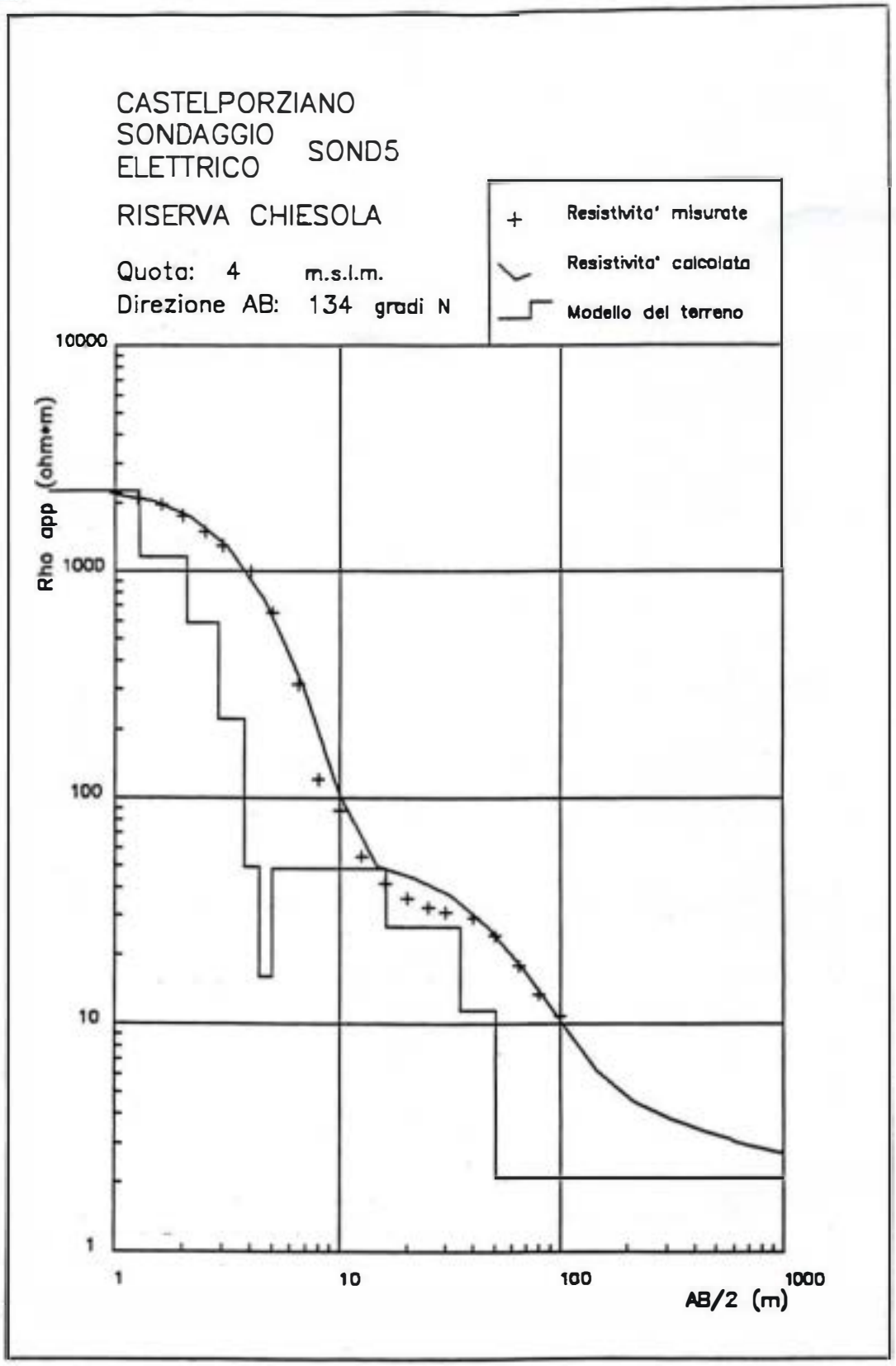



Figura 7 - Variazione della resistività relativa al SEV 5

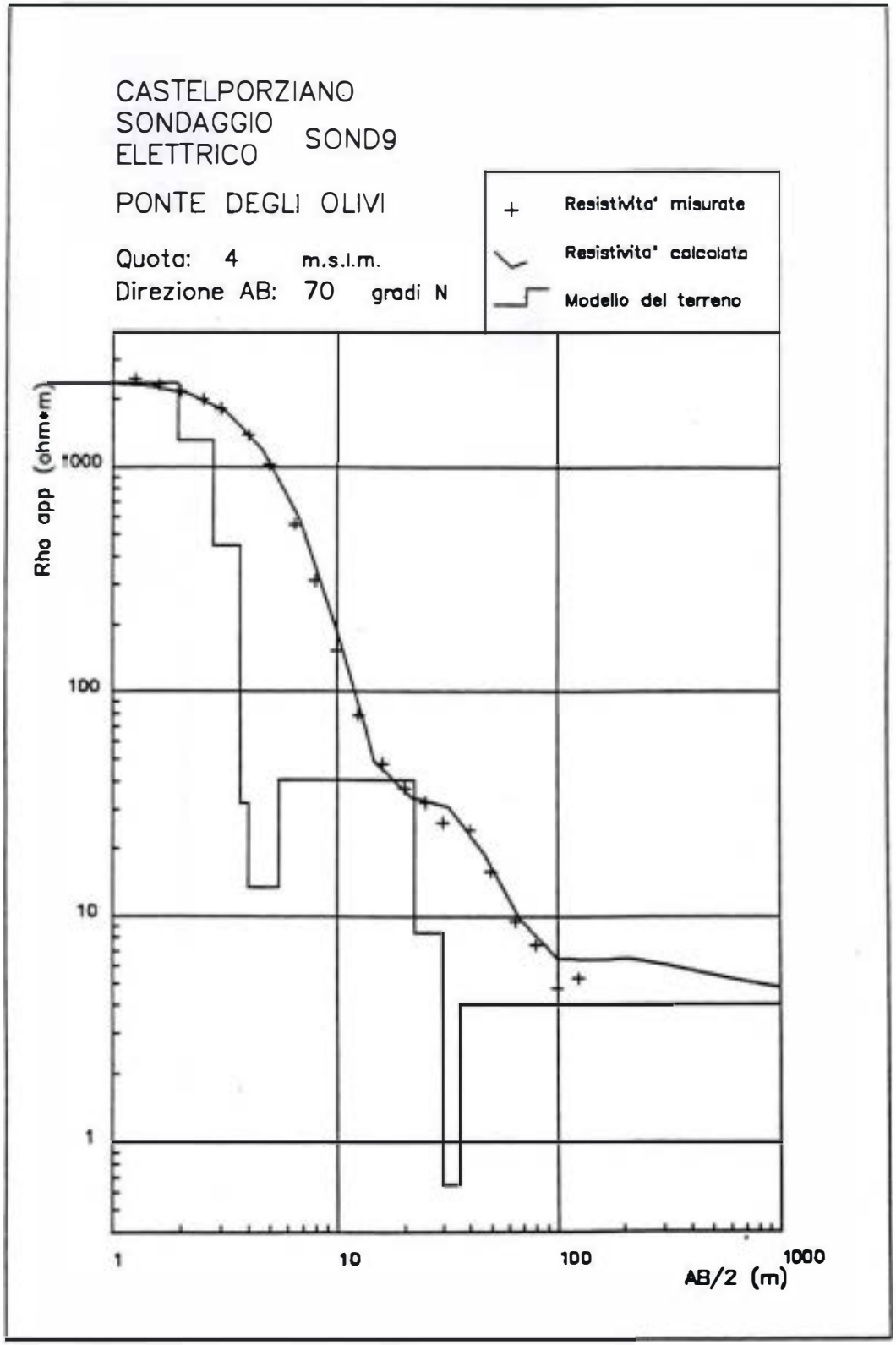



Figura 8 - Variazione della resistività relativa al SEV 9

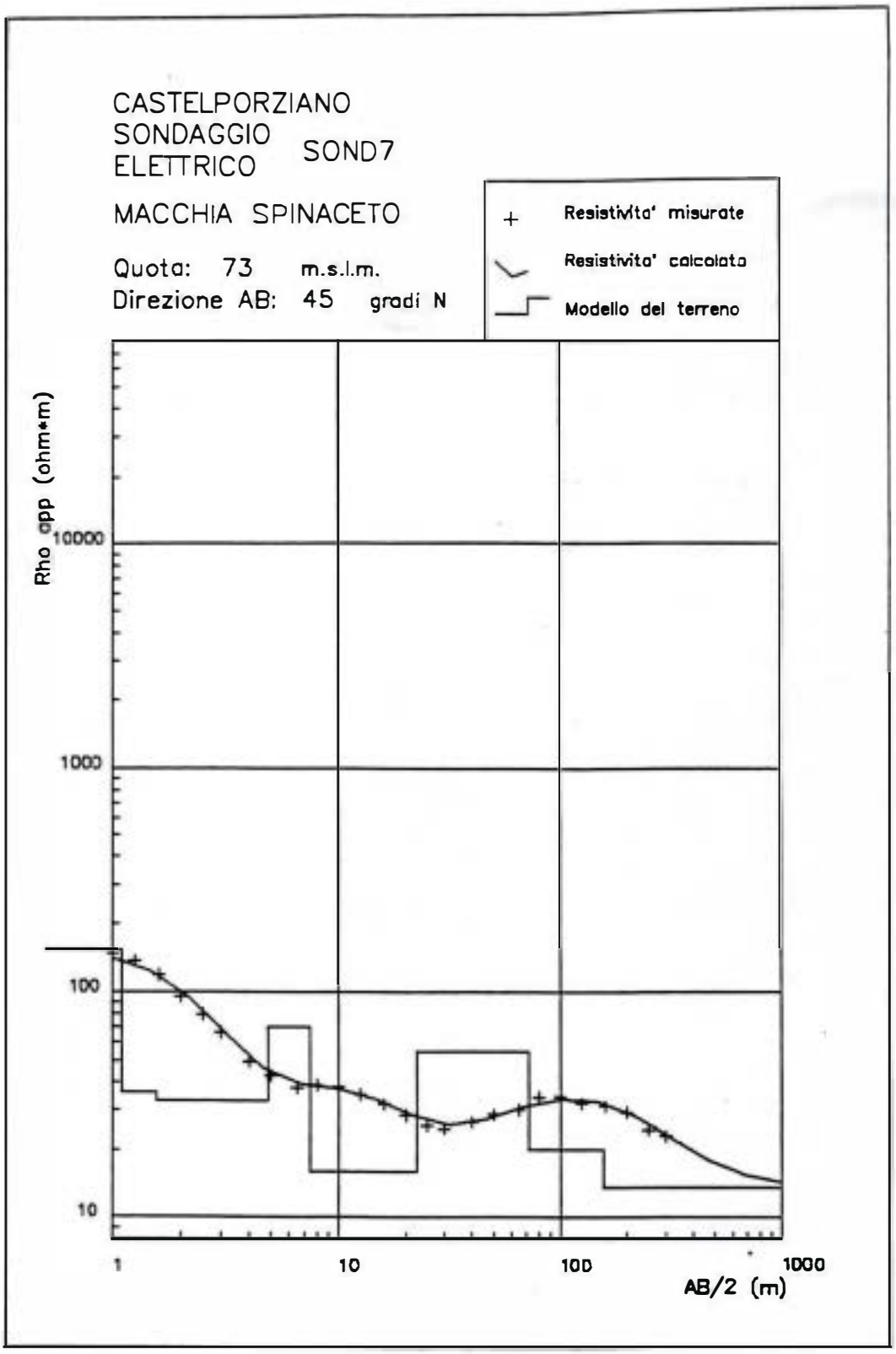



Figura 9 - Variazione della resistività relativa al SEV 7

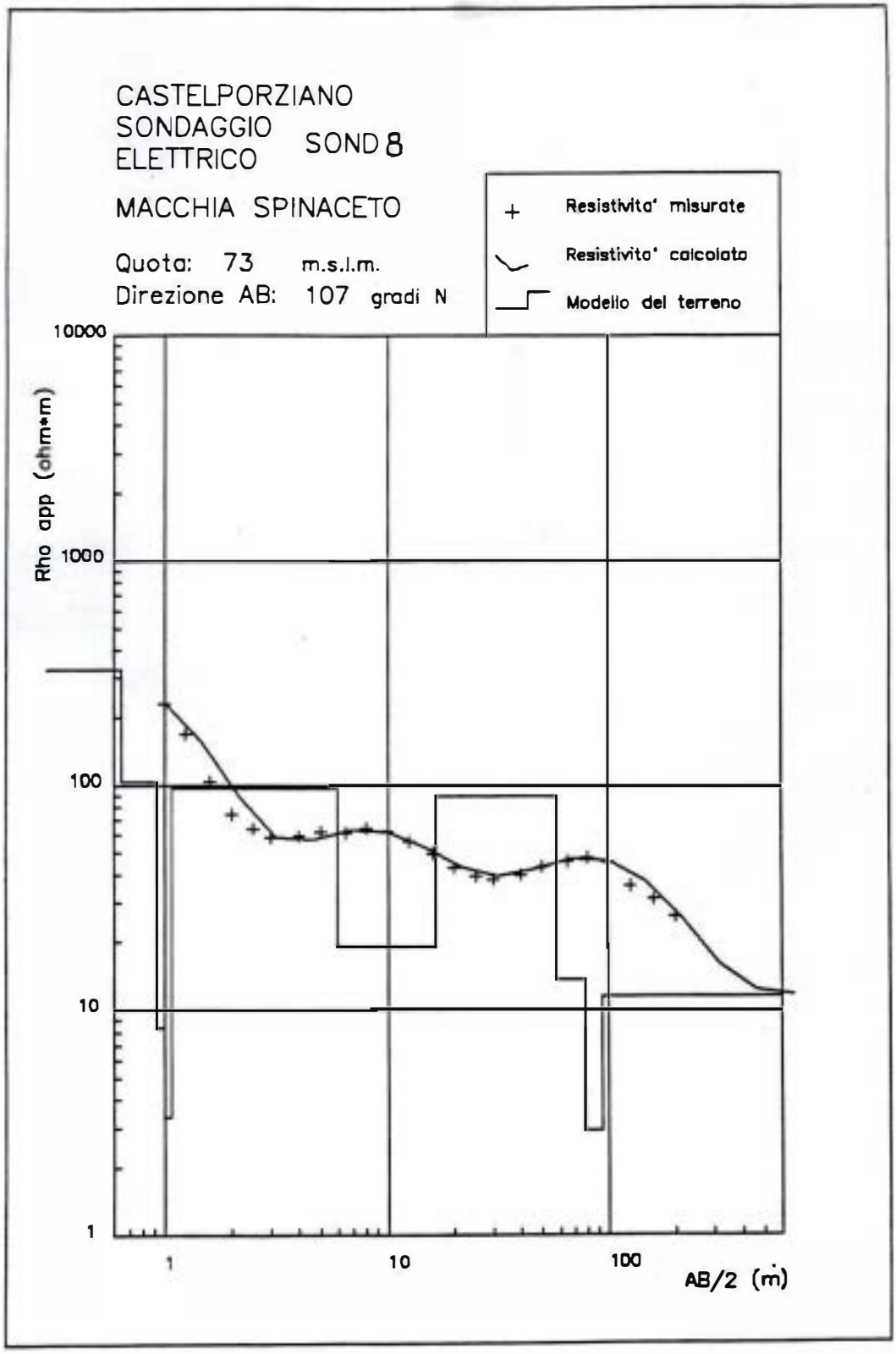



Figura 10 - Variazione della resistività relativa al SEV 8

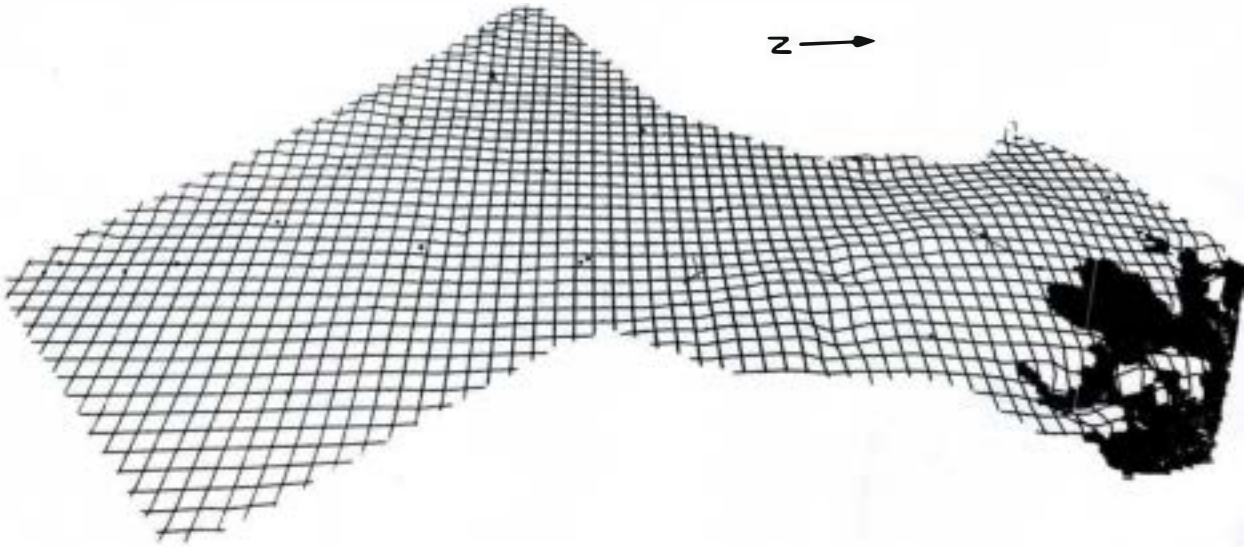



Figura 11 a - Schema tridimensionale di sintesi, contenente le unità litogiche (per la legenda vedi Fig. 2 a), l'ubicazione dei SEV e dei pozzi: veduta da ESE

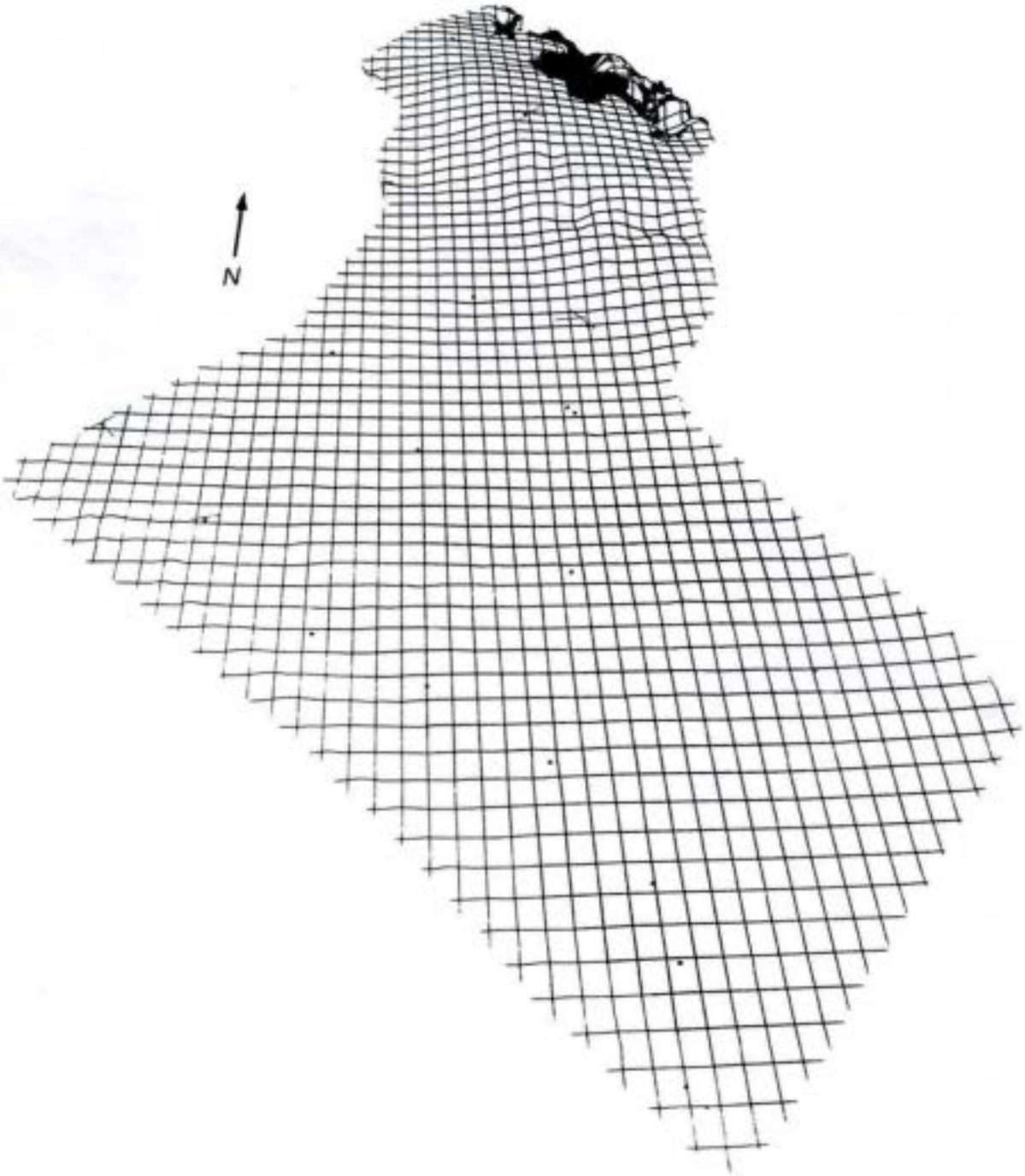



Figura 11 b - Schema tridimensionale di sintesi, contenente le unità lit giche (per la legenda vedi Fig. 2 a), l'ubicazione dei SEV e dei pozzi: veduta da SSW

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | IDROGEOLOGIA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Studio idrogeologico e delle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque sotterranee e superficiali |
| *RESPONSABILE* | Dott. G. Busuoli<br>ENEA amb CR Casaccia - Roma |

## Programma per il 1995

Il programma di studio e la realizzazione di una rete permanente di monitoraggio delle acque proseguirà con il completamento delle perforazioni previste nella piana costiera e con l'inizio di quelle profonde nel settore settentrionale al di sopra dell'isoipsa di quota quaranta.
Le perforazioni ultimate saranno agganciate alla rete topografica locale per determinarne con precisione la quota.
Proseguiranno i rilievi mensili sulla rete di monitoraggio che verrà via via ampliata, stagionalmente verranno effettuate le analisi chimiche per il controllo di eventuali fenomeni di ingressione marina.
Saranno approfonditi gli studi sui corpi idrici superficiali (piscine) per la determinazione dei bilanci idrici dei suoli.
Si prevede di approfondire le conoscenze sul rapporto acqua-suolo sui suoli e le interazioni tra falda ipodermica e falda libera superficiale.
Sarà completato il sistema di raccolta ed elaborazione dei dati meteorologici.
Verranno infine proseguite le indagini geologiche e geoelettriche per pervenire ad una ricostruzione dei lineamenti geologico-strutturali dell'area con particolare riguardo all'andamento del substrato impermeabile.
Verranno approfondite le conoscenze relativamente all'esistenza, alla localizzazione e alla qualificazione degli acquiferi e degli spartiacque sotterranei.
Si cercherà di definire i rapporti stratigrafici in corrispondenza dei gradini morfologici e le relazioni esistenti tra la falda libera superficiale di Castelporziano e quella di Capocotta.

II° SEMINARIO
12 MAGGIO 1995

GRUPPO DI LAVORO

# VEGETAZIONE

Responsabile: Prof. Alessandro Pignatti

**UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI**

**Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale**
*A. Pignatti, F. Manes, M. De Lillis,*
*F. Federici, G. Fanelli, L. Gratani, M. Vitale*

**CNR - Istituto per l'Agriselvicoltura - Porano (VT)**
*E. Brugnoli*

**Università della Tuscia Viterbo - Disafri**
*E. Giordano, G. Scarascia Mugnozza, R. Valentini*

**Tenuta di Castelporziano**
*A. Tinelli*

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | **VEGETAZIONE** |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Ricerche ecofisiologiche sull'ecosistema forestale e l'agroecosistema |
| *RESPONSABILE* | Prof. A. Pignatti<br>Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale |

## INTRODUZIONE

Le ricerche sulla vegetazione della tenuta Presidenziale di Castelporziano sono state iniziate nel quadro del Programma Biologico Internazionale (IBP) ad opera del compianto prof. V. Giacomini e del gruppo di suoi allievi già negli anni '70. Esse hanno portato alla pubblicazione di una carta fisionomica della vegetazione e di una serie di memorie. Successivamente gli studi sono stati ripresi soprattutto in relazione alla preparazione del Piano di Gestione della Foresta ed hanno portato ad importanti approfondimenti nel campo forestale, nello studio della flora e vegetazione e nella sperimentazione agronomica. Una prima sintesi è contenuta nel Piano stesso e nei documenti che lo accompagnano.

Attualmente si può ritenere che l'indagine sulla flora dell'area (ivi inclusa anche la flora crittogamica) sia ormai sostanzialmente conclusa. La flora risulta estremamente diversificata, così da poter venire considerata tra le più ricche nell'area mediterranea tra quelle di territori con queste caratteristiche. La composizione della vegetazione è altrettanto diversificata; essa è stata oggetto di numerosi studi (i cui risultati sono soltanto in parte pubblicati), però una sintesi ancora manca, anche se si può ritenere che gran parte degli elementi necessari siano ormai acquisiti.
La elevata biodiversità, almeno per quanto riguarda il componente vegetazionale, è la caratteristica peculiare dell'area in studio. Oltre al numero eccezionalmente elevato di specie presenti, va messa in evidenza l'esistenza di numerose comunità vegetali naturali o seminaturali. Anche la composizione dei consorzi forestali appare diversificata, e questo come conseguenza delle condizioni ecologiche generali, ed anche per effetto di antiche utilizzazioni e pratiche gestionali, delle variazioni delle condizioni idriche e di antichi incendi.

Alcuni gruppi impegnati su queste tematiche hanno partecipato alla ricerca coordinata, a carattere largamente interdisciplinare, realizzata in base alle rilevazioni compiute nel febbraio del 1992. In questo caso l'interesse era stato concentrato non tanto sulla descrizione delle condizioni esistenti, quanto sui principali aspetti della produttività primaria nell'ecosistema. Si delineano così due diversi tipi di approccio allo studio del componente vegetale: quello fondato sulla diversità, che fornisce un'immagine sostanzialmente statica, e quello fondato sulla rilevazione delle attività metaboliche, che fornisce l'immagine dei processi dinamici.

Nel programma di monitoraggio avviato nel 1994 entrambi i tipi di approccio sono tenuti nel debito conto. Per quanto riguarda la vegetazione si ritiene che sia importante realizzare una descrizione per quanto possibile approfondita della situazione attuale, in modo da dare una sorta di "punto zero", che potrà venire riconsiderato alla fine del quinquennio, ma che soprattutto risulterà fondamentale per ulteriori cicli di ricerca da sviluppare in avvenire. D'altra parte, il rilevamento in continuo di dati dinamici si presta meglio dei dati descrittivi ad una integrazione con le altre ricerche previste nel programma.

Il modello fondato sullo studio delle attività di carattere dinamico è quanto il gruppo di ricerca sulla vegetazione si appresta ora a sviluppare: infatti il programma di monitoraggio della Tenuta Presidenziale di Castelporziano prevede ricerche in continuo sulle caratteristiche ecosistemiche dell' area (bioclima, componente animale, inquinamento), che possono servire di base per il controllo della situazione vegetazionale. D'altra parte, i dati ricavati dallo studio della vegetazione possono a loro volta risultare importanti per gli altri gruppi.

Si tratta dunque di rilevare i componenti essenziali a livello ecosistemico, che richiedono indagini complesse, e queste possono venire realizzate solamente attraverso la collaborazione tra parecchie unità operative con competenze differenziate, anche se complementari.

Le ricerche in fase di attuazione ci mostrano un ampio ventaglio di temi, che investono i principali aspetti del ciclo vitale dei vegetali, e che possono venire riassunti come segue:

- biomassa
- produttività primaria
- periodicità della fioritura e disseminazione
- rinnovazione
- dinamica di popolazione
- reazioni a stress per cause naturali ed antropiche

Molte di queste ricerche sono in corso già da anni ed in tal caso le attività che rientrano nel presente programma possono quindi avvantaggiarsi di un' esperienza precedente. Vi sono però anche ricerche che sono state programmate espressamente per questo programma, e che quindi si trovano ancora in una fase di definizione e reperimento dei necessari materiali d'indagine e di messa a punto ed approfondimento metodologico.

E' chiaro che il documento qui presentato non costituisce una relazione metodica ed esauriente dei risultati ottenuti nel primo anno, in quanto l'inizio dei lavori non ha potuto essere sincronizzato tra le varie unità operative, e le ricerche sono state realizzate soprattutto durante la stagione fredda. Va anche ricordato che l'andamento climatico nel periodo 1994-1995 è stato molto deviante rispetto alle medie pluriennali, con un inverno relativamente mite e temperature basse all'inizio della primavera.

In questo contributo si vuole soprattutto presentare una scelta di argomenti, che metta in evidenza la varietà degli approcci, dei metodi e dei materiali utilizzati. Attraverso questi esempi, ai quali non sarebbe stato difficile aggiungerne altri, si cerca soprattutto di mettere in luce le occasioni per connessioni tra i vari filoni della ricerca.

Esiste inoltre un problema di connessioni con altri gruppi di ricerca, dai quali il gruppo per la vegetazione può ricevere informazioni essenziali, soprattutto per quanto riguarda il substrato pedologico e le interazioni con gli erbivori presenti nell'area di studio.

Va ricordato che in questo documento non compare nulla del lavoro preparatorio per la stesura di una moderna carta della vegetazione su base fitosociologica, che proprio in questi mesi viene portato avanti con intensità. Si tratta di assemblare le informazioni raccolte in campagne precedenti (che si estendono su un arco di circa 15 anni !) e precisare la distribuzione topografica dei singoli aggruppamenti. Se sarà possibile realizzare il programma nei tempi previsti, entro quest'anno sarà disponibile un prototipo della carta, che verrà a costituire un importante contributo per il sistema informativo territoriale in fase di elaborazione. Anche qui dunque si possono prevedere sinergismi tra diversi gruppi di ricerca.

La preoccupazione costante in queste attività portate avanti in parallelo da gruppi diversi, e di evitare che esse rimangano separate e fine a sé stesse, ed ottenere invece che dai singoli punti di partenza sia possibile confluire sui risultati allo scopo di raggiungere una sintesi. In questa fase ci troviamo ancora lontani da questo obbiettivo, fatte alcune eccezioni, soprattutto per ricerche già iniziate negli anni precedenti. Tuttavia è importante mettere fin d'ora in evidenza questa esigenza.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | VEGETAZIONE |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | STUDIO DELLA BANCA DEI SEMI DI UNA PRATERIA MEDITERRANEA DEL TUBERARIETEA GUTTATAE DI CASTELPORZIANO |
| *RESPONSABILE* | Prof. A. Pignatti |
| *UNITA' OPERATIVA* | Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | A. Pignatti, De Lillis M.; Bedogni B. |

## INTRODUZIONE

Le praterie mediterranee riferibili al *Tuberarietea Gutttatae* [1] sono comunità particolarmente soggette allo stress climatico e all' azione di disturbo del pascolo. Il mantenimento di tali comunità in condizioni di relativo equilibrio è legato soprattutto alla capacità di dispersione in "spazio" e in "tempo" delle specie che le compongono.

Finora, soprattutto in ambienti strettamente legati al Bacino Mediteranno, le comunità vegetali sono state studiate facendo riferimento quasi esclusivamente alla componente epigea mentre una loro discussione completa dovrebbe includere anche i semi vitali sepolti che fanno parte della flora della comunità esattamente come le piante in superficie. La banca dei semi quindi assume importanza nella dinamica di vegetazione sia perché ne riflette in parte la storia sia perché può contribuire al suo futuro. I semi che entrano in una banca, costituiscono una vera e propria "memoria genetica" della specie. Nella banca infatti, possono rientrare semi appartenenti a piante vissute in un periodo precedente all' attuale assetto della vegetazione. Un disturbo che riporti in superficie alcuni di questi semi può influire sul grado di variabilità della vegetazione stessa perché l' instaurarsi di piante con alcune caratteristiche genetiche diverse da quelle presenti può portare a incroci che determineranno l' introduzione di caratteri nuovi nella popolazione [2].

Il disturbo quindi assume un' importanza determinante nel definire il ruolo della banca dei semi nell'ambito di una comunità. Le specie dominanti di ambienti indisturbati come foreste temperate o tropicali e praterie permanenti tendono a non accumulare semi nel suolo; al contrario le specie dominanti di quelle comunità sottoposte a pesante disturbo attraverso la coltivazione, il fuoco, la marcata fluttuazione del livello dell'acqua, tendono a presentare una consistente e permanente banca dei di semi.

Ciò non è però sempre vero in ambienti mediterranei perché, pur se esistono gradi notevoli di disturbo, la stagionalità con la quale si presentano può non favorire la selezione per l'accumulo persistente di semi nel suolo, fenomeno testimoniato, ad esempio, dalla presenza dominante di specie annuali con banca transitoria nelle prateria mediterranee [3-4].

In questo studio quindi, si è cercato di caratterizzare la banca dei semi di una tipica prateria mediterranea riferibile alla classe *Tuberarietea Guttatae* [1] per definire quale ruolo possa avere nella dinamica di questo tipo di vegetazione.

## AREA DI STUDIO - MATERIALI E METODI

La tenuta di Castelporziano è situata a Sud-Ovest della città di Roma ed è compresa essenzialmente tra la via Cristoforo Colombo e il litorale tirrenico, con una estensione di circa 4800 ha; è prevalentemente pianeggiante con quote altimetriche che vanno dal livello del mare a un massimo di 85 m. La prateria in

studio, in particolare, è situata a circa 400 m dal mare sulla duna antica costituita da suoli sabbiosi silicei.
Il bioclima è mediterraneo di tipo umido subumido, caratterizzato da uno stress da aridità, atmosferico e del substrato, che va da aprile ad agosto e da uno stress invernale, anche se non eccessivo, che va da novembre ad aprile. La vegetazione risulta maggiormente influenzata dalla secchezza estiva e non a caso gli elementi principali sono rappresentati da Terofite (44%) ed Emicriptofite scapose che tra le Emicriptofite stesse indicano una mediterraneità pronunciata [5].
Su una superficie relativamente pianeggiante di circa 600 m2 sono stati estratti, nei mesi di novembre, febbraio, giugno e settembre 100 campioni stratificati (strato 0-5 e 5-10) di terreno a volume costante (10x10x10 cm) in modo da assicurare una copertura più uniforme possibile dell'intera area campionata
La terra è stata fatta asciugare all' aria, quindi posta in vaschette di plastica in strato sottile (circa 0,5 cm). Le vaschette sono state poi sistemate per la maggior parte su scaffali illuminati (luci collegate ad un timer programmato per 12 ore di luce e 12 di buio) mentre alcune (1/3 circa del totale) sono state poste prima a +4°C per una settimana e quindi sugli scaffali con le altre. Il trattamento a freddo è uno dei sistemi che si possono utilizzare per rompere la dormienza di alcuni semi.
Tutte le vaschette sono state innaffiate con regolarità e, via via che emergevano, le plantule sono state identificate, contate, raccolte in microerbario. Il tutto per la durata complessiva di un anno (nov '93 - nov '94).

## RISULTATI

L'andamento delle curve relative al numero di semi immediatamente germinabili ha permesso di individuare quattro tipi fondamentali di banca:

- **Transitoria tardo estativa-autunnale:** le specie *Crassula tillaea, Rumex bucephaloporus, Stellaria media, Trifolium cherleri, Daucus carota* concentrano i semi nel suolo in tarda estate (settembre) e in autunno (novembre) presentando un notevole impoverimento della banca negli altri mesi campionati pur se in giugno si registra un nuovo input (figura 1).
- **Transitoria in primavera inoltrata:** le specie *Cerastium ligusticum, Hieracium umbellatum, Aphanes arvensis, Trifolium campestre, Ornithopus compressus, Briza maxima, Silene gallica, Sagina apetala, Dasypirum villosum, Salvia multifida, Carex distachya* concentrano il maggior numero di semi in giugno presentando un numero molto basso o nullo di semi nella banca negli altri periodi campionati. Le specie *Cerastium ligusticum, Hieracium umbellatum, Aphanes arvensis, Trifolium campestre, Ornithopus compressus* conservano comunque una certa quantità di semi anche in settembre (figura 2).
- **Permanente con marcate fluttuazioni stagionali:** *Anthemis arvensis, Hypochoeris radicata Lophochloa pubescens* concentrano il maggior numero di semi nella banca in un determinato periodo mantenendo comunque una minima quantità di semi nel suolo anche negli altri mesi campionati (figura 3).
- **Permanente con andamento relativamente costante: tipica** delle specie *Calamintha nepeta, Euphorbia terracina* e *Chenopodium spp* che mantengono, pur con delle fluttuazioni, un numero relativamente costante di semi nel suolo per l' intero periodo di studio (figura 4).

## DISCUSSIONE

Dagli andamenti delle curve e dalla consistenza della banca dei semi si può dedurre che gran parte delle specie presenta caratteristiche di transitorietà della banca concentrando il maggior numero di semi rilevati in un determinato periodo dell'anno.

Le specie *Crassula tillaea, Rumex bucephaloporus, Stellaria media* (figura 1), con banca dei semi transiente in tarda estate-autunno, presentano curve caratterizzate da un forte decremento di semi immediatamente germinabili in febbraio, legato probabilmente alla germinazione di gran parte dei semi della banca, e da una ripresa in giugno e settembre, dovuta evidentemente alla fase di fruttificazione e poi di dispersione cui diverse specie vanno incontro in questo periodo ([6]; dati non pubblicati).
Le specie *Trifolium cherleri, Daucus carota,* sono sempre caratterizzate dal formare una banca transiente tardo estiva-autunnale tuttavia il picco massimo si riscontra in settembre. I semi di queste specie evidentemente germinano per la maggior parte nel periodo intercorrente tra il campionamento di settembre (che, bisogna ricordare, è stato eseguito all' inizio del mese) e quello di novembre (eseguito a fine mese). Di nuovo si verifica un rifornimento della banca in giugno sempre probabilmente legata alla fenologia delle specie che concentrano la fase di dispersione in questo periodo e in tarda estate.
*Cerastium ligusticum, Hieracium umbellatum, Aphanes arvensis, Trifolium campestre, Ornithopus compressus, Briza maxima, Silene gallica, Sagina apetala, Dasypirum villosum, Salvia multifida, Carex distachya* (figura 2) accumulano semi nel suolo fondamentalmente in primavera anche se alcune *(Cerastium ligusticum, Hieracium umbellatum, Aphanes arvensis, Trifolium campestre, Ornithopus compressus)* continuano a preservarne una certa quantità in tarda estate-autunno. Si può ipotizzare che esse formino una banca transitoria che si concentra in primavera inoltrata, un periodo in cui diverse specie rilevate in campo presentano la fase di fruttificazione e successiva dispersione.
*Anthemis arvensis, Hypochoeris radicata* e *Lophochloa pubescens* (figura 3) presentano una banca che si potrebbe classificare come persistente dal momento che, pur se la maggior parte dei semi germina dopo il periodo di massima dispersione, mantengono sempre una minima quantità di semi nel suolo. *A. arvensis* e *L. pubescens* presentano tra l' altro una riserva di semi nello strato 5-10 che, pur con delle fluttuazioni, si mantiene nel tempo.
L'ultimo gruppo di specie è costituito da *Calaminlha nepeta, Euphorbia terracina* e *Chenopodium spp* (figura 4) le quali, pur presentando delle fluttuazioni durante l' anno nel numero di semi contenuto nella banca, rispondono abbastanza bene alla descrizione che Thompson e Grime [7] fanno di quelle con banca permanente vera e propria.

Nella comunità in studio si distinguono specie a diversa strategia [6]. Si è potuto osservare che la maggior parte di quelle con banca transiente *(~. campestre, B. maxima, C. ligusticum, 1~ cherleri, L. ovatus, R bucephaloporus, D. villosum)* sono annuali a strategia r . Sono cioè specie con alti valori di sforzo riproduttivo e ad alta produzione di semi che quindi convogliano gran parte delle risorse energetiche nella parte epigea della pianta, concentrandole infine nei semi a cui è legato il futuro delle specie stesse. Tra queste c'é anche *L. pubescens* che però presenta una banca permanente. La maggior parte delle specie che formano banca dei semi permanente (C *nepeta, E. terracina, A. arvensis)* sono perenni (tranne A. *arvensis* che è annuale) a strategia K a riproduzione vegetativa e quindi legate ad uno spazio fisso. La produzione di semi può essere più o meno alta ma ciò dipende essenzialmente dalla specie. La relazione tra tipo di banca e tipo di strategia risulta in questo caso molto interessante perché viene a mancare la corrispondenza tra selezione r e banca permanente che è stata spesso osservata in ambienti disturbati [8].
La banca dei semi costituisce una struttura di accumulo che la specie può sfruttare qualora un evento di disturbo produca inaspettatamente aperture nella vegetazione, ambienti effimeri in cui solo i semi di quelle specie a pronta germinazione e poco specializzate (quelle a strategia r per l' appunto) possono germinare; svolge però anche funzione di "memoria genetica" delle specie attraverso l' accumulo di semi dormienti che potranno tornare utili quando eventi esterni sia prevedibili, come il ciclo stagionale, che imprevedibili come una discontinua distruzione della biomassa causata ad esempio dal pascolo, portino alla distruzione della parte epigea.
Il primo tipo di funzione è soprattutto svolto dalle banche dei semi transienti mentre quelle permanenti le espletano entrambe. Non c'é da stupirsi quindi che in un ambiente così disturbato come è l' area in studio

le specie a strategia r, che passano una certa fase del ciclo vitale in forma di seme, producano banche transienti riuscendo a germinare nelle aperture della vegetazione che si creano frequentemente mentre quelle a strategia K (tranne *L. pubescens* che è a selezione r), che si riproducono essenzialmente per via vegetativa producano banca dei semi permanenti come memoria genetica.

## BIBLIOGRAFIA

[1] BRAUN-BLANQUET, J., 1952, Les Groupemenst vegetaux de la France Mediterraneenne. Montpelier.

[2] HARPER, J.L., 1977, Population Biology of Plants. Academic Press, London.

[3] MAJOR, J., PYOTT, W., 1966, Buried viable seeds in two California bunchgrasses sites and their bearing on the definition of a flora; Vegetatio, 13, 253-282.

[4] MARANON, T., BARTOLOME, J. W., 1989, Seed and seedling population in two contrasted communities: open grassland and oak *(Quercus agrifolia)* understorey in California. Acta Oecol. / Oecol. plant., 10., 147-158.

[5] ANZALONE, B., LATTANZI, E., LUCCHESE, F., 1990, La flora della Tenuta di Castelporziano (Roma). "Giorn. Bot. Ital."

[6] NOVARINI, F., 1993-1994, Andamenti strutturali e funzionali di alcune specie caratteristiche di una prateria mediterranea. Tesi sperimentale in Ecologia, relatrice dott.sa DE LILLIS, M., dipartimento di Biologia Vegetale.

[7] THOMPSON, K, GRIME, J. P., 1979, Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. Journ. of Ecol., 67, 893-921.

[8] THOMPSON, K., 1992, The Functional Ecology of Seed Banks. In: Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities. Ed. by M. Fenner. p: 231-258. CAB International, Wellingford, UK

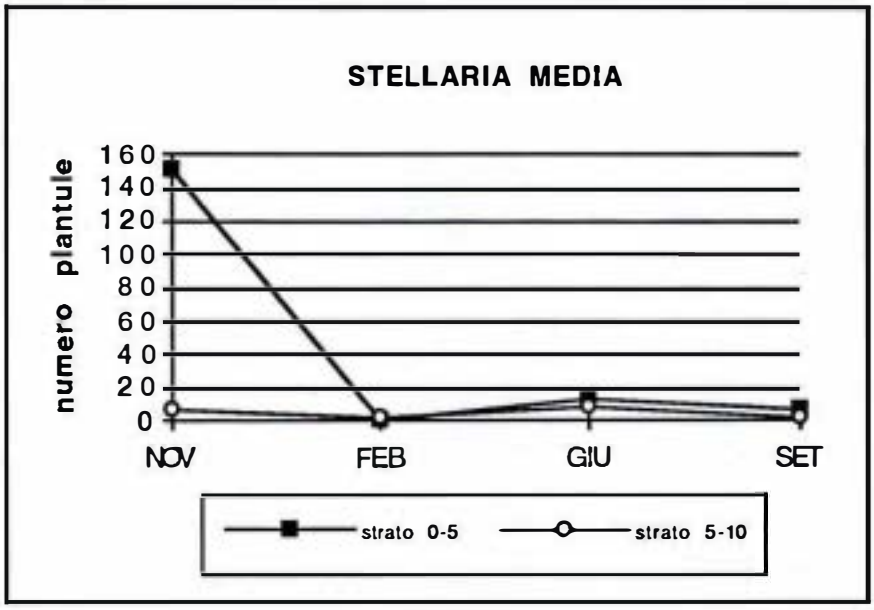

STELLARIA MEDIA
numero plantule
160
140
120
100
80
60
40
20
0
NOV
FEB
GIU
SET
strato 0-5
strato 5-10

Fig. 1

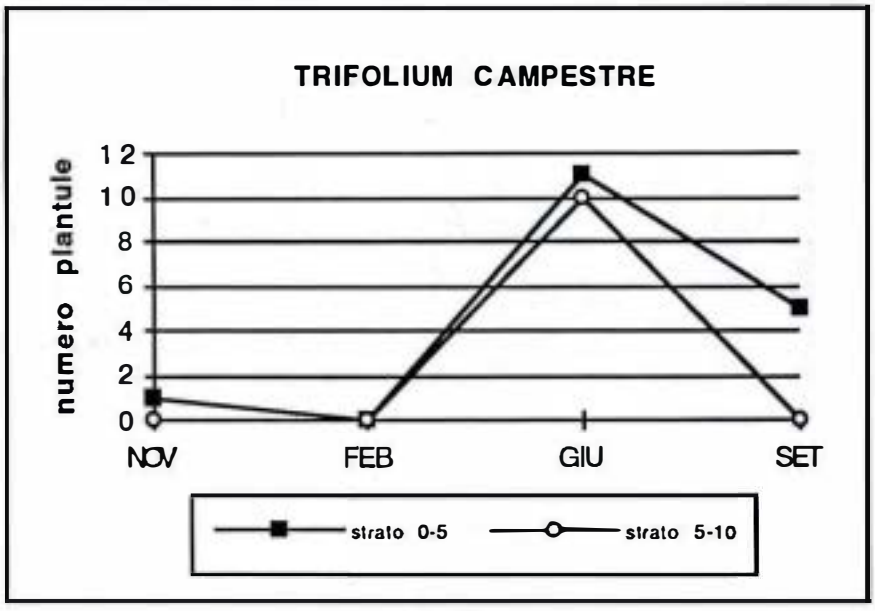

TRIFOLIUM CAMPESTRE
numero plantule
12
10
8
6
4
2
0
NOV
FEB
GIU
SET
strato 0-5
strato 5-10

Fig. 2

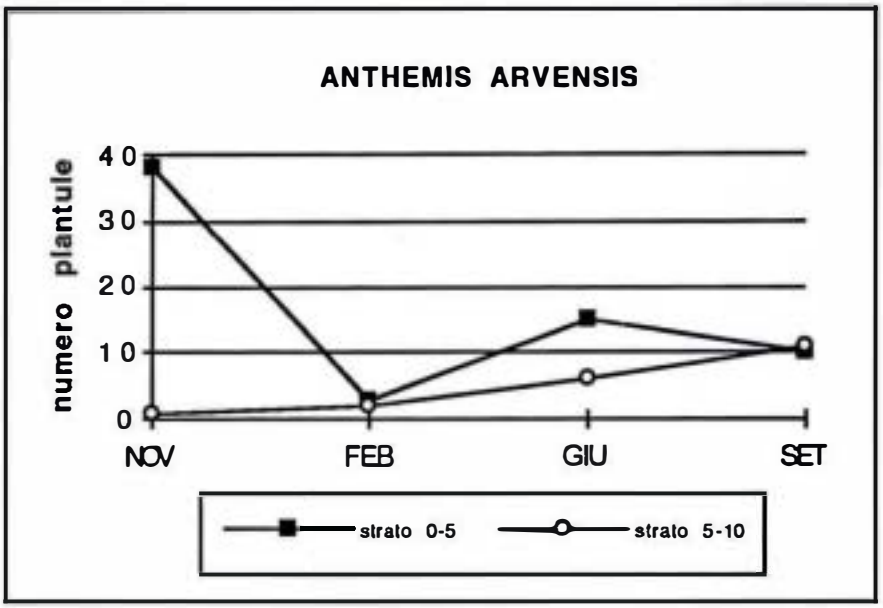

ANTHEMIS ARVENSIS
numero plantule
40
30
20
10
0
NOV
FEB
GIU
SET
strato 0-5
strato 5-10

Fig. 3

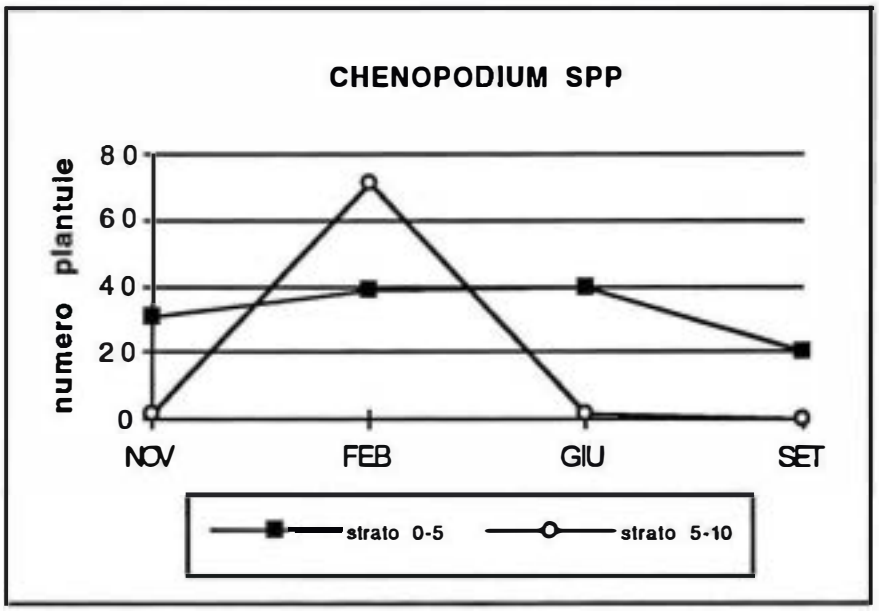

CHENOPODIUM SPP
numero plantule
80
60
40
20
0
NOV
FEB
GIU
SET
strato 0-5
strato 5-10

Fig. 4

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | VEGETAZIONE |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | LA CARTA DELLA BIOMASSA VEGETALE DI CASTELPORZIANO:ANALISI DELLA STRUTTURA DEL BOSCO SEMPREVERDE A *QUERCUS ILEX L* |
| *RESPONSABILE* | S. Pignatti |
| *UNITA' OPERATIVA* | Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale<br>CNR Roma - Istituto di Fisica dell'Atmosfera |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | S. Pignatti, L. Gratani, M.F. Crescente, A. Guerrini |

## INTRODUZIONE

La conoscenza delle caratteristiche strutturali e della potenzialità produttiva di un territorio è di fondamentale importanza per l'attuazione delle più idonee strategie di utilizzo dello stesso, nel pieno rispetto della tutela ambientale. La produttività primaria è infatti l'espressione finale di tutti i processi metabolici che si svolgono nelle piante e rappresenta quindi la risultante dell'influenza dei fattori esterni sul decorso dei processi stessi. La biomassa, definita dal peso secco del materiale vegetale per unità di superficie in un dato istante [1], è funzione del substrato geologico, delle condizioni edafiche e del clima; l'interazione fra il clima e la struttura dell'ecosistema determina il microclima; la struttura, definita dalla densità, altezza e diametro degli individui presenti e dal volume delle chiome, è descritta dal valore dell'indice di area fogliare (LAI).
In tale contesto, nell'ambito del Programma di Monitoraggio Ambientale, viene condotta un'indagine tendente alla caratterizzazione strutturale ed alla determinazione della biomassa delle formazioni vegetali naturali ed antropiche, presenti nella Tenuta di Castelporziano. La stima della biomassa vegetale viene effettuata utilizzando metodologie dirette ed indirette, in relazione al tipo di formazione vegetale considerato. Le ricerche consentiranno di esprimerne, dal punto di vista quantitativo e qualitativo, la capacità produttiva. I dati strutturali e di biomassa saranno utilizzati al termine della ricerca, per l'elaborazione della "Carta della Biomassa Vegetale della Tenuta di Castelporziano" che, descrivendo la distribuzione di classi quantitative nell'ambito del territorio, diviene uno strumento di definizione della capacità produttiva dello stesso. Tale carta permetterà inoltre di quantizzare la variazione di biomassa in seguito ad alterazioni antropiche o alla naturale tendenza evolutiva, evitando inutili interventi e favorendo il recupero di aree alterate.
In tale contesto viene presentata, come primo contributo, l'analisi della struttura del bosco sempreverde a Quercus ilex L., ampiamente rappresentato all'interno della Tenuta e di grande valore naturalistico.

## MATERIALI E METODI

Lo studio strutturale del bosco sempreverde a Quercus ilex L. è stato condotto all'interno della Tenuta presidenziale di Castelporziano [2], in un'area di 1238 mq situata in località Grotta di Piastra.
Il clima è di tipo mediterraneo. La piovosità totale media annua è di 767 mm, la temperatura media minima del mese più freddo (Gennaio) è di 3.4 °C e la media massima del mese più caldo (Agosto) è di circa 30 °C (media del periodo 1983-1993). La maggior parte delle precipitazioni è distribuita in autunno-inverno. La figura 1 mostra l'andamento medio mensile delle precipitazioni totali e della temperatura dell'aria, secondo Bagnouls e Gaussen [3], per il periodo 1983-1993, e la figura 2 il diagramma di stress secondo Mitrakos [(], per lo stesso periodo. Quest'ultimo mette in evidenza uno stress invernale da freddo

piuttosto modesto, ed uno stress estivo da aridità più accentuato nel mese di Luglio. Raramente, nel periodo analizzato, la temperatura minima è scesa al di sotto di 0 °C in inverno e la temperatura massima ha superato i 40 °C in estate.
L'analisi strutturale è stata condotta, nella primavera 1994, determinando l'altezza dello strato arboreo, di quello arbustivo superiore, di quello arbustivo inferiore e di quello erbaceo.
L'indice di area fogliare è stato determinato mediante il LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (Licor). Il LAI stimato con questo metodo, come con ogni altro metodo di intercettazione della luce, include tutti gli oggetti opachi come fusti, rami e tutti [5].

## RISULTATI E DISCUSSIONE

Il bosco sempreverde a Quercus ilex L., da un punto di vista strutturale (Tab.1), rappresenta una comunità complessa, caratterizzata da uno strato arboreo di altezza media di 15 m ed una densità di 1115 individui per ettaro.
Lo strato arbustivo superiore, costituito da Quercus ilex L., Phillyrea latifolia L. e Pistacia lentiscus L., mostra la presenza di arbusti di altezza media di 3,3 m; lo strato arbustivo inferiore è costituito da Quercus ilex L., Phillyrea latifolia L., Pistacia lentiscus L., Ruscus aculeatus L. e Asparagus acutifolius L. ed è alto in media 1,1 m.
Lo strato erbaceo è costituito da Cyclamen repandum Sibth e Sm., Carex caryophyllea Latourr., Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara et Grande, Brachypodium sylvaticum (Hudson) Beauv. ed Asperula laevigata L., è piuttosto scarso e mostra un'alteza di 16-20 cm.
La struttura del bosco, caratterizzata da un'elevata densità fogliare delle chiome, con foglie di notevole spessore e ridotta superficie [6], è ben rappresentata dal valore complessivo di LAI di 4.5 (Fig. 3). A tale valore contribuisce per il 61% lo strato arboreo, per il 30% lo strato arbustivo e per il 9% lo strato erbaceo. Tale struttura tende a minimizzare notevolmente la penetrazione della luce, riducendo del 60-70 % il valore dell'irradianza totale che si rileva a livello dello strato superiore delle chiome [6]. Il microclima incide quindi sulla produzione di biomassa, limitando anche la riproduzione per seme delle specie del sottobosco [7].
Si comprende quindi come la struttura delle chiome giochi un ruolo fondamentale sui meccanismi di intercettazione della radiazione, sui processi evapotraspirativi, sul bilancio del carbonio e quindi sulla capacità produttiva dell'ecosistema. La definizione dello stato dell'ecosistema forestale e della sua produttività non può quindi prescindere da un'accurata analisi strutturale, ed il LAI può essere considerato un indice di produttività, in quanto il suo valore ottimale corrisponde al massimo di produzione di una specie.
Variazioni dell'indice di area fogliare possono essere un'utile indicazione per comprendere eventuali alterazioni dell'ecosistema forestale.

## BIBLIOGRFIA

[1] FLORET C., LE FLOCH E., 1983, Phytomasse et produclion végétale en Tunisie présaharienne Acta Oecol/Oecol. PlanL, 4 (18) 2, 133-152.

[2] GRATANI L., MARINUCCI C., 1985, Castelporziano. Ed. COOPSIT.

[3] BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953, Saison seche et indice xerothermique. Doc. Cart Prod Vég. Sér. Gén., 8, 1 17.

[4] MITRAKOS K, 1982, A theory for Mediterranean plant life. Acta Oecol/Oecol. Plant., 1 (15) n°3, 245 252.

[5] WELLES J.M., NORMAN J.M., 1991, Instruments for indirect measurement of canopy architecture. Agron. J., 83, 818-825.

[6] GRATANI L., 1993, Response to microclimate of morphological leaf attributes, photosynthetic and water relations of evergreen sclerophyllous shrub species. Photosynthetica, 29 (4), 573-582.

[7] GRATANI L., CRESCENTE M.F., 1993, Phenological and phenometric studies in a Querals ilex L. evergreen forest (Latium). Ann Bot., Roma, LI: 193-201

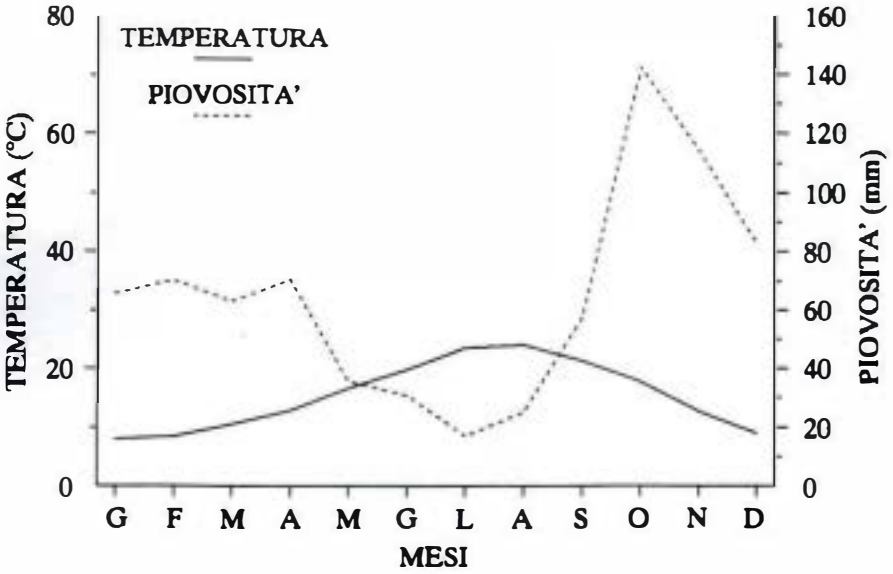



Fig. 1 Diagramma climatico secondo Bagnouls e Gaussen (1993), media del periodo 1983-1993

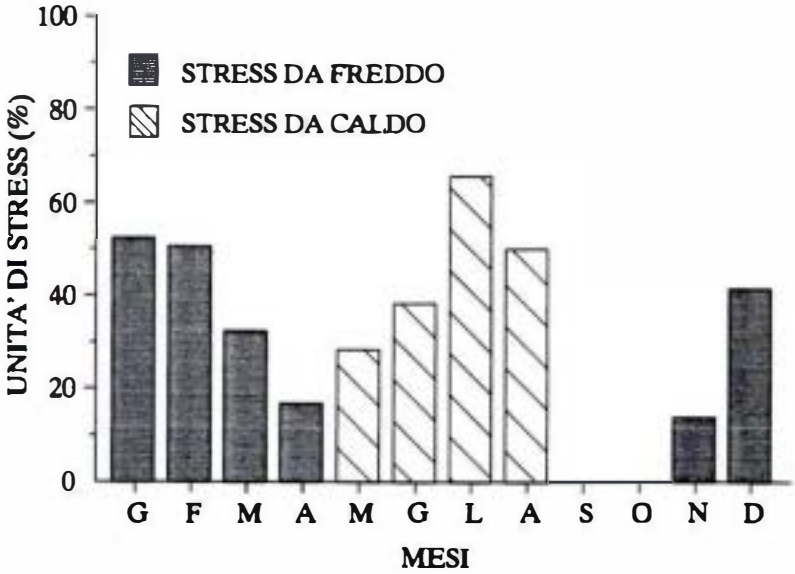



Fig. 2 Diagramma di stress secondo Mitrakos (1982), media del periodo 1983-1993

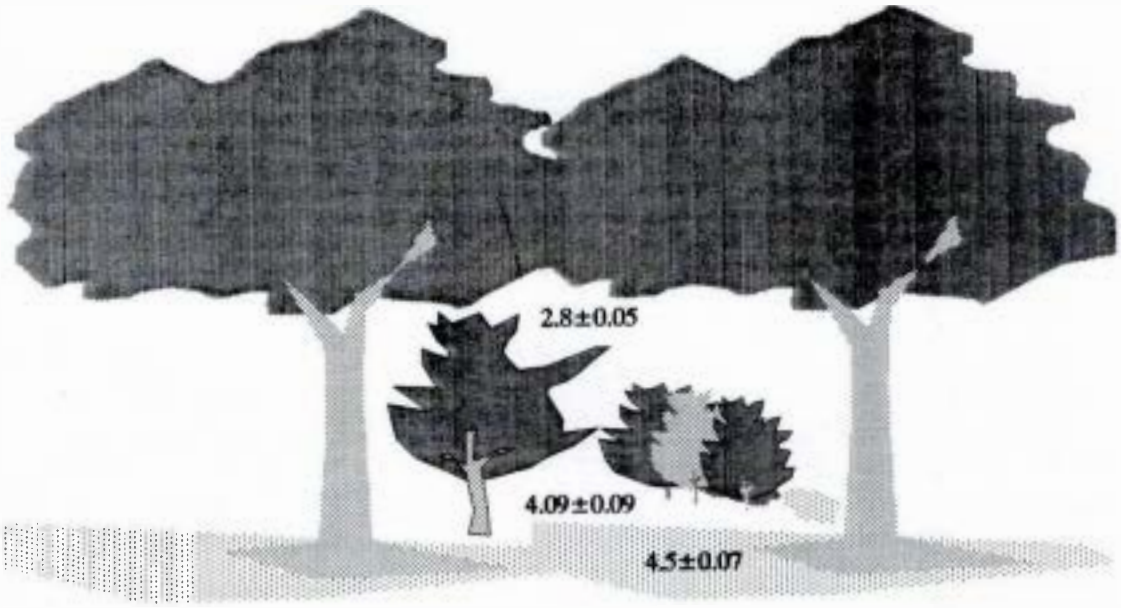



Fig. 3 Valori di LAI rilevati rispettivamente a livello dello strato arboreo, dello strato arbustivo e dello strato erbaceo. Il valore rilevato a livello di ciascunno strato rappresenta la somma dei valori degli strati sovrastanti.

| BOSCO SEMPREVERDE A QUERCUS ILEX L. | ALTEZZA (m) |
|---|---|
| STRATO ARBOREO | 14-16 |
| STRATO ARBUSTIVO SUPERIORE | 2.5-4 |
| STRATO ARBUSTIVO INFERIORE | 0.5-1.7 |
| STRATO ERBACEO | 0.16-0.2 |

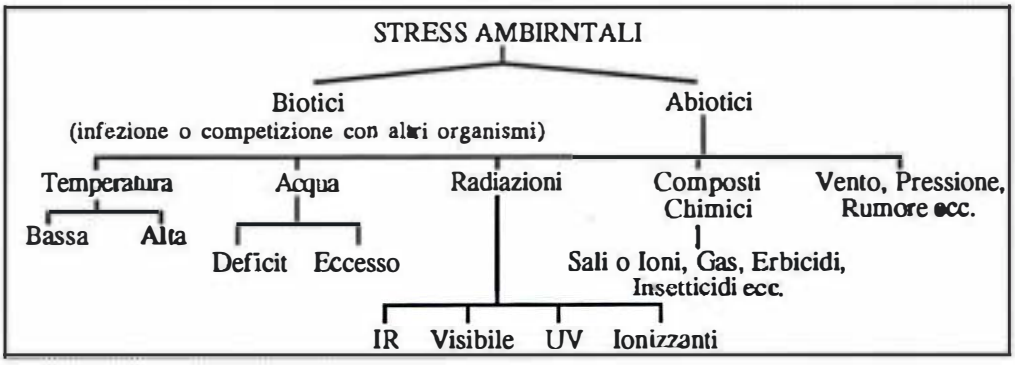
Tab. 1 Altezza degli strati del bosco sempreverde a *Quercus ilex*.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | VEGETAZIONE |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | STUDIO IN *QUERCUS ILEX L.* DELLA RISPOSTA A DIFFERENTI TIPI DI "STRESS" IN CONDIZIONI NATURALI (TENUTA PRESIDENZIALE DI CATELPORZIANO) E IN CONDIZIONI DI SIMULAZIONE IN LABORATORIO |
| *RESPONSABILE* | S. Pignatti |
| *UNITA' OPERATIVA* | Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | S. Pignatti, F. Manes, E. Donato, M. Vitale |

## INTRODUZIONE

Per valutare la risposta delle piante a particolari condizioni che possono manifestarsi nell'ambiente in cui vivono, risulta di grande utilità l'impiego del concetto di "stress" [1]. In base alla definizione di Levitt [2] possiamo utilizzare il termine "stress" per ogni fattore ambientale in grado di indurre un cambiamento fisico o chimico negli organismi viventi, mentre con resistenza allo "stress" si descrive l'abilità degli organismi a sopravvivere e crescere in presenza del fattore sfavorevole. Infatti, gli organismi viventi hanno la potenzialità di adattarsi ad uno "stress" diminuendo o prevenendo uno "strain", cioè una alterazione delle loro normali funzioni. L'adattamento può essere stabile, quando risulta come processo evolutivo nel corso di numerose generazioni o transitorio, dipendendo, in quest'ultimo caso, dallo stadio di sviluppo della „pianta o dai fattori ambientali a cui essa è stata esposta. La resistenza delle piante allo stress è una conseguenza di due possibili meccanismi, che Levitt [3] definisce come "esclusione dello stress" e "tolleranza a allo stress". Nel primo caso, la pianta è in grado di impedire o ridurre l'interazione del fattore di "stress" con i propri tessuti; nel secondo caso, la pianta è in grado di resistere allo "stress" attraverso la prevenzione, la diminuzione o la riparazione delle alterazioni indotte da tale fattore.
Gli "stress" ambientali possono essere classificati in due tipi principali: biotici ed abiotici (fig.1). Fra gli stress abiotici a cui le piante possono essere esposte, alcuni sono di crescente interesse in relazione al continuo impatto antropico sull'ambiente naturale.

Fig. 1 [1, 2]



Taylor [4] ha applicato utilmente la terminologia di Levitt allo" stress" causato dall'inquinamento atmosferico. Quest'ultimo è definito come l'esistenza nell'atmosfera di una dose di inquinante tale da indurre danni attraverso un cambiamento fisico o chimico nella pianta. Se l'inquinante è escluso dalla foglia si ha un meccanismo di esclusione; ciò si verifica se, ad esempio, la penetrazione dell'inquinante è inibita da una elevata resistenza stomatica [5]. Se l'inquinante penetra all'interno della foglia, la risposta della pianta dipenderà dalla concentrazione raggiunta nel mesofillo e dalla soglia biochimica di tolleranza ad esso o ai suoi derivati tossici [6]. Vari inquinanti possono indurre un cambiamento elastico reversibile (danno biochimico e fisiologico) che però, se lo "stress" persiste, può determinare un cambiamento plastico irreversibile (danno acuto o cronico).
Obiettivo del programma di ricerca in cui rientra il presente studio è quello valutare, in particolare durante il periodo di stress idrico dovuto alla aridità estiva (Fig.2a), l'andamento di alcuni parametri biochimico-fisiologici nelle principali specie arboree; verificare inoltre potenziali azioni sinergiche tra stress naturali e quelli dovuti ad inquinanti atmosferici come l'ozono, agente fitotossico di rilievo nell'area mediterranea [7,8].

## MATERIALI E METODI

Lo studio condotto nel primo anno riguarda in particolare *Quercus ilex* L. specie che contribuisce in maggior misura a costituire le fisionomie arboree sempreverdi naturali della Tenuta.
Le ricerche sono state effettuate sia in campo, considerando anche le plantule presenti all'interno di aree permanenti opportunamente predisposte, sia in laboratorio per simulare le condizioni di stress in apposite camere climatiche. I parametri esaminati sono i seguenti:

- Misure ai scambio gassoso: fotosintesi netta (LI-COR 6200, LI-COR; CIRAS-L, PPSystem), fotosintesi massima potenziale (Ossigrafo, HANSATEC). Tali misure sono state condotte in foglie poste a differenti altezze dal suolo negli individui arborei e su plantule di leccio all'interno di aree permanenti.
- Potenziale idrico fogliare (Camera a pressione, PMS): è stato determinato sia per foglie di sole che per foglie di ombra e nelle chiome a differenti altezze dal suolo.
- Fluorescenza fogliare (PEA, HANSATECH).
- Trattamenti con ozono: sono stati condotti in camere di crescita (LABCO Mod. CT 15), mediante un flusso controllato di ossigeno ad una lampada UV (HELIOS Italquarz, Milano); le concentrazioni sono state monitorate mediante analizzatore di ozono (DASIBI Mod. 1008-RS, Milano).

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Indagini di campo

*Misurze di scambio gassoso*

Le misure di assimilazione netta, effettuate su individui arborei di Quercus ilex nei mesi estivi ed in siti diversi, sono state condotte utilizzando le strutture già disponibili in Tenuta che hanno consentito di valutare la risposta in foglie poste a diverse altezze nella chioma In generale, le foglie esposte al sole, nei mesi estivi caratterizzati dal periodo di aridità (Fig 2a), mostrano un andamento fotosintetico giornaliero che presenta una più o meno marcata depressione nelle ore centrali della giornata (Fig. 2b). In particolare, misure di fotosintesi netta condotte nel mese di Giugno 1993 su foglie di sole poste nella parte alta della chioma hanno mostrato una depressione di mezogiomo passando da 6 umol$CO_2$/$m^2$s alle ore 6:30 a circa 3 umol$CO_2$/$m^2$s alle ore 10:00 (Fig. 2c). Anche il potenziale idrico fogliare mostrava valori piuttosto bassi (-1.7 MPa) dalle ore 8:00 del mattino (Fig. 2d). Lo stesso andamento si osservava nelle foglie della parte mediana della chioma, ma sfalsato nel tempo in relazione alle variazioni dei parametri ambientali ed

all'ombreggiamento operato dalla parte soprastante della chioma. Molto interessante è risultato l'andamento fotosintetico misurato per le foglie poste nella parte bassa della chioma (Fig.2e), per le quali si sono rilevati valori di fotosintesi netta costanti nel corso del giorno pari a 4 umol$CO_2$/$m^2$s [9].

Il diverso comportamento dell'attività fotosintetica netta misurata a differenti altezze nella chioma rende evidente la plasticità fisiologica che l'organo fogliare del leccio presenta nell'adattarsi alle locali condizioni ambientali. Al fine di evidenziare ulteriormente l'importanza dei parametri microclimatici sul processo fotosintetico sono state effettuate misure di fotosintesi netta su individui arborei di leccio posti in prossimità della linea di costa e su individui posti più all'interno della Tenuta. Si è potuto così osservare che l'attività fotosintetica risultava, in, condizioni di saturazione luminosa, fortemente influenzata da valori di umidità relativa e in minor misura da quelli della temperatura (Tab.2).

Tab. 1 Valori di fotosintesi netta misurati in *Quercus ilex* in due differenti ore del giorno e in due località, Santo Quercio e Grotta di Piastra, poste all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano e a diversa distanza dalla costa (6 Km e 0.6 Km). Parallelamente si sono misurati i parametriambientali quali l'umidità relativa e la temperatura dell'aria.

| | Santo Quercio | | Grotta di Piastra | |
|---|---|---|---|---|
| | ore 8:00 | ore 10:00 | ore 8:00 | ore 10:00 |
| Fotosintesi (umol$CO_2$/$m^2$s) | 4.5 | n.r. | 3.6 | 4.4 |
| Umidità relativa (%) | 48 | 35 | 56 | 45 |
| Temperatura (°C) | 28 | 32 | 27 | 31 |

Sono state condotte misure di attività fotosintetica netta anche su plantule di *Quercus ilex* all'interno di apposite aree permanenti. I valori di fotosintesi fino ad oggi ottenuti sono risultati piuttosto disomogenei a causa dell'estrema variabilità dell'intensità luminosa al di sotto della copertura arborea ed al periodo stagionale considerato, ottenendo per valori di PhAR di 30-40 uE/$m^2$s un'assimilazione netta di 3-4 umol$CO_2$/$m^2$s.

Studi relativi alla curva di risposta alla luce [10] sia su foglie di ombra che di sole campionate a diverse altezze e a diverse ore del giorno hanno consentito di determinare il punto di compensazione e quello di saturazione luminosa che sono rispettivamente pari a circa 30 uE/$m^2$s e 600 uE/$m^2$s. L'assimilazione massima potenziale per le foglie d'ombra è risultata pari a 14 umol$CO_2$/$m^2$s, mentre per le foglie di sole si sono ottenuti valori pari a 18 umol$CO_2$/$m^2$s.

## Indagini di laboratorio

*Trattamento con ozono su piante di Quercus ilex* L.

Su piantine di leccio è stata condotta una serie di esperimenti di fumigazione con ozono in camere di crescita in condizioni controllate. Prima, durante e dopo le fumigazioni è stata misurata l'attività fotosintetica netta, la traspirazione fogliare, la conduttanza stomatica, la fluorescenza fogliare ed inoltre il contenuto dei pigmenti fogliari e l'attività delle perossidasi.

La serie di esperimenti comprendeva fumigazioni con ozono a concentrazioni differenti (80-180-280 ppb). I dati dimostrano che nelle piante trattate con le concentrazioni più elevate di ozono l'attività fotosintetica

risultava più bassa rispetto al controllo del 25% (Fig.2f). Un andamento analogo si è osservato per i dati di fluorescenza fogliare che hanno mostrato una diminuzione del rapporto dato dalla fluorescenza variabile sulla fluorescenza massima di circa il 30% nella piante trattate rispetto a quelle di controllo. Le concentrazioni dei pigmenti fogliari nelle piante trattate non presentano rilevanti variazioni rispetto a quelle di controllo.

## CONCLUSIONI

Le indagini di campo fino ad oggi condotte hanno evidenziato nel leccio un notevole grado di plasticità fisiologica dovuto principalmente agli adattamenti morfo-anatomici delle foglie che presentano un elevato grado di sclerofillia. Tale specie riesce quindi a superare gli "stress" climatici naturali ed in particolare quello idrico dovuto alla aridità estiva che si protrae per circa due mesi nel territorio della Tenuta (Fig.2a). La capacità di rispondere, inoltre, alle variazioni microclimatiche consente alla specie di modellare i processi funzionali in relazione alle condizioni specifiche del sito in cui è insediata. Il trattamento con ozono ha mostrato una ridotta sensibilità della specie a tale inquinante atmosferico che in ambiente naturale, può raggiungere concentrazioni elevate nel periodo estivo, con potenziali eventi sinergici di stress. Ulteriori ricerche sono in corso per confrontare la risposta di tale specie sempreverde con quella del cerro e del farnetto che rivestono un ruolo importante nella costituzione del bosco caducifoglio della Tenuta.

## BIBLOGRAFIA

[1] HUNT, R., NICHOLLS, A.O., 1986, Stress and the coarse control of growth and root-shoot partitiong in plants. Oikos, 47, 149-158.

[2] LEVITT, J., 1972, Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York.

[3] LEVIIT, J., 1980, Responses of plants to environmental stresses. Vol. I. Chilling, Freezing and High Temperature Stresses; Vol. II Water, Radiation, Salt and Other Stresses, 2nd ed. Academic Press New York.

[4] TAYLOR, G.E., 1978, Plant and leaf resistance to gaseous air pollution stress. New Phytologist, 80, 523-534.

[5] MALHOTRA, S.S., KHAN, A.A., 1984, Biochemical and physialogical impact of major pollutants. In: Air pollutants and plant life. Treshow M (ed.), J. Wlley and sons. New York

[6] MALHOTRA, S.S., HOCKING, D., 1976, Biochemical and cytological effects of sulphur dioxide on plant metabolism. New Phytologist, 76, 227.

[7] MANES, F., ALTIERI, A., TRIPODO, P., BOOTH, C. E., UNSWORTH, M.H., 1990, Bioindication study of effects of ambient ozone on tobacco and radish plants using a protectant chemical (EDU). Ann.Bot. (Roma), 48, 133-149.

[8] ALLEGRINI, I., CORTIELLO, M., MANES, F., TRIPODO, P., 1992, Inquinamento fotochimico dell'area metropolitana di Roma. In: SEP Pollution. Giornate di Studio Europee per l'Ambiente, Inquinamento atmosferico, Padova 29 marzo - 2 aprile 1992, 437-452.

[9] MANES, F., VITOLE, M, 1994, Studi ecofisiologici nell'ambito del programma BEMA (Biogenic Emissions in the Mediterranean Area). Workshop "Emissioni naturali, scambi di gas e interazioni chimico-fisiche in ecosistemi terrestri della Regione Mediterranea. Napoli 24-25 Febbraio 1994. Gruppo "Atmosfera, Clima e Biosfera" - Società Botanica Italiana. pp 33-34.

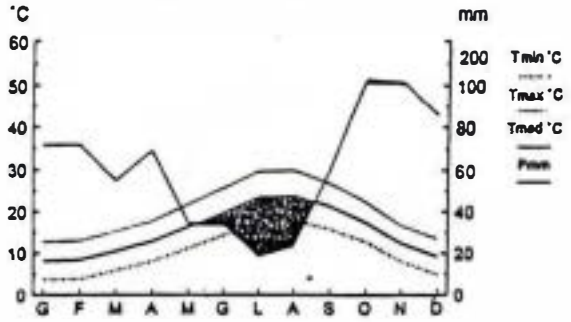
[10] MANES, F., DE GREGORIO, C., GRIGNETTI, A., SILLI, V., TRIPODO, P., VITALE M., 1994, Report on the preliminary BEMA measuring campaign at Castelporziano, Rome (Italy). Joint Research Centre Environment Institute; European Commission, EUR 15955 EN.

**Fig. 2**

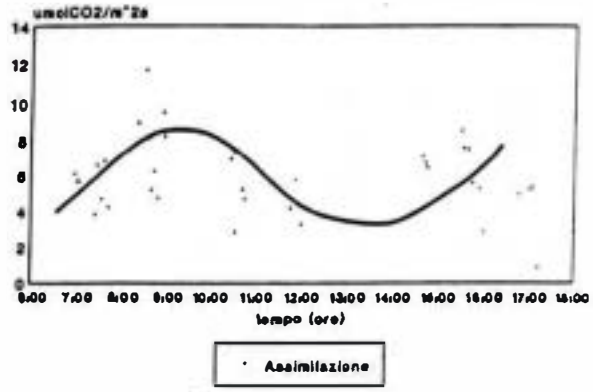
a) DIAGRAMMA DI BAGNOULS-GAUSSEN

TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

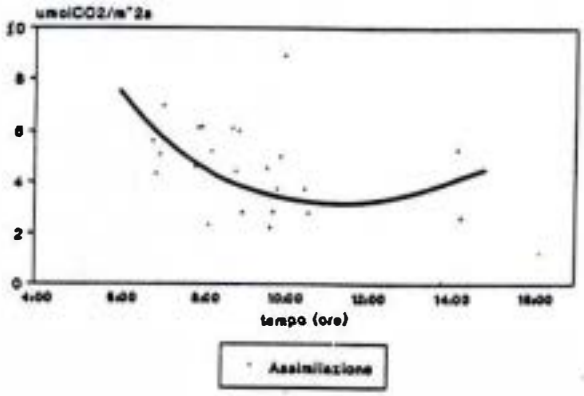
periodo 1981-1992



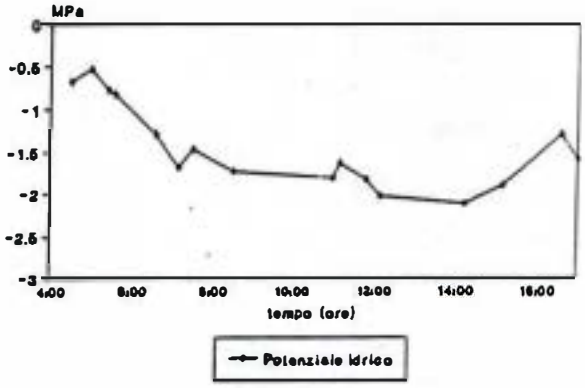

Trend giornaliero della fotosintesi in *Quercus ilex* L. b)



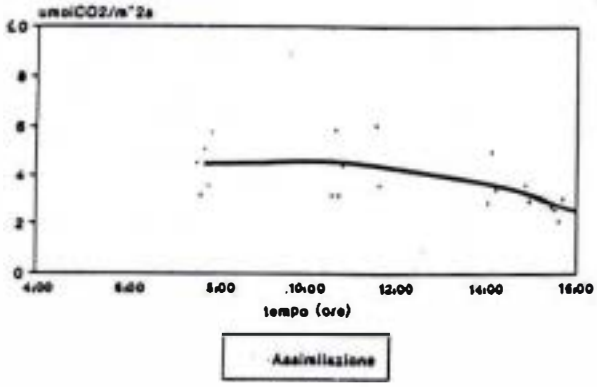

c) Santo Querciо Giugno
*Quercus ilex* L.



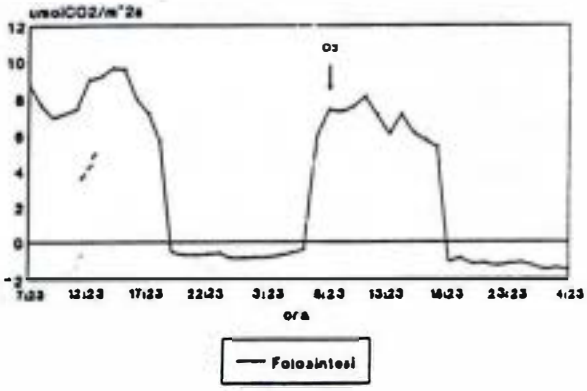

Santo Querciо Giugno d)




e) Santo Querciо Giugno
*Quercus ilex* L.




Fotosintesi netta Q.Ilex
10-12/04/1995 f)



| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | VEGETAZIONE |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | MONITORAGGIO DELL'ASSORBIMENTO DI CARBONIO DI UN ECOSISTEMA MEDITERRANEO (FORESTA MISTA DI *PINUS PINEA L.* E *QUERCUS ILEX L.* |
| *RESPONSABILE* | Prof. E. Giordano |
| *UNITA' OPERATIVA* | Univ. della Tuscia Viterbo - Dip. Scienze Ambiente Forestale e sue Risorse<br>Tenuta di Castelporziano - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | E. Giordano, G. Scarascia Mugnozza, S. Greco, R. Valentini |

## INTRODUZIONE

A causa del progressivo aumento della concentrazione di anidride carbonica e delle incognite relative ai mutamenti climatici ad esso associati, le interazioni tra copertura forestale ed atmosfera sono diventate un rilevante argomento di licerca nell'ambito della comunità scientifica internazionale (Schneider 1989). Le foreste costituiscono un importante sito di stoccaggio del carbonio, in quanto contribuiscono da sole a circa il 42% della produzione primaria globale (Lieth and Whittaker 1975).

Soltanto la metà circa del carbonio rilasciato nell'atmosfera attraverso la combustione dei combustibili fossili e la deforestazione tropicale (circa 5 Gigatons) rimane attualmente nell'atmosfera (Kombyr et al. 1985). Fino a poco tempo fa si ipotizzava che l'eccesso di carbonio atmosferico fosse quasi interamente assorbito dagli oceani (Rosswall et al. 1988), tuttavia recenti studi attribuiscono un peso rilevante alle foreste temperate delle zone boreali, le quali, grazie alla loro produttività primaria netta positiva, sono in grado di controllare il tasso di aumento della C02 atmosferica (Tans et al. 1990).

Sebbene siano oggi assai diffuse tecniche di misura della fotosintesi su singole foglie o porzioni di ramo per mezzo di cuvette climatizzate, questi metodi hanno delle intrinseche limitazioni. Prima fra tutte la difficoltà di estendere questo tipo di misure a tutta la copertura vegetale se non attraverso modelli ecofisiologici di produzione primaria che hanno comunque bisogno di una attenta calibrazione. In un secondo luogo le cuvette alterano il microclima attorno alla foglia e possono generare enori non trascurabili.

Con l'avvento di nuove metodologie nel settore della micrometeorologia e nella tecnologia degli analizzatori a risposta veloce di C02 e H20 è oggi possibile, con la tecnica della correlazione turbolenta - "eddy correlation"- (EC) (Baldocchi et al. 1988) avere a disposizione una misura integrata, senza perturbazioni, del flusso di anidride carbonica e vapore acqueo tra coperture forestali ed atmosfera

La ricerca ha avuto come obiettivo lo studio dei flussi di anidride carbonica e vapore acqueo su una comunità forestale dell'ambiente mediterraneo e si è articolata nelle seguenti fasi:

1. Individuazione dei parametri necessari all'applicazione della tecnica EC (Superficie minima di omogeneità spaziale. Altezza dei sensori al di sopra della copertura. Tempo di integrazione ecc.) attraverso analisi teoriche e prove sperimentali.
2. Osservazioni preliminari sugli scambi netti di anidride carbonica e vapore acqueo di una foresta mista di Pinus pinea e Quercus ilex della tenuta presidenziale di Castelporziano.

I risultati di queste osservazioni preliminari serviranno a sviluppare nel futuro un programma di monitoraggio continuo per tutto l'arco della stagione vegetativa degli scambi netti di carbonio di formazioni mediterranee al fine di .

- analizzare il potenziale assorbimento di anidride carbonica da parte degli ecosistemi, nel quadro delle problematiche attuali dell'effetto serra e del ruolo degli ecosistemi terrestri nel bilancio globale del carbonio.
- ricavare relazioni funzionali a livello di comunità riguardanti la risposta di importanti funzioni ecofisiologiche come fotosintesi e traspirazione in rappolto ai fattori ambientali.
- sviluppare modelli di risposta del ciclo dell'acqua e del carbonio di ecosistemi mediterranei in rapporti ai cambiamenti climatici globali.

## DESCRIZIONE DELLA TECNICA EDDY COVARIANCE

Le misure di *eddy covariance* degli scambi netti di biossido di carbonio e vapore acqueo della vegetazione permettono di determinare a livello di ecosistema il bilancio del carbonio ed i consumi idrici (Wofsy et al. 1993, Valentini et al. 1995).

Questa tecnica micrometeorologica permette infatti di superare le tradizionali metodologie di sperimentazione diretta in campo che spesso operano con campionamenti distruttivi dall'elevato impatto sulla vegetazione e sull'ambiente naturale circostante e con l'impossibilita' spesso oggettiva di campionamenti senza interruzioni.

Secondo tale metodologia il flusso di un componente gassoso in atmosfera è pari al prodotto (covarianza) delle fluttuazioni istantanee dal valore medio rispettivamente della componente verticale della velocità del vento (w'), della concentrazione del gas in esame (c'), ad es. C02, e della densità dell'aria secca (ρa), integrato in un intervallo temporale definito ad hoc:

$$Fc = \rho a \overline{w'c'}$$

La barra indica il valor medio, che di solito corrisponde a 30 min di campionamento.

Il flusso così determinato deve poi essere corretto a causa delle fluttuazioni della densità dell'aria associate con i flussi di vapore acqueo e calore sensibile, secondo Webb et al. (1980).

La strumentazione idonea per l'applicazione della tecnica necessita di analizzatori di C02 e vapore acqueo a risposta veloce ed anemometri sonici tridimensionali per la scomposizione vettoriale della velocità del vento ed il calcolo della componente verticale.

In fig. 1 è presentato lo schema della strumentazione impiegata nel presente studio. Il sistema è costituito da un analizzatore di C02 - H20 a risposta veloce, una pompa per l'aspirazione dell'aria (flusso 8 l min-1), un anemometro sonico tridimensionale ed un personal computer per l'acquisizione dei dati.

## DESCRIZIONE DELL'AREA SPERIMENTALE

Il sito sperimentale è costituito da una foresta mista di P. *pinea* e Q. *ilex* nella tenuta di Castelporziano, situata ad una quota di 85 m. s. l. m. L'altezza degli alberi è di circa 8 10 m. con circa il 70% di copertura. Il sottobosco è costituito da *Erica, Rubus, Cytisus, Pistacia, Phyillirea* e *Myrtus* spp. su suolo sabbioso e profondo.

L'anemometro sonico è stato posto su di un traliccio ad una altezza pari a 15 m dal suolo, quindi ad una distanza di circa 5 m. dalla copertura.

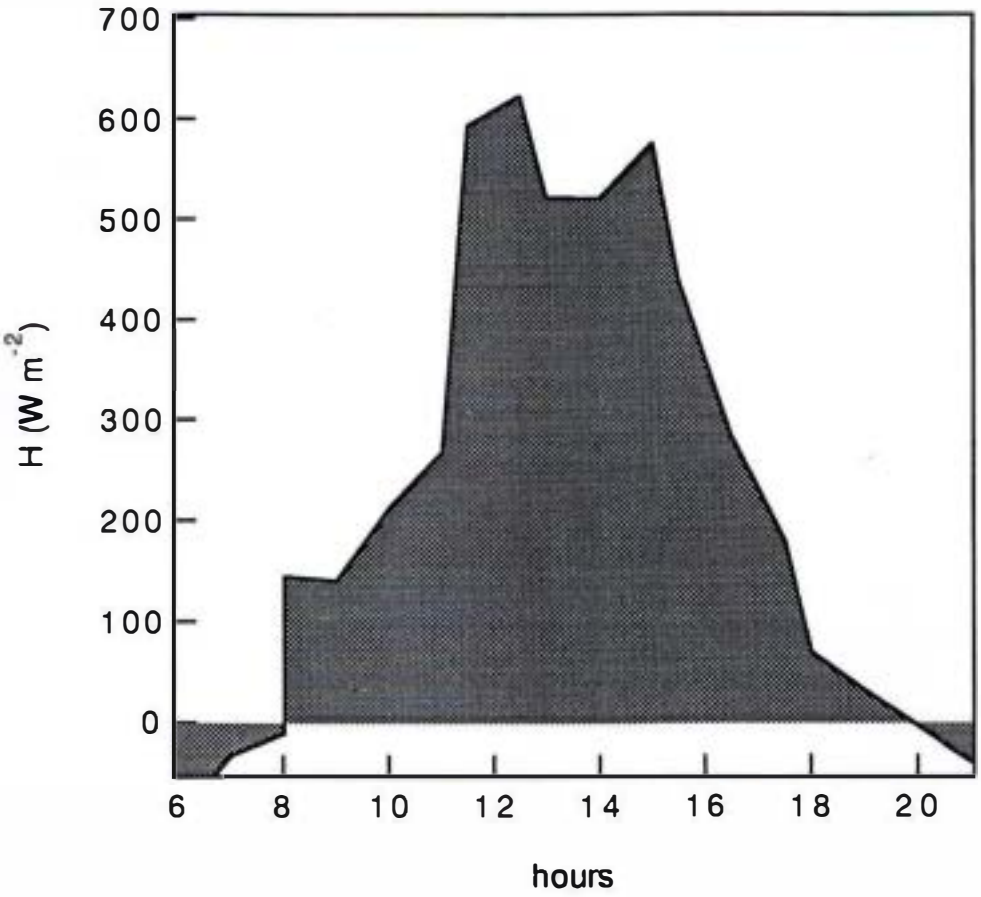



Fig. 2 Flusso di calore sensibile (04.08.1994) della foresta mista di pino e leccio

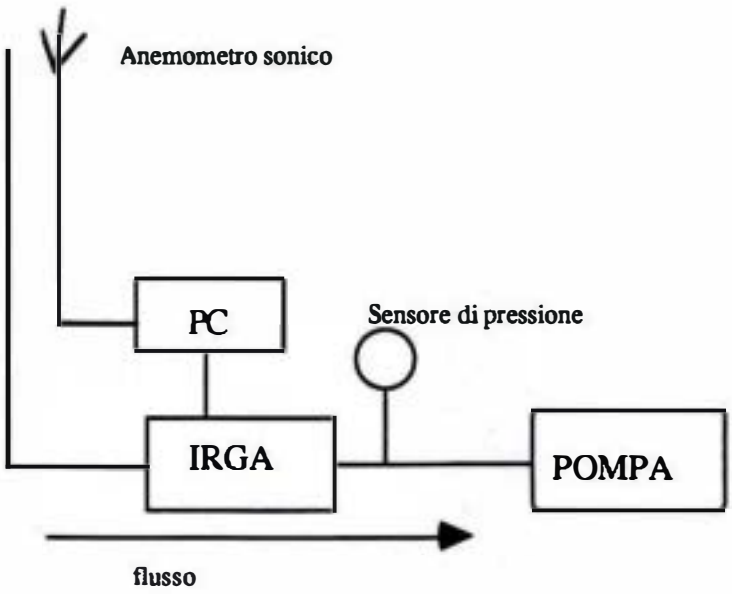



**Fig. 1 Schema della strumentazione per la misura degli scambi gassosi**

## BIBLIOGRAFIA

[1] SCHNEIDER, S., 1989, The greenhouse effect: science and policy, Science, 243, 771-781.

[2] LIETH, H., WHITTAKER, R. H., 1975, "Primary productivity of the Biosphere." Springer Verlag, Berlin.

[3] KOMHYR, W. D., GAMMON, R. H., HARRISS, T. B., WATERMAN, L. S., CONWAY, T. J., TAYLOR, R. H., THONING, K. W. ,1985, Global atmospheric $CO_2$ distributions and variations in the NOAA/GMCC $CO_2$ flask-sample data, Journal of Geophvsical Research, 90, 5567-5596.

[4] ROSSWALL, T., WOODMANSEE, R. G., RISSER, P. G. (eds), 1988, "Scales and Global Change." John Wiley and Sons,New York.

[5] TANS, P. P., FUNG, I. Y., TAKAHASHI, T., 1990, Observational constraints on the global $CO_2$ budget, Science, 247, 1431-1438.

[6] BALDOCCHI, D. D., HICKS, B. B., MEYERS, T. P., 1988, Measuring biosphere atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods, Ecology, 69, 1331 - 1340.

[7] WOFSY, S.C., GOULDEN, M.L., MUNGER, J.W., FAN, S.M., BAKWIN, P.S.,DAUBE, B.G., BASSOW, S.L., BAZZAZ, F.A., 1993, Net exchange of $CO_2$ in a mid-latitude temperate forest, Science, 260, 1314 - 1317.

[8] VALENTINI, R., GAMON, J. A., FIELD, C. B., 1995, Ecosystem gas exchange in a California Serpentine Grassland: Seasonal Patterns and Implications for Scaling, Ecology (in press).

[9] WEBB, E. K., PEARMAN, G. I., LEUNING, R., 1980, Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapor transfer, Ouart. J. Roy. Met. Soc, 106, 85-100.

A circa 10 cm di distanza dall'anemometro sonico veniva prelevata l'aria con un tubo di teflon e portata all'analizzatore alla base del traliccio, dove si trovava anche la pompa di aspirazione.

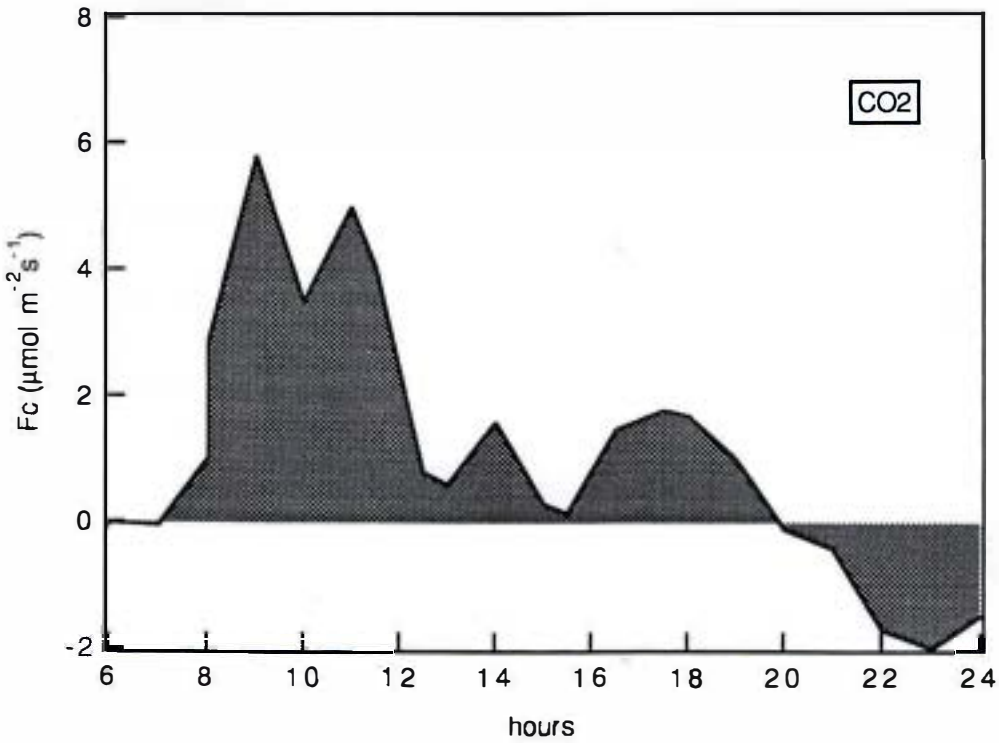
## RISULTATI E DISCUSSIONE

In fig. 2 è presentato l'andamento del flusso di calore sensibile, misurato con la tecnica eddy covariance, per il giorno 04.08.1994. Tale grandezza rappresenta l'energia dissipata sotto forma di calore da parte della copertura vegetale. Si può notare come il massimo della dissipazione di energia si abbia a metà giornata, in corrispondenza del massimo irraggiamento, raggiungendo il valore di 500 W m-2. Tale valore risulta essere piuttosto elevato, in quanto rappresenta circa l '80% dell'energia assorbita dall'ecosistema. Ciò sta a testimoniare la notevole efficienza di tale comunità nel dissipare energia quando le condizioni ambientali generano condizioni di stress nelle piante. Tale comportamento è confermato nella fig. 3, parte b, dove è presentato il flusso di energia rappresentato dalla traspirazione. I valori di energia associati al processo di traspirazione (assorbimento di calore latente di evaporazione) sono piuttosto ridotti a causa di un significativo stress idrico che determina una sensibile riduzione dell'apertura stomatica e quindi della traspirazione.

In fig. 3 parte a, invece è riportato l'andamento degli scambi di anidride carbonica della comunità in esame. Si può notare come il flusso netto di carbonio abbia un'andamento alterno, in cui si evidenzia assorbimento durante il giorno (parte positiva) ed emissione durante la notte (parte negativa). L'assorbimento avviene per effetto della fotosintesi che durante il giorno eccede la respirazione e determina quindi un accumulo di carbonio nell'ecosistema, mentre di notte la fotosintesi cessa e rimangono solo le perdite di carbonio per respirazione. Da questo esempio risulta anche come anche in condizioni di stress, ovvero con valori bassi dell'assimilazione del carbonio (circa 6 umol m-2 s-1), il bilancio del carbonio nell'arco di una giornata sia ancora positivo, ovverro si registra un accumulo di carbonio nell'ecosistema.

Questo comportamento se confermato nell'arco dell'anno avvalorerebbe l'ipotesi dell'accumulo di carbonio negli ecosistemi delle zone temperate dell'emisfero boreale, almeno per quanto riguarda questo tipo di comunità, che è senz'altro giovane ed in fase di accrescimento.

La metodologia proposta risulta quindi promettente per lo studio del ruolo degli ecosistemi terrestri nel bilancio del carbonio. Nell'ambito del programma di ricerca di Castelporziano tale metodologia verrà impiegata in modo continuativo e durante l'arco dell'anno al fine di raccogliere una mole di dati adeguata per analizzare il bilancio del carbonio e le risposte funzionali in rapporto ai fattori ambientali.



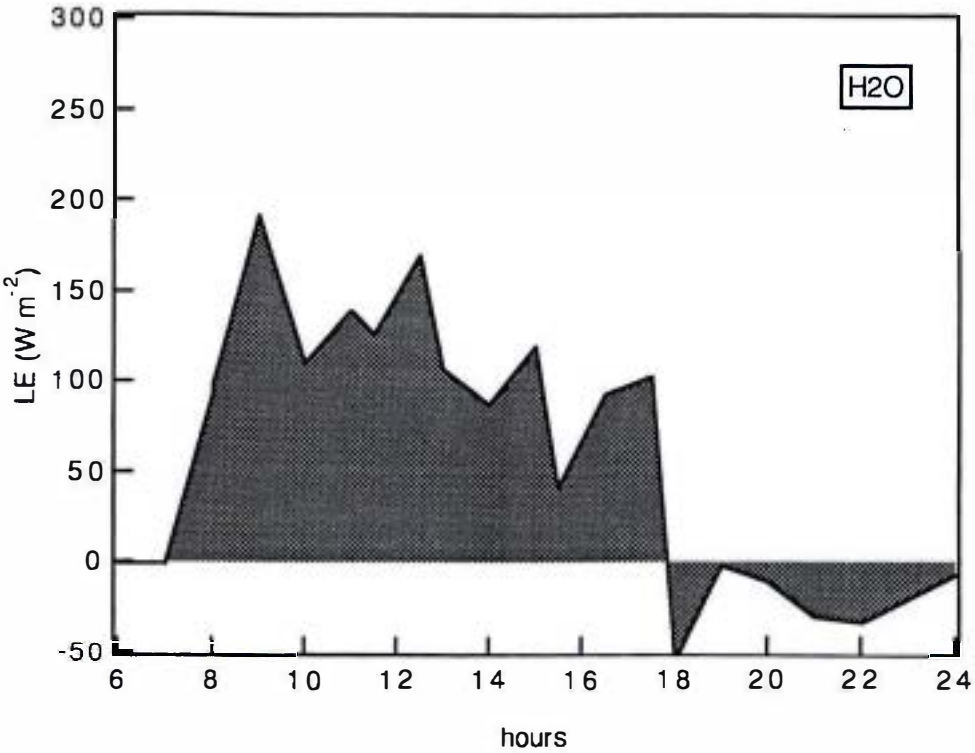




**Fig. 3 Scambi gassosi di vapore acqueo ($H_2O$) ed anidride carbonica ($CO_2$) della foresta mista di pino e leccio**

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | VEGETAZIONE |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | LA RINNOVAZIONE NATURALE DEI QUERCETI CADUCIFOGLI: DINAMICA TEMPORALE E INTERAZIONE CON I FATTORI AMBIENTALI |
| *RESPONSABILE* | Prof. E. Giordano |
| *UNITA' OPERATIVA* | Univ. della Tuscia Viterbo - Dip. Scienze Ambiente Forestale e sue Risorse<br>Tenuta di Castelporziano - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | E. Giordano, G. Scarascia Mugnozza, A. Tinelli |

## INTRODUZIONE

Il bosco misto a querce caducifoglie rappresenta la comunità forestale più estesa della Tenuta di Castelporziano e una delle più interessanti dal punto di vista ecologico selvicolturale; infatti, è costituita da un lembo relitto di vegetazione forestale termofila, di origine nettamente secondaria, spesso caratterizzato da grandi alberi di cerro, farnetto, farnia, roverella e da esemplari di querce sempreverdi. Il futuro di questo popolamento forestale desta notevoli preoccupazioni poiché, a differenza di specie sempreverdi come il leccio e il pino domestico, vi è una scarsa rinnovazione naturale delle querce caducifoglie.

L'assenza di rinnovazione delle specie meso-igrofile, messa ben in evidenza nell'ultimo piano di gestione forestale del 1988, si può ipotizzare che sia dovuta all'azione di varie cause quali:

- eccessivo pascolamento degli ungulati;
- carenza idrica dovuta all'abbassamento della falda freatica;
- eccessiva densità del soprassuolo;
- danni da inquinamento;
- predazione della micro- e meso-fauna.

E' stato pertanto avviato uno studio, a lungo termine, per chiarire l'impatto dei fattori ecologici e degli interventi selvicolturali sulla rinnovazione naturale, anche al fine di fornire adeguate indicazioni gestionali per il miglioramento dell'efficienza del bosco di querce.

## MATERIALI E METODI

Lo studio sulle potenzialità della rinnovazione naturale è stato condotto nel corso di diversi anni, secondo differenti obiettivi e modalità: densità e distribuzione della rinnovazione, sue condizioni ecofisiologiche e dinamica temporale.

Lo studio della densità, nei diversi ambienti della Tenuta, è stato eseguito nel periodo 1988/90 mediante rilievi svolti all'interno di 4 diverse aree di saggio, di superficie pari a 2000 $m^2$. In queste aree, individuate in località Figurone, Farnete, Piscina Chiara e Campo di Rota, erano state anche svolte indagini sulla composizione e struttura del soprassuolo forestale.

Lo stato ecofisiologico dei semenzali di cerro e farnia è stato analizzato durante la stagione vegetativa del periodo 1989/90 mediante misura del potenziale idrico e della funzionalità stomatica, in tre località diverse, Farnete, Piscina Chiara e Campo di Rota. Le misure di potenziale idrico sono state eseguite mediante camera a pressione (PMS, USA), prima dell'alba (potenziale di base) e intorno alle ore 12

(potenziale minimo) di diverse giornate, da luglio a ottobre. Contemporaneamente, è stata misurata la conduttanza stomatica con un porometro a stato stazionario (Licor 1600).
La dinamica temporale della rinnovazione è stata studiata mediante la realizzazione di 14 aree sperimentali, recintate in modo da escludere la predazione e il pascolo dei selvatici. Nelle stesse aree sono state poi collocate delle trappole per ghiande per quantificare la disseminazione delle piante studiate e la capacità germinativa dei semi, che sarebbero caduti negli anni successivi. Le aree dove creare le parcelle sono state individuate nelle zone di Campo di Rota e del Figurone. Nella prima, il soprassuolo è costituito da un pascolo arborato, con pochissimi individui di querce (20-25 piante ad ettaro), di oltre 120-150 anni di età, che formano lo strato superiore; il piano dominato, formato in prevalenza da fillirea e carpinella, è stato pressoché eliminato totalmente nel 1987, in seguito ad un intervento di diradamento con finalità preparatorie per la rinnovazione. Nella zona del Figurone il bosco si presenta con un piano dominante di querce caducifoglie di età superiore ai 100-130 anni, e con un piano dominato di carpinella, interrotto da radure, con copertura di felci, asfodeli e graminacee. In questa zona non è stato effettuato alcun intervento selvicolturale da diversi anni e la densità del soprassuolo risulta essere del 95%. In ambedue le zone vi è una ridottissima presenza di rinnovazione affermata di querce, non attribuibile ad una mancata produzione di ghianda, ma piuttosto alla mancata affermazione delle plantule.
Nella primavera del 1990 sono iniziati i rilievi sulla rinnovazione, che sono poi proseguiti con frequenza stagionale, per esaminare la sua dinamica temporale sia all'interno che, per confronto, all'esterno delle aree; si è cercato, inoltre, di determinare la distribuzione spaziale delle plantule in rapporto alla distanza dagli alberi adiacenti e alla presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva. Non potendo, per motivi logistici, operare sulla totalità della superficie delle aree recintate si è cercato di analizzare la zona meno soggetta alle modificazioni indotte dalla recinzione e dal calpestio dei rilevatori; è stata così individuata nella fascia centrale delle singole aree il luogo ove effettuare il censimento dei semenzali, consistente in un transetto lineare di 10 m di lunghezza e 1 m di larghezza. All'interno di questi transetti, nella primavera del 1990, tutti i semenzali sono stati contati e contrassegnati con dei cartellini plastificati collocati alla base delle plantule per non ostacolare il loro sviluppo. Inoltre è stata determinata la loro classe di età. In totale sono stati esaminati 144 $m^2$, un'area complessiva di molto superiore a quella di norma osservata in studi analoghi. Questi rilievi sono proseguiti nell'autunno dello stesso anno e, successivamente, fino al 1994 incluso.
Le aree di saggio sono state anche caratterizzate in termini di regime radiativo mediante l'uso delle fotografie emisferiche e la determinazione dell'indice di area fogliare (LAI). Le foto emisferiche sono state ottenute riprendendo la " volta vegetale" della foresta con la macchina fotografica poggiata su un treppiede e rivolta verso l'alto; la macchina era equipaggiata con un obiettivo "grandangolo" di 180° di campo visivo. L'analisi di queste foto, riprese in condizioni di luce diffusa, consente di ricavare il grado di luce, trasmessa attraverso la copertura, caratteristico di ogni area di saggio. La misura del LAI è stata effettuata, in condizioni di luce diffusa, mediante l'impiego del LAI 2000 della ditta Licor (USA) costituito da un sensore ottico con lente "grandangolo" da 148° di campo visivo e cinque diverse fotocelle al silicio che raccolgono la luce trasmessa attraverso le chiome lungo cinque diverse angolazioni.

## RISULTATI E CONCLUSIONI

La rinnovazione naturale dei querceti caducifogli di Castelporziano può essere considerata ancora sufficientemente garantita dalla capacità riproduttiva e di disseminazione dei grandi alberi presenti in foresta. Infatti, la produzione di ghiande, nelle annate di pasciona, è abbondante (circa 150 ghiande $m^{-2}$) e la loro germinabilità
piuttosto soddisfacente (S0%). Ne consegue una densità di semenzali di 1-2 anni di età (prerinnovazione) sufficientemente elevata, pari a circa 100,000-200,000 semenzali $ha^{-1}$, da ritenere rassicurante per il futuro

del bosco. In realtà, diversi fattori ecologici possono influire sulla sopravvivenza e lo sviluppo successivi di questi semenzali, in particolare le condizioni di illuminazione al suolo, determinate dalla copertura del soprassuolo adulto, e la predazione da parte della fauna selvatica. Il grado di copertura del terreno influisce fortemente sulla sopravvivenza dei semenzali delle querce confermando l'elevato grado di eliofilia di queste specie.

L'impatto della fauna selvatica viene chiarita dal confronto fra la densità dei semenzali all'interno delle aree di saggio recintate e la densità misurata all'esterno. All'età di 3 anni la riduzione di densità tra la zona protetta e l'esterno è risultata pari a circa il 70 80% dimostrando che i danni, diretti e indiretti, causati dai selvatici, possono determinare la quasi scomparsa della rinnovazione naturale.

Un altro parametro ecologico che potrebbe influire sulla dinamica temporale della rinnovazione di querce mesofile, in ambiente mediterraneo, è rappresentato dalla disponibilità idrica durante il periodo estivo. L'analisi dello stato idrico dei semenzali di cerro e farnia, in rapporto a condizioni stazionali e selvicolturali differenti, mostra due fenomeni differenti ma ugualmente interessanti. I semenzali di querce manifestano condizioni di stress idrico accentuato, con potenziale di base pari o inferiore a -10 bars, per più di 4 mesi durante l'estate; la condizione di stress più elevato si verifica durante il mese di settembre con valori di potenziale compresi tra -20 e -50 bars. Peraltro, questa significativa variabilità tra le diverse stazioni esaminate è causata dal grado e dal tipo di copertura forestale, regolata dalla presenza o assenza di interventi selvicolturali. L'avvenuto intervento di diradamento del soprassuolo dominato, costituito da vegetazione arbustiva sempreverde (erica, fillirea e lentisco) e dal ceduo di carpinella, ha consentito ai semenzali che vegetano nella zona di Campo di Rota, di migliorare in misura consistente (del 60-70%) il loro stato idrico, e quindi le loro condizioni fisiologiche e il loro bilancio fotosintetico, rispetto ai semenzali di particelle prive di intervento selvicolturale.

Le ricerche sulla rinnovazione naturale del querceto verranno proseguite per poter disporre di una serie temporale più significativa, per poter verificare il possibile effetto delle diverse specie di alberi portasemi e per studiare l'interazione con il grado e il tipo di copertura arborea, arbustiva ed erbacea.

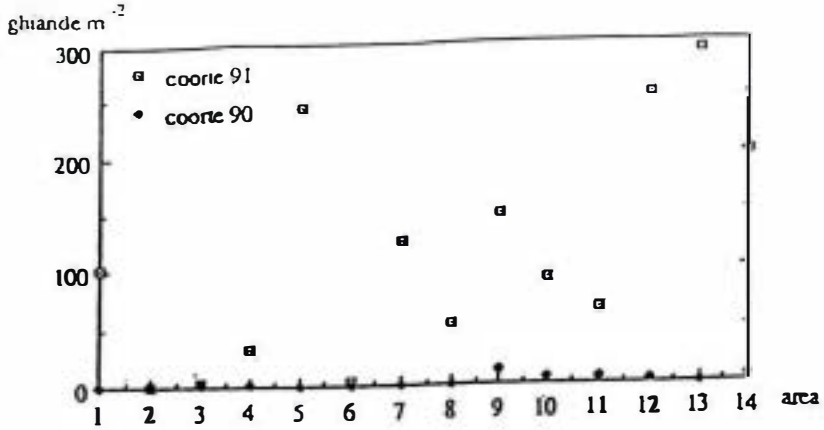



Figura 1 - Entità della disseminazione delle piante le cui chiome insistono sulle aree recintate, negli anni 1990 e 1991.

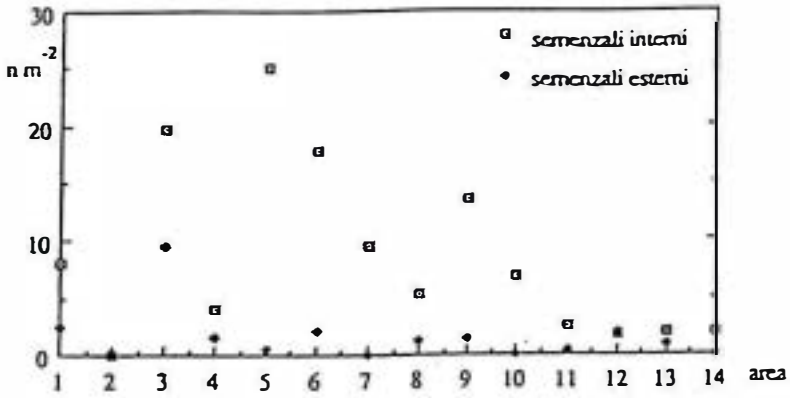



Figura 2 - Densità dei semenzali della coorte 1989 rilevati all'interno ed all'esterno delle aree recintate, nell'anno 1992.

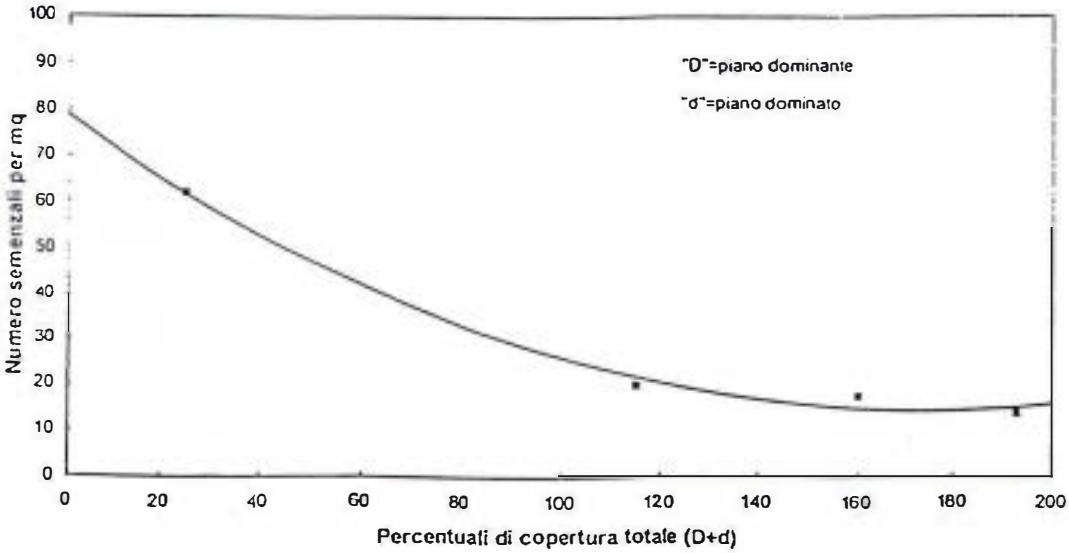



Figura 3 - Relazione tra percentuale di copertura e densità della rinnovazione in aree recintate di 2000 m².

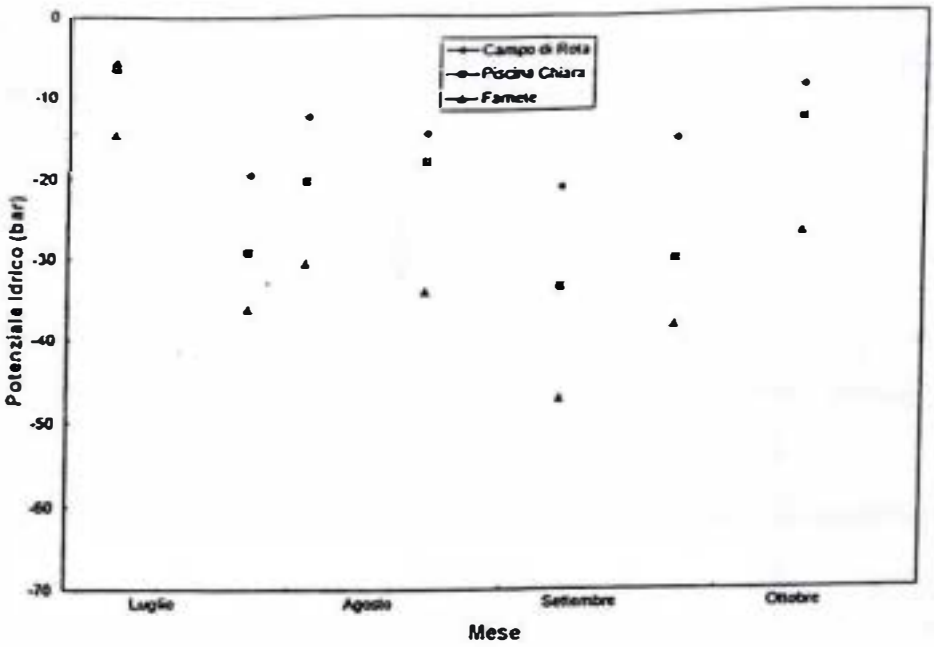



Figura 4 - Andamento del Potenziale Idrico di base su *Quercus robur* L. e *Quercus cerris* L.

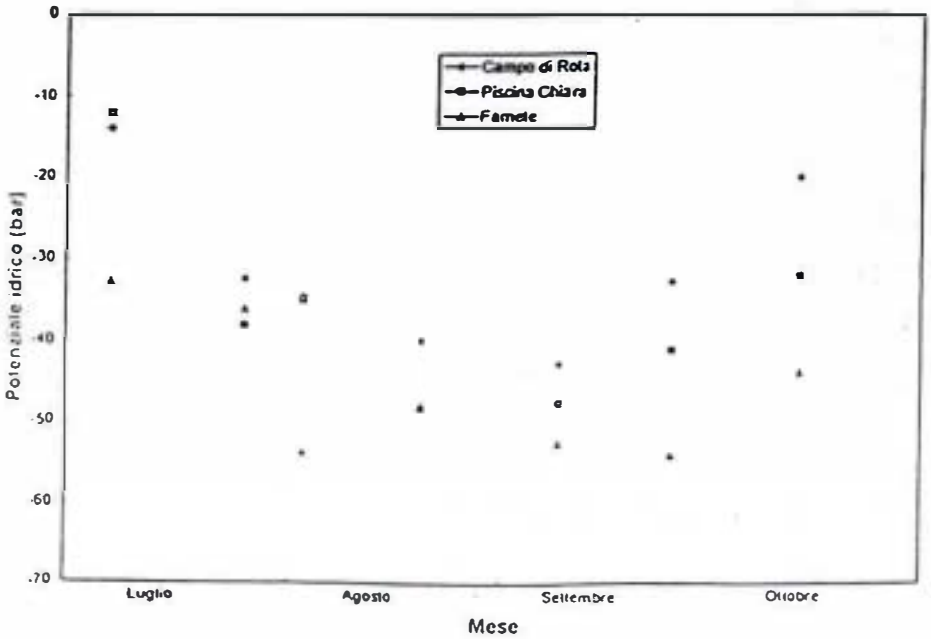



Figura 5 - Andamento del Potenziale Idrico minimo su *Quercus robur* L. e *Quercus cerris* L.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | VEGETAZIONE |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | STUDIO DELLE VARIAZIONI STAGIONALI DI DISCRIMINAZIONE ISOTOPICA DEL CARBONIO E DELL'ATTIVITA' FOTOSINTETICA IN AMBIENTI DELLA FASCIA LITORANEA NELLA TENUTA DI CASTELPORZIANO |
| *RESPONSABILE* | E. Brugnoli |
| *UNITA' OPERATIVA* | CNR - Istituto per l'Agriselvicoltura - Porano (VT) |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | E. Brugnoli, M. Laurenti, A. Scartazza, M. C. Guido |

## INTRODUZIONE

Negli ambienti mediterranei le piante sono sottoposte a rilevanti fluttuazioni delle condizioni ambientali. La stagionale alternanza di periodi caldi e siccitosi e periodi freschi e piovosi condiziona la produttività primaria ed impone meccanismi fisiologici adattativi atti a superare i periodi critici. Negli ambienti litoranei le condizioni ambientali sono particolarmente selettive data l'elevata salinità dei suoli e l'esposizione all'aerosol marino.

Le piante presenti in questi ambienti mostrano marcate risposte adattative che interessano la morfologia, la fenologia, la fisiologia e il metabolismo. E' atteso, inoltre, che nell'ambito di un'associazione vegetale, diverse nicchie ecologiche vengano occupate da specie in grado di adottare differenti strategie adattative in risposta all'ambiente [1]. Le risorse idriche presenti lungo il profilo del suolo possono, ad esempio, essere utilizzate diversamente da specie con apparati radicali capaci di raggiungere diverse profondità. Le condizioni ambientali in cui si trova una pianta hanno forti ripercussioni sulla sua attività fotosintetica e sulla quantità di acqua traspirata. Piante che nello stesso ambiente si trovino in diverse condizioni di approvvigionamento idrico tenderanno a modulare differentemente la fotosintesi e la traspirazione mostrando un'efficienza di uso idrico diversificata.

Gli studi sull'efficienza di uso idrico sono stati finora resi difficili dalla necessità di laboriosi esperimenti lisimetrici, con risultati non sempre soddisfacenti. Le moderne tecniche di ricerca basate sull'analisi della composizione isotopica del carbonio ($\delta^{13}C$) hanno aperto nuove prospettive per gli studi fisiologici ed ecofisiologici sulla fotosintesi e sull'efficienza di uso idrico (per un'ampia retrospettiva sull'argomento si veda [2, 3]).

Scopo della presente ricerca è lo studio delle variazioni stagionali dell'attività fotosintetica e dell'efficienza di uso idrico in associazioni vegetali caratteristiche dell'ambiente mediterraneo. La Tenuta di Castelporziano mette a disposizione ambienti di rilevante interesse ecologico ai fini di tale ricerca. I risultati conseguiti forniranno ulteriori informazioni sulle strategie adattative messe in atto da diverse specie vegetali nell'ambiente mediterraneo.

## MATERIALI E METODI

La ricerca è stata avviata nell'autunno 1994. E' stata presa in considerazione una zona litoranea della Tenuta di Castelporziano e sono state prescelte specie vegetali tipiche degli ambienti di spiaggia, dune recenti, macchia bassa e margine della macchia alta. Queste zone sono presenti lungo un transetto che procede dalla spiaggia attraverso le dune costiere e oltrepassa la strada litoranea. Quest'ultima, correndo su di un terrapieno, costituisce una rilevante barriera ai venti marini e potrebbe influenzare il microclima della fascia immediatamente retrostante attraverso un effetto frangivento.
Le specie vegetali considerate lungo questo transetto sono: *Cyperus kalli, Eryngium maritimum, Ammophyla arenaria, Phillyrea angustifolia, Smilax aspera, Pistacia lentiscus, Pistacia terebinthus, Erica arborea, Erica multiflora, Rosmarinus officinalis, Cystus incanus, Quercus ilex, Arbutus unedo e Juniperus communis.*

Sono stati effettuati i primi campionamenti per l'analisi della composizione isotopica del carbonio. Su diverse specie erbacee o arbustive sono state effettuate misure di scambio gassoso con un sistema portatile aperto (Mod LCA2, ADC, Hoddesdon, UK), modificato come descritto precedentemente [4]. Le analisi di $\delta^{13}C$ delle piante sono state effettuate mediante uno spettrometro di massa per isotopi stabili, munito di doppio inlet e sistema di purificazione a trappole criogeniche (Mod SIRA II, VG Isotech, Middlewich, UK). I campioni vegetali sono stati combusti mediante un analizzatore elementare (Mod NA1500, Carlo Erba, Milano). La $CO^2$ così ottenuta è stata comparata con un riferimento calibrato contro lo standard internazionale Pee Dee Belemnite (PDB)[3]. Le analisi sono state effettuate come descritto in dettaglio in [4]. I risultati sono presentati come composizione isotopica $\delta^{13}C$, rispetto allo standard PDB come:

$$\delta^{13}C = R_{campione}/R_{PDB} - 1$$

ove $R_{campione}$ e $R_{PDB}$ sono i rapporti isotopici del campione e dello standard, rispettivamente

## RISULTATI E DISCUSSIONE

Le specie analizzate hanno manifestato in generale elevati livelli di fotosintesi netta e conduttanza stomatica, probabilmente attribuibili all'andamento meteorologico umido con temperature miti. E' stata comunque rilevata una certa variabilità interspecifica di attività fotosintetica. Le specie erbacee più prossime alla spiaggia hanno mostrato livelli di traspirazione e fotosintesi piuttosto elevati accompagnati da una elevata conduttanza stomatica *(Ammophyla, Eryngium e Cyperus).* Conduttanza stomatica più bassa è stata rilevata in *Phillyrea* e *Pistacia,* le quali hanno comunque mantenuto buoni livelli di fotosintesi netta. Conduttanza stomatica piuttosto bassa, accompagnata da moderati valori di velocità di fotosintesi, sono state osservate in *Smilax.*
L'analisi della composizione isotopica del carbonio strutturale nelle foglie ha indicato variabilità tra specie diverse e, all'interno delle specie, variabilità dovuta all'ambiente Sono state osservate variazioni massime di $\delta^{13}C$ di circa 4‰. In *Smilax aspera,* ad esempio, è stata misurata una composizione isotopica intorno a -24‰, mentre foglie di *Phillyrea angustifolia* hanno mostrato valori di $\delta^{13}C$ attorno a -28‰. Un quadro di insieme mostra valori di $\delta^{13}C$ vicini a -25.5‰ per gli ambienti più prossimi alla spiaggia, comprendenti la prima duna, e valori gradualmente decrescenti (fino a -27.1‰) per le specie situate più all'interno, in zone protette dalle dune e nelle zone di macchia bassa.
In questi rilievi preliminari, non sono state osservate relazioni significative tra dati di scambio gassoso e di composizione isotopica.

La mancanza dell'attesa correlazione tra il rapporto delle pressioni parziali intercellulare ed atmosferica di $CO^2$ ($p_i/p_a$) e $\delta^{13}C$ del carbonio strutturale è verosimilmente dovuta ai diversi tempi di integrazione: mentre i dati di scambio gassoso danno una stima di eventi fisiologici istantanea o integrata sulla giornata di misura, la discriminazione isotopica fornisce una stima di quei parametri integrati sull'intera vita della pianta o degli organi interessati. Pertanto, le condizioni in cui le piante hanno sintetizzato i composti strutturali analizzati per $\delta^{13}C$ sono temporalmente differenti dalle condizioni fisiologiche riscontrate nel rilievo autunnale. I risultati ottenuti indicano che le condizioni pedoclimatiche al momento del rilievo hanno favorito in generale una velocità di fotosintesi piuttosto elevata in tutti gli ambienti analizzati. L'analisi di $\delta^{13}C$ indica significative variazioni dei parametri fisiologici e in particolare della efficienza di uso idrico. Alcune specie *(Ammophyla arenaria, Juniperus communis* e *Smilax aspera)* hanno mostrato una bassa discriminazione contro l'isotopo più pesante. Ciò indicherebbe elevata efficienza di uso idrico nel lungo periodo [3, 5, 6]. Altre specie, tra cui *Eryngium maritimum, Pistacia lentiscus, Phillyrea angustifolia, Cystus incanus* e *Rosmarinus officinalis,* sembrano manifestare un'efficienza di uso idrico inferiore. Le restanti specie, tra cui *Quercus ilex, Arbutus unedo, Erica spp. e Cyperus kalli,* sono risultate di composizione isotopica intermedia. Lungo il transetto sembra infine presente un gradiente di composizione isotopica, con valori maggiori in $\delta^{13}C$ nella zona di spiaggia e delle prime dune e valori minori in $\delta^{13}C$ nelle zone al riparo delle dune e della litoranea. Negli ambienti più esposti all'aerosol marino, alla salinità e probabilmente a condizioni di siccità più marcate, le piante sembrano essere generalmente caratterizzate da una elevata efficienza di uso idrico. Efficienza relativamente più bassa sembra essere manifestata nella zona oltre la litoranea che dovrebbe essere meno esposta ai venti, alla salsedine e soggetta a evapotraspirazione potenziale più moderata.

## BIBLIOGRAFIA

[1] EHLERINGER, J.R., 1993, Carbon and water relations in desert plants: an isotopic perspective. In: "Stable isotopes and plant carbon-water relations", Ehleringer J.R., Hall A.E. and Farquhar G.D (eds.), Academic Press, San Diego, 155-172

[2] BRUGNOLI, E., 1990, Discrirninazione degli isotopi stabili del carbonio e fisiologia della fotosintesi. S.IT.E. Atti, 9, 51-67

[3] FARQUHAR, G.D., EHLERINGER, J.R., HUBICK, K.T., 1989, Carbon isotope discrimination and photosynthesis. Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol Biol. 40, 503-537

[4] BRUGNOLI, E., LAURENTI, M., 1991, Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant *(Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive *(Phaseolus vulgaris L.)* $C_3$ non halophytes. Plant Physiol. 95, 628-635

[5] FARQUHAR, G.D, RICHARS, R.A., 1984, Isotopic composition of plant carbon correlates with water-use efficiency of wheat genotypes. Aust J. of Plant Physiol. I 1, 539-552

[6] LAURENTI, M., BRUGNOLI, E., SPACCINO, L., 1993, Carbon isotope discrimination in leaf soluble sugars and in whole-plant dry matter in *Heliant*us annuus* L. grown under different water conditions. In: "Stable isotopes and plant carbon-water relations", Ehleringer J.R., Hall A.E. and Farquhar G.D. (eds.), Academic Press, San Diego, 93- 108

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | VEGETAZIONE |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Ricerche ecofisiologiche sull'ecosistema forestale e l'agroecosistema |
| *RESPONSABILE* | Prof. A. Pignatti<br>Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale |

## CONCLUSIONI

I primi dati qui presentati, relativi al primo anno di attività, non permettono, come è ovvio, di raggiungere alcun risultato di carattere definitivo. Essi tuttavia dimostrano che le ricerche in fase di attuazione coprono un ampio ventaglio di argomenti, e che la fase della necessaria messa a punto metodologica è, almeno nella maggioranza dei casi, ormai superata.

L' introduzione alle ricerche del gruppo che studia la vegetazione aveva messo in evidenza come vi fosse una piena rispondenza, tra l' elevata diversità del componente vegetale dell' area in studio ed una altrettanto elevata diversità dei temi di ricerca in fase di elaborazione. In una prospettiva a medio termine bisogna tuttavia pensare che la diversità della flora e della vegetazione (soprattutto nel suo componente forestale) rappresentano un bene che va conservato ed accresciuto, mentre nelle attività di ricerca va piuttosto cercato un maggiore coordinamento ed approfondimento.

Un problema importante è costituito dal fatto che attualmente le varie attività di ricerca, pur nella loro diversificazione, risultano concentrate sulla vegetazione sempreverde della lecceta e le fasi vegetazionali ad essa collegate. Sarà certamente necessario in futuro sviluppare in parallelo ricerche sulla vegetazione della foresta mista caducifoglia di cerro e farnetto, che rappresenta un unicum, peculiare dell' area di Castelporziano e che, almeno in Italia, non esiste altrove con estensione e sviluppo paragonabili.

In conclusione va ancora rilevato che questo è probabilmente il primo caso in Italia di un programma coordinato a livello ecosistemico, portato avanti da una pluralità di gruppi di ricerca con collocazioni molto differenziate. Per quanto riguarda il gruppo Vegetazione collaborano due università (Roma "La Sapienza" e Viterbo) e l'Istituto di ricerca di Porano, con competenze nei campi della Biologia Vegetale di base, Ecologia, Silvicoltura ed Agronomia. Si tratta dunque di un' esperienza dalla quale è lecito aspettarsi risultati con carattere di novità.

II° SEMINARIO
12 MAGGIO 1995

GRUPPO DI LAVORO

# FAUNA

Responsabili: Prof. Alberto Fanfani, Dott. Silvano Toso

## UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI


**Univ. di Roma "La Sapienza" Dip. di Biologia Animale e dell'Uomo**
*M. Bazzanti, C.Consiglio, L. Dell'Anna, A.Fanfani, O.Ferrara, F. Margaritora, L.Mastrantuono, G. Mura, E. Piattella, M.Seminara, C. Utzeri*

**Univ. di Roma "Tor Vergata" Dip. di Biologia**
*G.Carchini*

**Terza Università di Roma Dip. di Biologia**
*G. Carpaneto*

**Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica - INFS**
*S.Toso, S. Focardi*

**Segretariato Generale Presidenza della Repubblica**
*A. Tinelli*

**ENEA inn-amm - CR Casaccia**
*P.Maltzeff*

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | **F A U N A** |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | Monitoraggio della fauna |
| *RESPONSABILE* | Prof.. A. Fanfani |
| *UNITA' OPERATIVA* | Univ. di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Animale e dell'Uomo |

## INTRODUZIONE

Già da alcuni anni, nella Tenuta di Castelporziano, parecchie specie appartenenti a gruppi zoologici diversi vengono studiate da ricercatori delle Università e di altri Enti di Ricerca.
Questi studi anche se hanno fornito dati di grande interesse, che hanno aiutato in parte la gestione della Tenuta stessa, per la maggioranza delle specie devono essere inquadrati tra gli studi di ricerca pura, generalmente svincolati gli uni dagli altri.
Ora invece, nell'ambito di questo Progetto di Monitoraggio Ambientale sia gli studi già avviati, che così avranno nuovi sviluppi, sia le ricerche che in questo ambito inizieranno *ex novo*; dovranno essere inquadrati in un contesto generale che verrà analizzato in ogni suo aspetto; pertanto la fauna non come uno dei tanti elementi che costituiscono la realtà di Castelporziano ma come elemento che interagisce con gli altri, influenzandoli e venendone influenzato.
La Tenuta è biotopo di straordinario interesse faunistico poiché, pur essendo circondata quasi completamente da aree fortemente antropizzate, ancora conserva una ricchezza di specie davvero sorprendente, alcune di notevole interesse scientifico. Capire qualcosa in più sulla loro biologia e quindi sul perché della loro presenza in questo comprensorio è cosa davvero stimolante.
Per alcune specie ancora pochi dati si è riusciti a raccogliere al termine di questo primo anno di ricerche, in parte per la loro natura schiva e quindi la difficoltà a raccogliere una quantità di dati che aiuti a capire, vedi studi sul tasso *(Meles meles)*, in parte per le condizioni climatiche non favorevoli. autunno-inverno poco piovosi, che hanno ritardato i normali cicli biologici (Insetti, Crostacei acquatici, etc.), per altre specie invece le ricerche si sono potute svolgere regolarmente, ma tutti i ricercatori hanno posto le basi per un'abbondante raccolta di dati negli anni prossimi.

| | |
|---|---|
| *TITOLO DELLA RICERCA* | BIOMONITORAGGIO DEGLI AMBIENTI ACQUATICI ASTATICI |
| *RESPONSABILI* | Dott. M. Bazzanti, Dott.ssa O. Ferrara, Prof.ssa F. Margaritora, Dott. L.Mastrantuono, Dott. M.Seminara |

## INTRODUZIONE

Nel corso dei mesi novemgre-dicembre 1994 e aprile 1995 sono stati effettuati sopralluoghi allo scopo di individuare alcuni biotipi temporanei e perenni, in base alla collocazione topografica all'interno della Tenuta, alla differente giacitura, alla copertura vegetale e allo stato di riempimento. A causa delle scarse precipitazioni autunnali e invernali e del conseguente mancato riempimento di molti ambienti temporanei, non si é potuto procedere in questa fase né alla raccolta di materiale biologico né all'esecuzione delle indagini fisico-chimiche necessarie per lo studio, con l'eccezione di un ristretto numero di biotipi in cui è stato raccolto esclusivamente del materiale planctonico per un esame preliminare.
Sono stati comunque individuati circa 15 bacini temporanei e 6 bacini perenni che costituiranno il campione su cui si svolgerà il programma di biomonitoraggio.

## PROGRAMMI PER IL 1995

Nel periodo di massimo invaso, corrispondente solitamente ad aprile-maggio negli anni di media piovosità, si effettueranno le seguenti analisi fisico-chimiche e campionamenti biologici:
- profondità, superficie, durata dell'invaso;
- granulometria del substrato, contenuto % in sostanza organica;
- conducibilità, pH;
- contenuto di ossigeno disciolto, BOD, fosforo totale e ortofosforo, composti dell'azoto;
- raccolta qualitativa e quantitativa di zooplancton e zoobenthos.

Il materiale biologico così ottenuto sarà smistato ed identificato in laboratorio allo scopo di valutare l'importanza quali-quantitativa dei popolamenti, i parametri strutturali e trofici delle comunità, le relazioni con i parametri abiotici. Sarà inoltre effettuato un censimento delle specie presenti e, sulla base del loro interesse in senso naturalistico (rarità, biogeografia, sensibilità all'azione antropica, etc.), saranno segnalate alcune di esse come validi indicatori di qualità ambientale, su cui basare nel seguito sia il monitoraggio di routine sia la scelta di ambienti da sottoporre a conservazione.

*TITOLO DELLA RICERCA* IL POPOLAMENTO DI CROSTACEI ANOSTRACI NEGLI AMBIENTI ACQUATICI ASTATICI

*RESPONSABILE* Prof.ssa G. Mura

## INTRODUZIONE

Compatibilmente con l'andamento peculiare delle precipitazioni e con le brusche oscillazioni termiche verificatesi durante l'inverno, poco favorevoli alla vita degli Anostraci, nella stagione trascorsa si sono iniziate le analisi chimiche delle acque dei biotipi di origine delle due specie in esame (*Chirocephalus diaphanus, Ch. kerkyresis*) allo scopo di tracciare un quadro dettagliato delle loro esigenze ambientali.

## PRIMI RISULTATI

I risultati, in via di elaborazione, lasciano supporre alcune differenze tra le due specie congeneri legate alla diversa concentrazione di alcuni anioni e cationi (fig. 1). Tali risultati necessitano comunque di un ulteriore e approfondito riscontro, data l'esiguità del periodo di campionamento per quest'anno. Sono anche iniziate in laboratorio le verifiche atte a stabilire le differenze nei tratti fondamentali del ciclo biologico, in particolare negli stimoli che inducono la chiusura delle due specie. I risultati di tali sperimentazioni hanno anch'essi fornito dati interessanti, che hanno confermato le informazioni ricavate con gli studi sul campo. Mentre *Chi diaphanus* schiude molto facilmente, *Ch. kerkyresis* necessita di stimoli molto particolari, legati ad un preciso modello di alternanza tra periodi di secca e di idratazione del suolo, in presenza di temperature comprese entro un intervallo di variazione pari a 7°-10°C.
Altro risultato di estremo interesse é rappresentato dalla idoneità degli organismi in questione quali indicatori nel controllo di inquinamento da elementi in traccia. I primi dati hanno dimostrato un effettivo bioaccumulo da parte di *Ch. diaphanus* a partire dall'ambiente, che si accentua nella discendenza. Nessun dato é ancora disponibile invece per la specie congenere, sulla quale é prevista analoga sperimentazione per il prossimo futuro.

## PROGRAMMI PER IL 1995

E' prevista, per i prossimi anni, l'estensione delle indagini sul campo ad un maggior numero di pozze, al fine di disporre di una maggiore quantità di dati da confrontare e discutere.

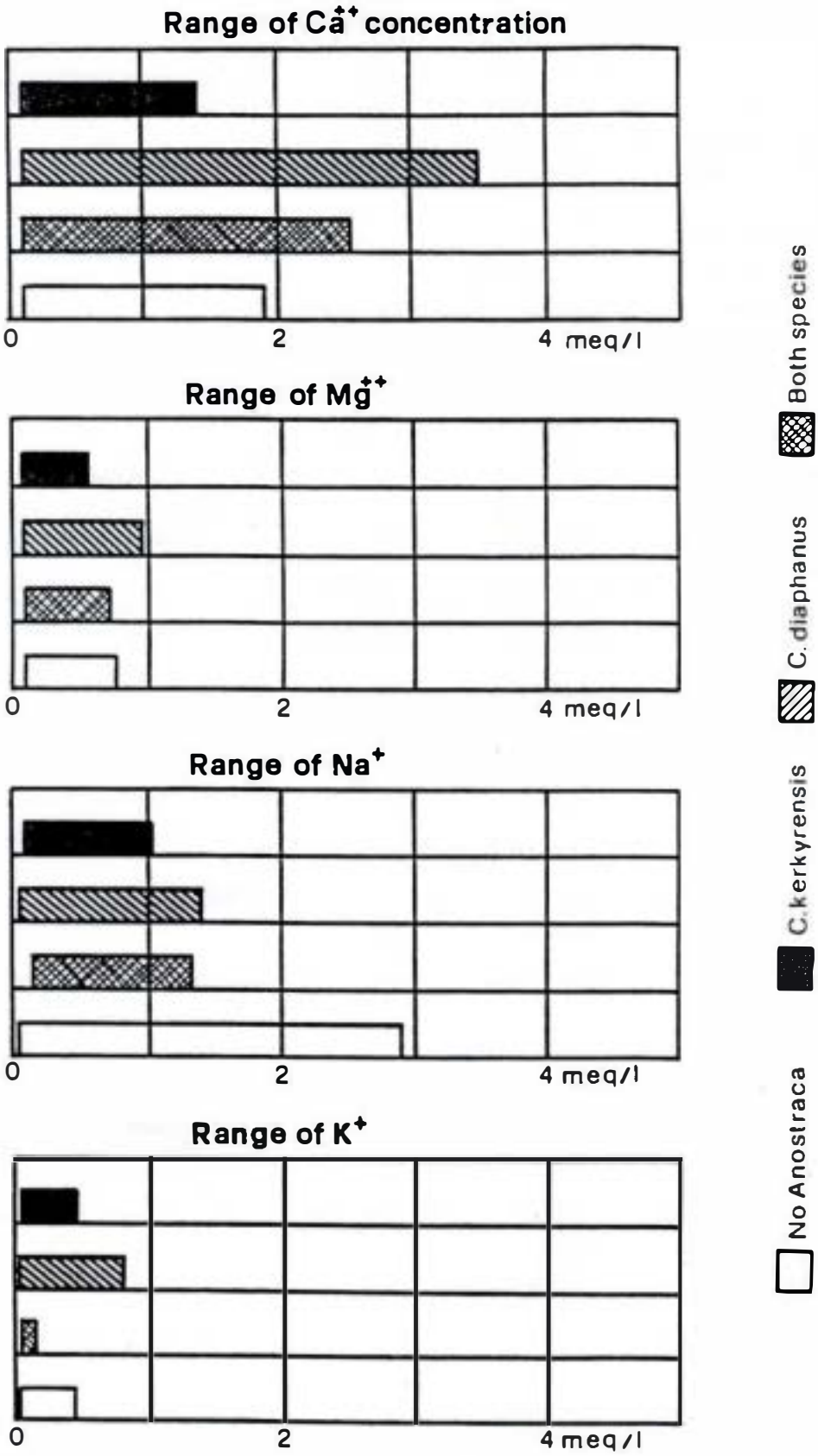

Range of Ca++ concentration
0
2
4 meq/l
Range of Mg++
0
2
4 meq/l
Range of Na+
0
2
4 meq/l
Range of K+
0
2
4 meq/l
Both species
C. diaphanus
C. kerkyrensis
No Anostraca

Fig. 1

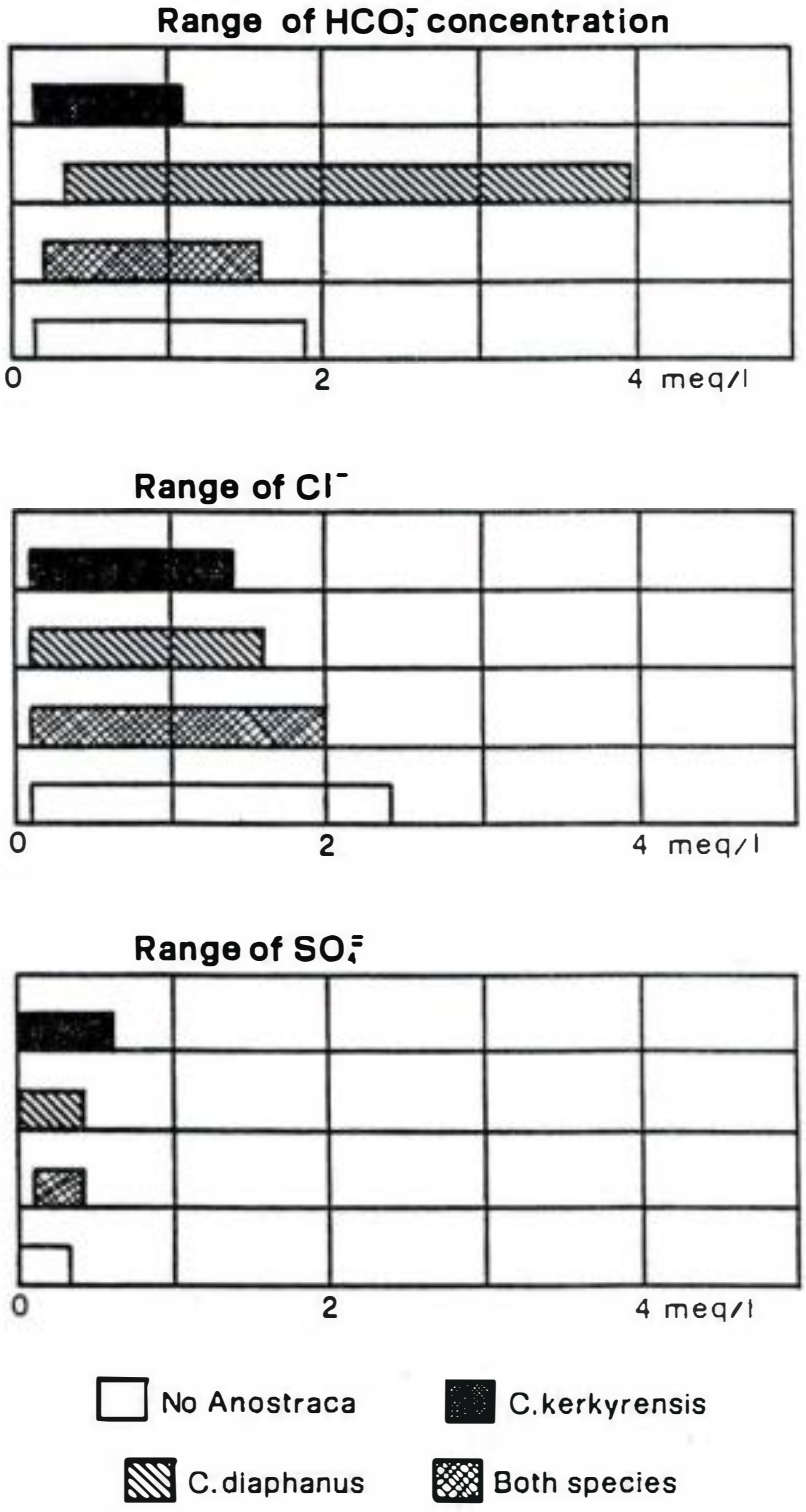



Fig. 1 continua

*TITOLO DELLA RICERCA* LA POPOLAZIONE DI TARTARUGA D'ACQUA *EMYS ORBICULARIS* (L. 1758)

*RESPONSABILE* Prof. C. Utzeri

## INTRODUZIONE

Sono stati censiti i siti della Tenuta (stagni permanenti e temporanei) che ospitano nuclei popolazionali della testuggine palustre (*E. orbicularis*). Al momento la conoscenza della distribuzione di questa specie nella Tenuta é soddisfacente. La popolazione é ospitata in almeno 16 stagni permanenti, che apparentemente sono occupati durante tutto l'anno. Negli stagni temporanei le testuggini possono comparire in periodo primaverile e autunnale, quando gli stagni contengono acqua, ma non é nota la loro provenienza né la frequenza e l'ampiezza dei loro spostamenti fra stagni diversi nel corso dell'anno, né quale frazione e quali classi (sesso, età) della popolazione siano interessate a tali spostamenti. La mappatura dei corpi d'acqua che ospitano testuggini potrà essere utilizzata come quadro di riferimento in indagini future sull'evoluzione ambientale della tenuta.

## PRIMI RISULTATI

Sono state catturate, marcate e rilasciate sul posto della cattura 142 testuggini, che costituiscono il più grande campione di una singola popolazione mai raccolta in Italia. La marcatura é stata effettuata tramite targhette numerate fissate al carapace con collante a due componenti. Di ciascuno di questi individui sono stati registrati il sesso, il peso ed alcune misure dimensionali canoniche, quali lunghezza e larghezza del carapace, del piastrone e della coda e altezza del corpo. L'analisi di questi dati permetterà la caratterizzazione biometrica della popolazione della Tenuta ed eventualmente di singoli nuclei di popolazione della stessa. Per ogni singolo stagno, le operazioni di cattura-marcatura-rilascio sono state effettuate nel corso di una stessa giornata ed eventualmente ripetute una o due volte ad intervalli di alcuni giorni registrando in occasione di ciascuna ricattura il numero degli individui marcati in precedenza. Questo procedimento fornisce i dati di base per stimare la consistenza numerica dei nuclei di popolazione di alcuni stagni campione ed eventualmente, estrapolando i risultati all'intera Tenuta stimarne la popolazione complessiva. Le stime dei singoli nuclei popolazionali e della popolazione complessiva potranno essere utilizzate come valori di riferimento in indagini future.

## PROGRAMMI PER IL 1995

Per il corrente anno, ed eventualmente il successivo, si intende completare l'analisi dei dati di distribuzione e biometricie le stime dei nuclei popolazionali dei singoli stagni e della popolazione totale sulla base di tutte le informazioni raccolte. Si intende inoltre valutare l'entità e la frequenza degli spostamenti delle testuggini nell'ambito di gruppi di stagni, ed eventualmente fra sistemi di stagni spazialmente ben separati, tramite la radiomarcatura di un campione di individui includente ambo i sessi e almeno due classi dimensionali (probabilmente rappresentative di età diverse) di ciascun sesso. Radiolocalizzazioni periodiche permetteranno di valutare le aree di attività dei singoli individui e di evidenziare eventuali differenze nell'attività di dispersione fra maschi e femmine e tra giovani e adulti.

*TITOLO DELLA RICERCA* STUDIO SULL'ECOLOGIA ED IL COMPORTAMENTO DEL TASSO (*MELES MELES*)

*RESPONSABILE* Prof. C. Consiglio, Dott. R. Isotti, Dott. A. Sorace

## STATO DELLA RICERCA

Nel corso della primavera e dell'estate del 1995 sono state svolte le seguenti attività:

- Verifica della presenza della specie durante il periodo di maggior attività, nelle tane precedentemente identificate.
- Individuazione delle tane più indicate per l'installazione dei dispositivi di identificazione degli individui sulla base di priorità tecnico-organizzative.
- Installazione di due cellule fotoelettriche e di due fotocamere in una tana dotata di due ingressi attivi e perfezionamento del metodo sulla base delle caratteristiche ambientali specifiche.
- Registrazione dei primi dati sull'attività alla tana della specie.

*TITOLO DELLA RICERCA* STUDIO SUL SUCCESSO RIPRODUTTIVO DI CINCIALLEGRA (*PARUS MAJOR*) E CINCIARELLA (*PARUS CAERULEUS*)

*RESPONSABILE* Prof. C. Consiglio, Dott. R. Isotti, Dott. A. Sorace

## STATO DELLA RICERCA (non finanziato)

Nel corso della primavera e dell'estate 1995 in circa 160 cassette nido appositamente collocate, di cui alcune con foro ridotto per favorire la cinciarella, sono stati raccolti dati sulla grandezza della covata, le dimensioni delle uova, la mortalità e l'involo di cinciallegra e cinciarella. E' stato ottenuta un'occupazione di circa il 60% delle cassette nido. I dati saranno elaborati per determinare il successo riproduttivo. Sarà effettuato un confronto tra due ambienti: lecceta e farneta.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | **F A U N A** |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | CENSIMENTI GENERALI DELLE ENTOMOCENESI FORESTALI E LITORANEE<br>Situazione al 20 ottobre 1995 e linee del programma futuro |
| *RESPONSABILE* | Dott. P. Maltzeff |
| *UNITA' OPERATIVA* | ENEA inn-amm - CR Casaccia - Roma |

## INTRODUZIONE

Il censimento della entomofauna presente nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano é proseguito con le finalità e le modalità già delineate in occasione del II Seminario del 12 maggio u.s. e riportate nella relativa Sintesi delle Relazioni dei Gruppi di Lavoro.

Le prospezioni settimanali effettuate nel semestre 20 aprile - 20 ottobre hanno consentito il reperimento di altre 120 specie circa (salvo ulteriori incrementi che potranno eventualmente risultare dalla classificazione del materiale).
Contestualmente sono state affinate alcune tecniche di raccolta specializzate per ambienti e si sono compiuti e registrati rilevamenti sulle correlazioni tra le specie presenti e le principali caratteristiche dei relativi siti di ritrovamento.

L'analisi faunistica ed ecologica dei reperti sulla base dei corotipi, degli ecomorfotipi e delle caratteristiche dei rispettivi habitat, può consentire in via preliminare di configurare i fondamentali lineamenti ambientali del comprensorio, di rilevarne l'evoluzione nei suoi sviluppi più recenti e di identificare le opportunità e le priorità di tutela e di valorizzazione dei suoi aspetti naturalistici.

## RISULTATI E PROGRAMMI PER IL 1995

Seguendo l'articolazione dei punti già enumerati nella Relazione di cui sopra:

- riguardo la fauna acquatica e riparia sono stati effettuati ulteriori reperti di specie di coleotteri idroadefagi (ditiscidi) e geoadefagi igrofili (carabidi), visitando località e microambienti aventi tipologie e caratteri peculiari.
  Le raccolte di larve di ditteri acquatici sono risultate scarsamente produttive a causa della persistente siccità stagionale che ha drasticamente ridotto la presenza, il volume e la qualità biologica delle raccolte d'acqua.
  Sono state completate le determinazioni dei primi lotti di coleotteri carabidi (prof. Augusto Vigna Taglianti, Univ. Roma La Sapienza), coleotteri ditiscidi (dr. Gianluca Nardi), ditteri chironomidi (prof. Bruno Rossaro, Univ. di Milano).
- riguardo la fauna arboricola (di xilofagi e di detritivori) sono state reperite altre specie distribuite tra le varie categorie bioclimatiche, sia raccogliendo gli adulti che allevando gli stadi preimmaginali; sono stati inoltre intensificati i rilevamenti volti a precisare la distribuzione e la fenologia delle specie più significative come indicatori ambientali.

- riguardo la fauna del suolo e della lettiera, sono state raccolte in numero specie di coleotteri carabidi, stafilinidi, scarabeidi, tenebrionidi, curculionidi e di ortotteri; particolare attenzione é stata dedicata alla diversificazione delle popolazioni in funzione dei diversi tipi di terreno.
- riguardo la fauna ad attività notturna (lepidotteri eteroceri, alcuni coleotteri) la raccolta al mattino presso le lampade elettriche si è dimostrata molto produttiva, inoltre é stato completato l'allestimento di un dispositivo di raccolta ad hoc.
- riguardo la fauna floricola, delle erbe e del fogliame (coleotteri curculionidi, crisomelidi, coccinellidi, elateridi, ditteri e imenotteri) sono state effettuate raccolte molto abbondanti e diversificate dalla primavera all'inizio dell'estate, mentre nel periodo estivo i risultati più interessanti sono stati ottenuti operando sulla vegetazione igrofila in prossimità dell'acqua.

  Sono risultati abbondanti in autunno gli ortotteri (celiferi, tettigonidi) ed i mantoidei, sul suolo e sulle erbe.

Sono inoltre continuate le ricerche bibliografiche e l'analisi e la definizione delle specifiche per l'immissione dei dati entomologici nel Sistema Territoriale Ambientale di Castelporziano (SITAC), sviluppato e in corso di implementazione presso il Dipartimento Innovazione dell'ENEA.

Circa i risultati delle raccolte, il totale delle specie censite é stato incrementato dalle 333 di aprile ad oltre 450, con i seguenti contributi per ordine: Ditteri circa 50 specie (fino ad aprile 35), Imenotteri 26 (25), Coleotteri 260 (185), Lepidotteri 60 (45), Emitteri 20 (18), Ortotteri 12 (6), Forficulidi 2 (2), Mantoidei 2 (0), Blattoidei 2 (2), Isotteri 1 (1), Embidi 1 (1), Neurotteri 2 (1), Mecotteri 1 (1), Odonati 6 (5), Efemeroidei 1 (1), Tisanuri 1 (1), Dipluri 1 (1), Collemboli 3 (3).

I risultati fino ad ora conseguiti si prestano ad alcune osservazioni e considerazioni preliminari, che potranno essere meglio precisate in futuro sulla base di analisi e di valutazioni statistiche più esaustive.

Si rileva una diversificazione molto netta tra le cenosi più strettamente litoranee localizzate nella macchia e nella lecceta e quelle presenti nelle valli più interne, presso i confini settentrionali della Tenuta (Malafede, Monti del Pero).

Nelle località del primo tipo le specie appaiono meno numerose e più omogenee, mentre nelle altre si ha l'impressione di una sovrapposizione tra popolamenti relitti dell'Agro romano antico ed altri più recenti ed eterogenei, propri prevalentemente dei pascoli e delle coltivazioni, con la presenza incipiente di elementi sinantropi (p. es. tra i ditteri).

Numerose specie risultano strettamente localizzate, anche in un'unica località della Tenuta; altre sono distribuite tra poche località disgiunte anche distanti tra loro, ciò che può indicare una regressione in atto a partire da un areale originario più ampio.

Alcune di queste specie possono essere assunte come indicatori biologici di un'evoluzione ed alterazione ambientale in atto.

Le raccolte di acqua sia permanenti che temporanee hanno dato l'impressione negli ultimi due anni di una drammatica condizione di siccità.

Lasciando ad altre discipline la valutazione quantitativa del fenomeno, l'analisi delle cause e l'eventuale ricerca di rimedi, la prospezione entomologica non può che rilevare la radicale modificazione della tipologia fondamentale di alcuni habitat.

Sull'intera estensione del comprensorio i laghetti si riducono di volume, la durata nel corso dell'anno delle pozze temporanee si abbrevia progressivamente, le praterie acquitrinose si trasformano in prati asciutti, i boschi umidi cessano di essere tali.

L'entomofauna igrofila diviene ovunque sempre più marginale e relitta, i suoi margini di sopravvivenza si restringono.

Se il fenomeno persistesse, si modificherebbero in modo radicale ed irreversibile alcune delle caratteristiche principali che rendono peculiari ed irripetibili l'ambiente e l'entomofauna della Tenuta.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | FAUNA |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | IL POPOLAMENTO DI ODONATI |
| *RESPONSABILE* | Prof. G. Carchini |
| *UNITA' OPERATIVA* | Univ. di Roma "Tor vergata" - Dip. di Biologia |

## PRIMI RISULTATI

Nell'anno 1994 sono continuate le ricerche, iniziate già da tempo, su alcune specie di Odonati di particolare interesse. Sono stati condotti intensi campionamenti di stadi larvali di diverse specie di *Lestidae* in numerose pozze sia temporanee che permanenti, al fine principale di chiarire i problemi di convivenza fra specie simili, in particolare fra le conspecifiche *Calcholestes parvidens* e *C. viridis*. Gli individui campionati sono stati sottoposti ad analisi morfometriche e dei sistemi gene-enzima. I dati devono essere ancora elaborati compiutamente, ma le prime elaborazioni mostrano una separazione temporale nel periodo finale dello sviluppo larvale. Alcuni risultati saranno oggetto di una comunicazione al prossimo XIII International Symposium of Odonatology che si terrà ad Essen nel prossimo agosto.

## PROGRAMMA PER IL 1995

Nella prossima stagione estiva verranno compiute ricerche sulla fitness riproduttiva di alcune specie. Tali ricerche, che verranno svolte in alcuni selezionati biotipi, comprenderanno osservazioni etologiche su individui su individui marcati, sui quali verranno poi compiute analisi morfometriche e genetiche. Lo scopo è di mettere in relazione la fitness riproduttiva di singoli individui con il loro grado di eterozigosi e di asimmetria. In particolare nelle suddette specie del genere *Calcholestes* ci si attende che tali parametri mostrino effetti dovuti alla introgressione già dimostrata dai campionamenti del 1994.

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | **F A U N A** |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | DEMOGRAFIA E STRUTTURA DELLE POPOLAZIONI DEL DAINO E DEL CINGHIALE |
| *RESPONSABILE* | Dott. S. Focardi |
| *UNITA' OPERATIVE* | Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica - Ozzano dell'Emilia (Bologna) |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | S. Focardi, S. Toso |

## INTRODUZIONE

Gli obbiettivi e l'articolazione del progetto di ricerca sull' ecologia degli ungulati della Tenuta Presidenziale -- cinghiale (*Sus scrofa*), capriolo (*Capreolus capreolus*), daino (*Cervus dama*) e cervo (*Cervus elaphus*) -- sono basati sui risultati ottenuti dai programmi di studio e di gestione che, a partire dal 1988, sono stati condotti nella Tenuta dall' Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica. Scopo della presente relazione è quello di riassumere alcuni dei principali risultati ottenuti attraverso l'analisi dei risultati dei censimenti periodici delle popolazioni di daino e di cinghiale, le due specie più abbondanti e le uniche che sono state sistematicamente soggette ad un programma di contenimento numerico. Tale programma è stato motivato dalla necessità di contenere l'impatto delle popolazioni sulle fitocenosi ed, in particolare, sul rinnovo del soprassuolo boschivo, come prescritto dall'ultimo ultimo piano decennale di assestamento dei boschi e dei pascoli della Tenuta..

Gli studi di demografia delle due popolazioni, oltre ad assicurare immediate ricadute di carattere applicativo sulla gestione della Tenuta che hanno motivato il lavoro, hanno fornito dati interessanti per la comprensione del rapporto grandi erbivori/foresta negli ecosistemi mediterranei in generale. La demoecologia degli ungulati degli ambienti costieri del bacino mediterraneo è infatti ancora scarsamente documentata, mentre molti di tali ambienti sono attualmente a rischio di distruzione [1]. L' esperienza acquisita con la gestione delle popolazioni di ungulati della Tenuta potrà, inoltre, fornire utili indicazioni per migliorare la gestione faunistica sia delle aree di caccia, sia di quelle protette; nelle prime si osservano spesso popolazioni destrutturate dal punto di vista delle frequenze relative delle varie classi di sesso ed età, mentre le seconde sono spesso caratterizzate da densità eccessive. La gestione della fauna intesa come risorsa naturale rinnovabile è oggi una scienza pienamente sviluppata e la formulazione di adeguati modelli matematici convalidati sperimentalmente permette di descrivere la dinamica delle popolazioni e di analizzare in dettaglio gli effetti a lungo termine di diverse politiche di prelievo, permettendo di selezionare quella che meglio si adatta al raggiungimento degli obbiettivi prefissati [2,3].

## METODI

Nel periodo 1990-94, i censimenti del daino sono stati condotti durante il mese di marzo utilizzando 34 postazioni fisse (per la maggior parte dotate di altane o palchetti) distribuiti in tutte le aree aperte della Tenuta. Allo scopo di valutare quanto la popolazione di daino risulti sottostimata utilizzando questo metodo di conteggio, sono stati eseguiti censimenti di controllo dei maschi adulti durante il periodo riproduttivo (settembre-ottobre) attraverso il riconoscimento individuale dei soggetti avvistati [4]. La

popolazione di cinghiale è stata regolarmente censita durante il mese di agosto osservando gli animali che frequentano i punti di foraggiamento appositamente predisposti (60 governe opportunamente distribuite nell'area di studio). Il prelievo annuale dei daini è stato condotto tramite abbattimenti selettivi concentrati soprattutto nel periodo novembre-gennaio, mentre quello dei cinghiali è stato realizzato in larga misura tramite catture effettuate nel mese di settembre utilizzando 36 trappole.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Dinamica di popolazione del daino

La stima della struttura della popolazione di daino e dei suoi parametri demografici è riassunta nella Tab. 1. La mortalità naturale è globalmente bassa, anche se le femmine adulte sembrano essere caratterizzate da valori di mortalità inferiori rispetto a quelli riscontrabili nei maschi adulti; fra questi ultimi i balestroni sono quelli caratterizzati dalla maggiore mortalità. Sulla base di questi dati è stato sviluppato un modello di dinamica di popolazione [5] che ha permesso di valutare come questa popolazione, in assenza di prelievo, risulti caratterizzata da un tasso finito di crescita, $\lambda$, positivo ($\lambda$=0.11); in tale situazione la popolazione supererebbe il numero di 10.000 capi in 22 anni. Applicando la politica di prelievo utilizzata in questi ultimi anni invece la popolazione è destinata a rimanere all' incirca costante ($\lambda$=-0.023). La distribuzione stabile d'età prevede che la popolazione debba essere composta dal 49% di femmine e dal 30% di maschi adulti. Attualmente si registra invece un percentuale di femmine del 54%; tale piccola discrepanza potrà essere corretta facilmente nel corso dei prossimi piani di prelievo.

### Dinamica di popolazione del cinghiale

La dinamica di popolazione del cinghiale si presenta molto diversa rispetto a quella del daino. I dati riportati in Tab. 2 dimostrano l' esistenza di forti variazioni interannuali nella dimensione della popolazione, variazioni che sono determinate da fluttuazioni nei tassi di sopravvivenza e di natalità.
Queste fluttuazioni indicano come sia necessario includere la variabilità ambientale nel modello di dinamica di popolazione per questa specie. La simulazione della dinamica della popolazione di cinghiale della Tenuta per un periodo di 500 anni è riportata in Fig. 1. Il grafico mostra alcune delle principali caratteristiche specifiche dell' evoluzione demografica della popolazione studiata: periodi caratterizzati da una buona densità si alternano a brusche crisi in cui la specie raggiunge livelli prossimi all'estinzione: tuttavia la popolazione ha forti capacità di ricupero ed in pochi anni ritorna ai livelli normali. Il confronto fra questa popolazione, la cui dinamica è fortemente influenzata dalle oscillazioni ambientali e una ipotetica popolazione che viva in condizioni ambientali costanti (modello deterministico) mostra come la popolazione studiata risulti controllata principalmente dalle fluttuazioni ambientali più che da effetti di dipendenza dalla densità, cioè dalla competizione intraspecifica. Poiché lo scopo principale della gestione del cinghiale a Castelporziano è la sua conservazione (motivata anche dalle intrinseche qualità genetiche della popolazione) e poiché la simulazione riportata in Fig. 1 mostra come essa corra un certo rischio di estinzione, in Fig. 2 viene riportata la probabilità di estinzione in funzione del tasso di sopravvivenza dei giovani e degli adulti. Questa analisi rivela come un tasso di sopravvivenza degli adulti >0.7 riduca quasi a zero i rischi di estinzione, mentre valori <0.5 comportino la scomparsa della popolazione. La figura inoltre evidenzia come la sopravvivenza dei giovani abbia effetti meno drammatici per la conservazione della popolazione di quella degli adulti. Questo risultato (insieme a quelli derivanti da altre analisi non presentate in questa sede [5]) suggeriscono l'opportunità di concentrare il prelievo sui giovani. Lo scopo principale del futuro lavoro sul cinghiale sarà quello di mettere in relazione le variazioni dei parametri demografici della popolazione con la disponibilità delle risorse per questa specie [6]. L'intendimento è quello di ottenere un modello in grado di orientare i prelievi sulla base di fondate previsioni della dinamica a breve termine basate sulla stima precoce della produttività ambientale.

Si ringraziano il Dott. V. Chiarelli, l' Ing. A. Tinelli, il Sig. A. Scappi e la Sig.na E. Pecchioli per il loro aiuto nel lavoro di campo, l' Amministrazione della Tenuta che ha messo a disposizione due contratti di studio (per V. Chiarelli ed E. Pecchioli) ed ha consentito l' utilizzo dei dati dei censimenti e delle catture, ed infine i Cacciatori-Guardie della Tenuta che hanno fornito importanti contribuiti operativi in molte fasi del lavoro.

## BIBLIOGRAFIA

[1] NAVEH, Z., LIEBERMAN, A.S., 1984, Landscape ecology. Theory and application. Springer-Verlag, Berlin.

[2] CLARK, C. W., 1990, Mathematical bioeconomics. The optimal management of renewable resources. John Wiley & Sons, New York, 386 pp.

[3 ] GETZ, W.M., HAIGHT, R.G., 1989, Population harvesting. Demographic models of fish, forest and animal resources. Monographs in population biology 27, Princeton University Press, Princeton, 391pp.

[4] FOCARDI, S., CHIARELLI, V., TINELLI, A., 1991, The individual identification of bucks in Fallow deer (*Cervus dama*). Proceedings of XXth IUGB Congress. Godollo 21-26 August 1991.

[5] FOCARDI, S., TOSO, S., PECCHIOLI, E., subm., The population dynamics of fallow deer and wild boar in a Mediterranean ecosystem. Forest Ecol. Manage.

[6] TILMAN, D., 1982, Resource competition and community structure. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, pp. 296.

Tab. 1. Numero di daini delle diverse classi di sesso ed età osservati durante i censimenti primaverili, presenti durante l'estate dopo i parti e in inverno dopo il prelievo (s= tasso di sopravvivenza)

| | primav. | estate | prelievo | inverno | s |
|---|---|---|---|---|---|
| Maschi giovani | 100 | 143 | 27 | 116 | 0.86 |
| Fusoni (2 anni) | 78 | 100 | 19 | 81 | 0.96 |
| Balestroni (3-4 anni) | 62 | 109 | 14 | 95 | 0.65 |
| Palanconi (>4 anni) | 95 | 126 | 13 | 113 | 0.85 |
| Femmine giovani | 94 | 143 | 21 | 122 | 0.72 |
| Femmine adulte | 502 | 590 | 49 | 541 | 0.93 |
| Totale | 931 | 1211 | | 1068 | |
| Prelievo totale | | | 143 | | |

Tab. 2. Risultati dei censimenti estivi del cinghiale.

| Anno | 89-90 | 90-91 | 91-92 | 92-93 | 93-94 |
|---|---|---|---|---|---|
| ESTATE | | | | | |
| Giovani | 342 | 941 | 34 | 391 | 384 |
| Subadulti | 174 | 68 | 57 | 15 | 264 |
| Adulti | 424 | 507 | 260 | 185 | 466 |
| Indeterminati | 135 | 39 | 8 | 15 | 53 |
| INVERNO | | | | | |
| Giovani | 342 | 668 | 34 | 182 | 164 |
| Subadulti | 92 | | 36 | 15 | 84 |
| Adulti | 130 | 120 | 108 | 59 | 32 |
| Giovani/femmina | 2.34 | 4.11 | 0.40 | 5.21 | 3.02 |
| Sopravvivenza giovani | 0.20 | 0.09 | 0.44 | 1.0 | 0.66 |
| Sopravvivenza adulti | 0.73 | 0.46 | 0.39 | 1.0 | 0.64 |

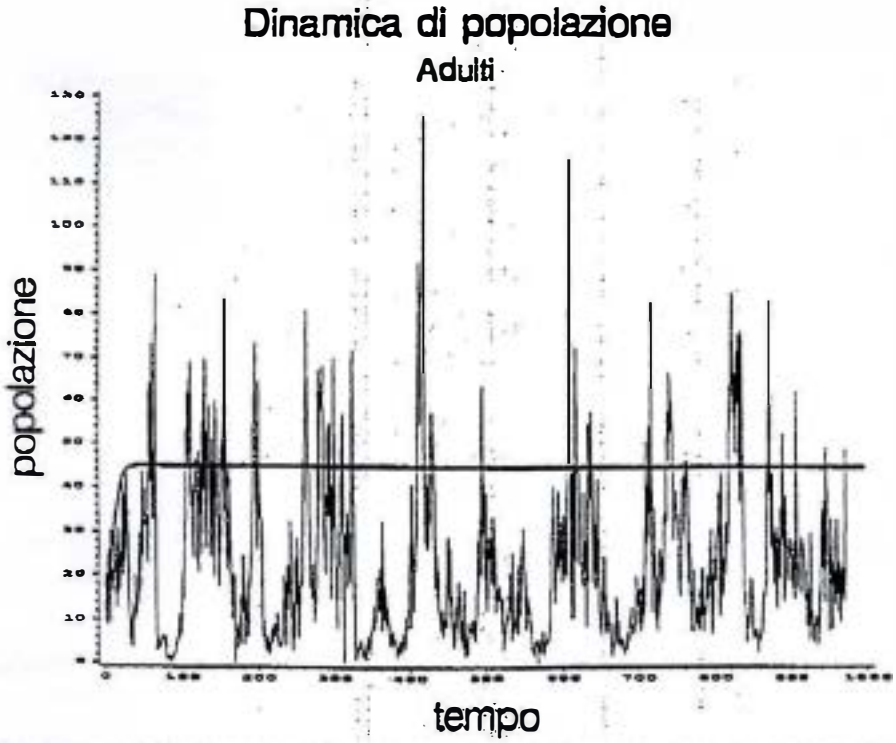



**Fig. 1.** Simulazione della dinamica del segmento adulto della popolazione di cinghiale in un periodo di 500 anni. La linea continua spessa si riferisce al modello deterministico.

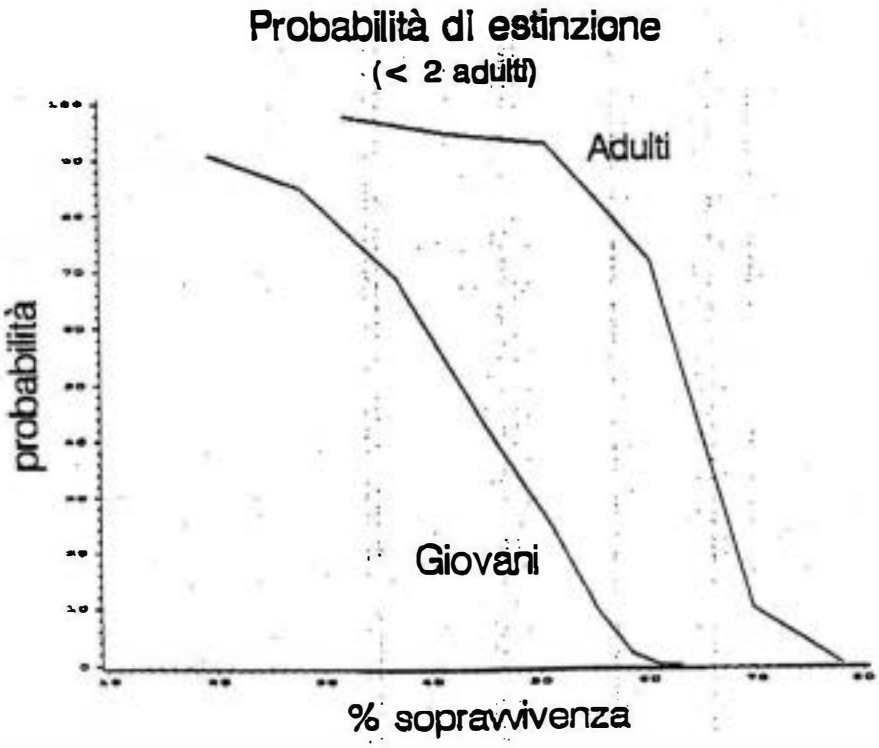



**Fig. 2.** Probabilità di estinzione della popolazione di cinghiale in funzione della sopravvivenza.

II° SEMINARIO
12 MAGGIO 1995

GRUPPO DI LAVORO

# IMPATTO ANTROPICO

Responsabile: Dott. Ing. Aleandro Tinelli

**UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI**

**Tenuta di Castelporziano**
*A. Tinelli, D. Duchini*

**W.W.F. Fondo Mondiale per la Natura - Italia**
*F. Pratesi*

**Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare - Ministero dell'Ambiente**
*M. Baradà*

| | |
|---|---|
| *GRUPPO DI LAVORO* | IMPATTO ANTROPICO |
| *TITOLO DELLA RICERCA* | STUDIO SULL'EVOLUZIONE STORICA DEGLI INSEDIAMENTI URBANI E SULL'OCCUPAZIONE DEI SUOLI |
| *RESPONSABILE* | Dott. Ing. A. Tinelli |
| *UNITA' OPERATIVA* | ITenuta di Castelporziano - Roma |
| *PARTECIPANTI ALLA RICERCA* | A. Tinelli, D. Duchini |

## INTRODUZIONE

Lo studio sull'evoluzione storica degli insediamenti urbani ha messo in evidenza la trasformazione che il paesaggio urbano ed ambientale ha subito nel corso degli anni. La storia, politico-economica incide con segni indelebili il territorio.
Le interrelazioni fra la città e la campagna sono state sempre trascurate. In realtà la campagna si trasforma continuamente in città vera e propria, ed è per lo più considerata riduttivamente come semplice spazio libero da modificare.
Fino a qualche decina di anni fa si notava una consistente continuità ambientale fra la Tenuta di Castelporziano ed i territori circostanti. Non è ancora scomparso il ricordo della macchia mediterranea che si estendeva fino alle porte della città lambendo la Via Laurentina, la Via Pontina e la Via del Mare, dall'E.U.R fino al mare, con una estensione di boschi e di macchie lungo la valle del Tevere.
La scomparsa di queste relazioni naturali con i territori circostanti ed il degrado ambientale hanno provocato l'allontanamento e la scomparsa di numerose specie animali, quali la ghiandaia marina ed il nibbio reale prima nidificanti nelle pinete di Ostia, nonché la martora, il gatto selvatico e la lontra presenti fino alla metà del ventesimo secolo. Quest'ultima, che era diffusa anche negli stagni litoranei della maremma laziale, è ormai in via di estinzione in Italia. Gli impatti antropici, l'urbanizzazione non programmata ed il degrado delle aree limitrofe hanno così interrotto qualsiasi forma di relazione ambientale e territoriale circondando la Tenuta come un'isola ecologica ormai separata con alti muri e recinzioni dal resto del territorio.
Negli anni '50-'60 corrispondenti al boom economico, è avvenuto un forte spopolamento dei centri minori con conseguente aumento della popolazione urbana di Roma e zone limitrofe, la cui punta massima si è avuta negli anni '70 dopo di che è iniziata una inversione di tendenza che appare ancora in corso, cosicché i centri minori vedono arrivare nuove famiglie a sostituire gli anziani o ad occupare edifici costruiti come seconde case. Tale fenomeno appare causato oltre che dalla crescente invivibilità delle grandi città anche dalle condizioni socio-economico generali .

## RISULTATI

Le indagini sull'evoluzione storica dello stato urbanistico della Tenuta di Castelporziano e delle sue aree limitrofe ha comportato numerose ricerche per l'acquisizione dei dati presso gli Enti e le Amministrazioni Comunali e Provinciali competenti per territorio, nonché frequenti sopralluoghi per verificare lo stato delle aree oggetto a normative vincolistiche.
E' stata redatta una cronistoria, sia in base alle varie leggi e decreti che hanno interessato la zona, sia verificando come tali normative attraverso le diverse varianti del P.R.G. abbiano modificato il territorio. Queste trasformazioni sono documentate dalla successione temporale delle aerofotografie che mostrano chiaramente il progressivo sviluppo dell'urbanizzazione.

## RILIEVI AEREOFOTOGRAFATI

**1944** Volo R.A.F.
Gli insediamenti sono elementi sparsi nella campagna romana attraversata dalla Cristoforo Colombo e dal Viale di Castelporziano.

**1957** Volo Aeronautica Militare
Inizia lo sviluppo di Ostia. Il litorale è segnato in modo evidente dagli stabilimenti balneari.

**1959** Rilevamento aereo fotografico A.M.
Si evidenziano gli insediamenti multiformi nella zona dell'Infernetto mentre la campagna rimane ancora intatta.

**1964** Rilevamento aereo fotografico A.M.
Sorgono improvvisamente gli insediamenti di Castel Romano, Castel di Decima e Spinaceto.

**1969** Rilevamento aereo fotografico A.M.
Casal Palocco e la lottizzazione Colombia assumono consistenza.

**1975** Rilevamento aereo fotografico A.M:

**1980** Volo della Ditta SARA NISTRI
Ormai la tenuta è stretta dalla cementificazione del territorio a nord da Spinaceto, a est dall'Infernetto e ad Ovest da Castel Romano.

**1984** Rilevamento aereo fotografico A.M.
Le aree di Casal Palocco e dell'Infernetto sovrastano ed attanagliano sempre più la Tenuta.

**1986** Rilevamento Aereo fotografico Istituto Superiore di Sanità

**1991** Volo Italia Ministero Ambiente
La Tenuta nonostante la sua grande estensione ha assunto l'aspetto di una vera e propria isola verde immersa nella periferia urbana.

**1992** Volo Enea
L'urbanizzazione si infittisce e vengono occupate le ultime aree libere.

**1993** Volo Regione Lazio
Gli insediamenti urbani continuano ad aumentare progressivamente fino alla saturazione del territorio.

## EVOLUZIONE DEMOGRAFICA E DENSITA' ABITATIVA

L'indagine sulla evoluzione demografica ed abitativa trova il punto di partenza fondamentale nei dati fornitici dai censimenti che si sono succeduti nel corso degli anni. La successiva interpretazione da una attenta lettura evidenzia che la mutata dimensione della città e di conseguenza le sue divisioni amministrative rendono difficile la comparazione dei dati numerici ricavati nei diversi censimenti tenuti a Roma dal 1861 sino al 1991.
In Italia sono stati effettuati fino ad oggi 13 censimenti.
Il primo fu fatto nel 1861 dopo di ché, a seguito di una legge che stabiliva l'esecuzione del Censimento ogni 10 anni, ci si attenne a tale scadenza fino al 1931, ad eccezione del 1891 anno in cui non fu eseguito per difficoltà di carattere finanziario. Successivamente con l'art.1 del R.D. 6 Novembre 1930, n.1503 si stabilì che i Censimenti generali della popolazione dovessero effettuarsi ogni 5 anni. Tale periodicità veniva maggiormente avvalorata dalla legge 4 Luglio 1941 n.766, ma da allora, considerando che le ultime cinque rilevazioni sono state decennali tale norma può considerarsi ormai in disuso. Bisogna specificare che per quanto riguarda le abitazioni, il primo censimento abbinato a quello della popolazione risale solo al 1951; mentre in precedenza erano stati rilevati solamente alcuni parametri concernenti le abitazioni.

L'ultimo censimento è datato 20 ottobre 1991 in attuazione della legge 9 gennaio 1991 n.11 e del relativo regolamento di esecuzione del 23 luglio 1991 n.254 emanato con D.P.R.
Anche se i dati di questo ultimo censimento sono difficilmente confrontabili con quelli passati per le ragioni poc'anzi dette, si possono ugualmente utilizzare come chiave di lettura per evidenziare lo sviluppo subito dalla città.
La suddivisione toponomastica di Roma è data da: Rioni, Quartieri, Suburbi e in 59 Zone dell'Agro Romano.
Attualmente il Comune di Roma è suddiviso in 20 Circoscrizioni suddivise a loro volta in Zone Urbanistiche, tale divisione risale al censimento 1981.
Il territorio oggetto della presente indagine si riferisce alla XIII Circoscrizione e a parte della XII Circoscrizione. Sia la XII che la XIII Circoscrizione sono territori privi di storia a livello abitativo, in quanto per lo più fanno parte di quell'Agro Romano che fino quasi ai primi del secolo conservava quell'aspetto selvaggio non troppo diverso da come lo dovette conoscere Enea al suo sbarco sulle coste laziali.
Solo agli inizi del '900 si decisero i primi estesi interventi di bonifica idraulica per grandi comprensori e gli aiuti economici ai proprietari, con mezzi finanziari adeguati alle opere di trasformazione.
La bonifica di Ostia e Maccarese, zone tra le più infestate dalla malaria, può considerarsi come l'episodio più saliente della conquista dell'Agro Romano che costò il maggior numero di vite.
Un ruolo fondamentale alla trasformazione paesaggistica assume lo sviluppo di Ostia che possiamo considerare effettivamente l'elemento trainante dell'urbanizzazione di Roma Sud, con la connotazione di un polo accentratore, opposto all'E.U.R., mettendo a disposizione la fruizione dei servizi di tutti i nuovi insediamenti sorti attorno alla Tenuta.

Alla XIII Circoscrizione fanno parte i " **Quartieri Marini** "comprendenti Lido di Ostia Ponente, Lido di Ostia Levante e Lido di Castel Fusano; oltre alle zone dell'Agro Romano di seguito riportate:

| | |
|---|---|
| **Tor de Cenci** | parte |
| **Castelporziano** | " |
| **Castel Fusano** | intera |
| **Mezzocamino** | parte |
| **Acilia Nord** | intera |
| **Acilia Sud** | " |
| **Casal Palocco** | " |
| **Ostia Antica** | " |

Dal censimento del '91 sappiamo che la popolazione della XIII Circ.ne è di 161.252 abitanti residenti di cui 78.767 popolazione maschile(48,8%), 82.485 femminile(51,2%), mentre la popolazione presente è di 161.350 (Tav.1).
Solo i Quartieri Marini hanno una popolazione di 80.556 residenti questo dato ci fa capire l'importanza che assume Ostia all'interno della XIII Circ.ne.
Il conteggio del numero delle abitazioni costruite nei diversi periodi, che vanno da prima del 1919 fino al 1991, fornisce una chiara indicazione per capire lo sviluppo dei singoli insediamenti (Tav.2).

**Ostia** nasceva agli inizi del 1900 e si esauriva in poche costruzioni di legno abitate da soli pescatori rendendo difficile prevederne il suo futuro.
Dal '19 al '45 i programmi urbanistici prevedono per Ostia un futuro come "spiaggia di lusso" vicina alla Capitale dando così un maggiore impulso alla zona di O. Levante considerata la parte elegante del quartiere con la costruzione di 1.608 abitazioni rispetto alle sole 471 della zona di O. Ponente.

Quando Ostia diventa "il mare di Roma" ovvero tra gli anni '46 e'60, si ha il vero e proprio boom edilizio con un incremento delle abitazioni pari al 277% concentrato maggiormente nella zona di Ostia Levante.
Significativi per questo quartiere sono gli anni tra il '61 e il '71 in cui con la costruzione delle case popolari si ha un forte, ma negativo sviluppo, relegando Ostia a quartiere periferico con 10.517 abitazioni costruite ad Ostia Ponente contro le 7.575 di Ostia Levante.
Successivamente l'edilizia subisce un leggero rallentamento e negli anni tra il '72 e 1'81 si vede quasi dimezzato il numero di nuove costruzioni rispetto agli anni precedenti si ha infatti un incremento pari al 217% inferiore al periodo fra il '46 ed il '60.
Dal 1982 al 1991 con le nuove varianti del P.R.G. l'unica zona edificabile rimane la zona di Ponente così che si hanno 791 nuove abitazioni contro le 10 della zona di Levante .
Ostia nel corso di tutti questi anni conta 35.117 unità abitative con una popolazione di 79.613 residenti.

L'area di **Casal Palocco** viene urbanizzata intorno agli anni '50; il suo boom edilizio lo riscontriamo nel decennio tra il '61 e il '71 con la costruzione di 3.248 abitazioni, successivamente si mantiene una media di circa 260 nuove unità abitative annue, con un incremento del 141% annuo. Dal '19 al '91 Casal Palocco conta 8.495 abitazioni ed una popolazione residente di ben 22.388 persone.

La crescita di **Ostia Antica** avviene alle spalle del bellissimo borgo dominato dal Castello di Giulio II che lo caratterizza, limitata dal viale dei Romagnoli e via Capo due Rami, e trova un limite nell'avanzamento edilizio con gli scavi archeologici di Ostia considerati tra i più importanti per le diverse tipologie edilizie che vi si possono trovare, è area sottoposta a vincolo archeologico e nasconde tesori Romani.
La sua crescita è priva di veri e propri picchi, se si esclude il decennio tra il '72 e il '81, in cui si costruiscono 756 abitazioni.
Ostia Antica conta un totale di 1.976 abitazioni e 5.246 persone residenti.

L'area di **Castel Fusano** molto vicina alla Tenuta, vede una impennata nello sviluppo edilizio nel decennio '72-'81 con 1.389 abitazioni per poi scendere notevolmente tra gli anni '82 -'91. Castel Fusano ha un totale di 2.896 unità abitative con una popolazione residente di 6.876 unita, mentre **Castelporziano** conta 193 abitazioni costruite dal 1919 al 1991 Gli anni di maggiore attività edilizia sono tra il '46 e il '60 dove di quell'epoca risalgono 62 costruzioni; nei successivi anni si è riusciti a contenere l'espansione edilizia.

Tra tutte le suddivisioni dell'Agro Romano la zona di **Acilia** è quella maggiormente urbanizzata.
Gli anni '46-'60 sono per Acilia molto significativi, in quanto danno un vero e proprio impulso allo sviluppo edilizio con la costruzione di 1.015 unità abitative con un incremento del 33,3% per Acilia Nord e 2.031 con un incremento del 66,7% per Acilia sud rispetto alle 283 per A. Nord e le 116 di A. Sud realizzate prima del '45. Successivamente lo sviluppo edilizio mantiene una media di 400 nuove abitazioni annue.
L'inurbamento di Acilia Nord e di Acilia Sud conta un totale di 16.572 di abitazioni ed una popolazione residente di 46.006 unità.

La **XII Circoscrizione** si inserisce all'interno della città con i quartieri: Europa, Giuliano Dalmata e parte del quartiere Ostiense.
Le zone dell'Agro Romano facenti parte della XII Circoscrizione sono:

| | |
|---|---|
| **Cecchignola** | intera |
| **Castel di Leva** | " |

| | |
|---|---|
| **Fonte Ostiense** | intera |
| **Vallerano** | " |
| **Castel di Decima** | " |
| **Torrino** | " |
| **Mezzocamino** | " |
| **Tor di Valle** | " |
| **Tor de' Cenci** | parte |
| **Castelporziano** | intera. |

Dai dati risalenti al censimento del '91, la XII Circoscrizione conta 133.722 residenti di cui 65.500 di sesso maschile (48,9%) e 68.22 sesso femminile (51,1%) mentre, la popolazione presente è di 135.667.
Le zone dell'Agro Romano limitrofe alla Tenuta sono:

| | |
|---|---|
| **Tor de Cenci** | parte |
| **Castel di Decima** | intera |
| **il Torrino** | " |
| **Mezzo camino** | parte. |

Infatti anche se non propriamente attigua alla Tenuta la zona del Torrino contribuisce al degrado delle caratteristiche ambientali del territorio.

**Castel di Decima** vede il suo impulso edilizio intorno agli anni il '61-'71 raggiungendo il massimo tra il '72 e l'81, poi dal '82 al '91 le varie regolamentazioni edilizie riescono a frenare l'edilizia facile. Castel di Decima ba un totale di 2.399 costruzioni ed una popolazione residente di 6.191.

**Mezzocamino** ha il maggior numero di abitazioni, ben 862, risalenti agli anni '46-'60, successivamente riscontriamo un decremento fino ad arrivare negli anni '82-'91 a 100 nuove abitazioni per un totale di 2.332 costruzioni sorte tra gli anni '19 e '91 ed una popolazione di 5.650.

Per quanto riguarda **Tor de Cenci** la massima densità abitativa si ha negli anni '72-'81 .Da questo periodo in poi si ha una irrefrenabile attività edificatoria, basti pensare che si costruiscono ogni anno circa 233 (44,29%) nuove abitazioni contro le 526 realizzate nei sessant'anni precedenti.

**Il Torrino** appare come una area libera dove l'incalzante crescita urbanistica viene messa in evidenza dai dati fornitici dal censimento. Sorto praticamente negli anni 60 tra il decennio '61-'71 non trova alcun freno ed è sempre un crescendo raggiungendo così nel '91 un totale di ben 9.328 abitazioni rispetto alle 251 presenti prima del '45, con un incremento del 3716%, ed una popolazione residente di 23799 persone (Tav.3).

Nella XIII Circoscrizione, in cui vengono inglobati tutti i Quartieri Marini, viene messo in evidenza un alto numero di abitazioni adibite a seconde case. Lo sviluppo della città e quindi la sua intensità edilizia non sempre si identifica con l'intensità abitativa.
Tale fenomeno ha creato una considerevole mobilità stagionale della popolazione; 5.566 (48,1%) abitazioni sono utilizzate per la vacanza mentre 894 (7,7%) per lavoro e/o studio, altre 5.096 (44%) non sono utilizzate, ma non per questo si considerano disponibili raggiungendo un totale di 11.556 abitazioni non occupate.
Nella XII Circoscrizione per quanto riguarda le seconde case o case di vacanze la situazione è decisamente inferiore ma non per questo meno importante poiché comunque 7.597 unità non sono utilizzate.
Tale situazione si è andata via via determinando a seguito della forte spinta data dalla politica edilizia alla casa come bene rifugio incentivando l'attività edificatoria come investimento a garanzia di un futuro sicuro (Tav.4).

## ANALISI LEGISLATIVA DEI VINCOLI PAESAGGISTICI ED AMBIENTALI

- La prima legge introdotta nell'ordinamento giuridico dello Stato unitario Italiano che si occupa della protezione delle "bellezze naturali è la **Legge 23 giugno 1912 n°688.**
  Essa estende alle ville, ai parchi, e ai giardini aventi interesse storico e artistico quanto stabilito dalla legge 20 giugno 1909 n°364 per le cose mobili e immobili aventi le stesse caratteristiche.
- **La Legge 11 giugno 1922 n°778** introduce anche se in modo abbastanza sommario le "bellezze panoramiche" ampliando così il raggio di protezione.
  Il 15 giugno 1939, Bottai allora ministro all'Educazione Nazionale presenta alla Camera un disegno di legge recante una normativa più specifica riguardo alle "bellezze naturali e panoramiche" rispetto alla legge del 11 giugno 1922 n°778. Avverte la carenza della normativa di delineare in modo chiaro il "riconoscimento della bellezza" da proteggere e l'esigenza di un piano paesistico territoriale al fine di garantire la salvezza di tali "bellezze paesistiche e panoramiche".
- La **Legge 29 giugno 1939 n°1497** prendendo in considerazione le segnalazioni fatte dal ministro Bottai dispone all'art.1 che:
  "Sono soggette alla presente legge a causa del loro notevole interesse pubblico:
  1)le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica;
  2)le ville, i giardini e i parchi che, non contemplati dalle leggi per la tutela delle cose d'interesse artistico o storico si distinguono per la loro non comune bellezza.
  3)i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale
  4)le bellezze panoramiche considerate come quadri naturali e così pure quei punti di vista o di belvedere accessibili al pubblico, dai quali si goda lo spettacolo di quelle bellezze.
  Sono queste le basi sulle quali le leggi e i decreti, successivi hanno lavorato al fine di garantire la salvaguardia del territorio.
- Il primo **Decreto Ministeriale** in cui si parla esplicitamente della Tenuta è quello risalente al **21 ottobre 1954.** Si dichiara di notevole interesse pubblico la fascia costiera di Ostia, Anzio e Nettuno sita nell'ambito dei Comuni di Roma, Pomezia, Anzio e Nettuno. Tale fascia è "delimitata da una parte dalla spiaggia, dalle altre da una linea che dalla foce dal Tevere attraversa l'Ostiense e l'autostrada, comprende poi tutta la Pineta di Castelfusano fino al Canale allacciante la Lingua, quindi la macera di confine della Tenuta di Castelporziano, segue poi l'andamento della strada litoranea comprendendo una fascia di metri cinquanta a monte di questa, inserendo anche l'altura di Sant'Anastasio giungendo così sul limitare dell'abitato di Anzio."
- Con il **Decreto Ministeriale del 9 Aprile 1957** si dichiara di notevole interesse pubblico la zona del viale Cristoforo Colombo, sita nel Comune di Roma. Il Ministro vista la legge 29 giugno 1939 n.1497 sulla protezione delle bellezze naturali, decreta che "la zona del Viale Cristoforo Colombo, compresa tra l'incrocio del viale stesso con via di Castelporziano e il Canale allacciante la Lingua, con due strisce laterali di metri duecento dal ciglio stradale, ha notevole interesse pubblico ed è quindi sottoposta a tutte le disposizioni contenute in essa."
  Alle tante polemiche ed obiezioni poste dalle varie società immobiliari, il Decreto chiarisce che il vincolo non significa divieto assoluto di edificabilità, ma impone soltanto l'obbligo di presentare alla competente Sovrintendenza, per la preventiva approvazione, qualsiasi progetto di costruzione che si intenda realizzare nella zona.
- Il **Decreto Ministeriale del 22 maggio 1985** integra il precedente Decreto delimitando le zone di viale Cristoforo Colombo, di Decima-Trigoria, e di Castelporziano e vietando fino al 31 dicembre 1985 modificazioni dell'assetto del territorio nonché opere edilizie e lavori fatta eccezione per i lavori

di restauro conservativo, nonché per quelli che non modificano l'aspetto esteriore dei luoghi in attesa di una variante al P.R.G. che risani la zona.
La vecchia legge del 29 giugno 1939 n°1497 in ambito di vincolo territoriale prevedeva una procedura piuttosto complicata affinché alcune specifiche ed isolate zone di particolare pregio ambientale fossero sottoposte a vincolo e quindi protette nella loro integrità da ogni azione degradante, in primo luogo dall'abusivismo edilizio.
La creazione di queste aree di protezione era fino ad oggi relegata a casi del tutto sporadici e soggetta a lunghe e contorte pratiche.
La legge di salvaguardia dell'ambiente si occupava di tutelare prevalentemente i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale.

- La **legge 8 agosto 1985 n°431** invece classifica con decorrenza immediata, come bellezze naturali soggette a vincolo, tutta una serie di territori individuati per categorie morfologiche. Se ne ricava una nuova e più precisa nozione del termine paesaggio; il paesaggio non è più soltanto un quadro estetico, ma una realtà vivente, è un bene di interesse ambientale coessenziale alla vita dell'uomo.
  Lo stesso testo della legge riguarda non più la tutela delle bellezze naturali ma "La tutela delle zone di particolare interesse ambientale."
  Pertanto accanto al concetto di estetica si introduce il concetto di ambiente, dove si comprendono flora, fauna ed ecosistema che nella legge del 1939 erano sottaciuti non essendovene l'urgenza..
- Con l'emanazione del **Decreto del Presidente della Repubblica n° 616 del 1977** che delega (art.83) alle Regioni numerose competenze dello Stato tra cui gli interventi per la protezione della natura, le riserve ed i parchi naturali, nasceva la concreta possibilità per le stesse Regioni di delineare gli ambiti e le linee politiche di tutela ambientale mediante la predisposizione di piani e sistemi di proprie aree protette ad integrazione della rete delle aree rimaste di competenza dello Stato.

La Regione Lazio, nello stesso anno di entrata in vigore del D.P.R. n° 616 promulgava la **Legge del 28 novembre 1977 n° 46** denominata "Costituzione di un sistema di parchi regionali e delle riserve naturali".
Il Parco urbano della Pineta di Castelfusano fu il primo istituito dalla Regione Lazio con la **Legge Regionale del 26 Giugno 1980 n° 91.**
Nel 1993 in attuazione della L.R.46/77 veniva identificata la zona di Castelporziano-Capocotta come area di interesse nazionale.
Per quanto riguarda i vincoli archeologici tra le zone limitrofe alla Tenuta le parti maggiormente segnalate sono Piana Bella e Acilia. Tali vincoli fanno riferimento alla **Legge del 1 giugno 1939, n° 1089** sulla tutela delle cose di interesse artistico e storico.

## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

### Legislazione nazionale

**Legge 23 Giugno 1912 n°688**
**Legge 11 giugno 1922 n°778**
Legge 29 giugno 1939 n°1497 e successive applicazioni **D.M. 21 ottobre 1954; D.M. 9 aprile 1957; D.M. 22 maggio 1985.**
**Legge Galasso 8 agosto 1985 n°431.**
**D.M. n°428 del 28 luglio 1987**
(Decreto Pavan) per l'individuazione delle aree per il Parco Naturale del Litorale.

## Leggi regionali

**Legge Regionale 2 luglio 1974, n° 30.**
"Disciplina di salvaguardia per l'esecuzione di costruzioni ed opere lungo le coste marine e le rive dei laghi nonché in alcuni territori della Regione".
**Legge Regionale 31 dicembre 1974, n° 73.**
Proroga della Legge Regionale 2 luglio 1974,n°30
**Legge Regionale 21 gennaio 1976, n° 4.**
Proroga della Legge Regionale del 2 luglio 1974, n°30.
**Legge Regionale 25 ottobre 1976, n° 52.**
Modifiche ed integrazioni della Legge Regionale 2 luglio 1974,n°30.
**Legge Regionale 18 novembre 1977, n° 44.**
"Studi indagini ed interventi anche sperimentali per la difesa della costa laziale e la formazione di un piano generale di opere portuali di competenza della Regione".
**Legge Regionale del 28 novembre 1977, n° 46.**
"Costituzione di un sistema di parchi Regionali e delle riserve naturali".
**Legge Regionale 26 giugno 1980, n° 91.**
Istituzione del Parco Urbano della Pineta di Castel Fusano".
**Legge Regionale 16 Marzo 1982 n°13**
Disposizioni urgenti per l'applicazione nella Regione Lazio della Legge 29 giugno 1939 n.1497.
**Legge Regionale 10 agosto 1984, n° 49.**
Modifiche ed integrazioni della legge regionale 2 luglio 1974, n°30 e della legge regionale 25 ottobre 1976, n.° 52.
**B.U.R. del 10 febbraio 1993.**
"Schema regionale per l'individuazione e la salvaguardia delle aree protette regionali indicando le aree protette di Capocotta e Castelporziano di interesse nazionale".

## ANALISI DEL PIANO REGOLATORE GENERALE

Nel 1870 Roma si sveglia Capitale e si scuote da quel torpore medievale in cui sonnecchiava con la consapevolezza della sua nuova condizione.
Avverte la necessità di affrontare il problema impellente di reperire idonee sedi per le pubbliche funzioni nonché, alloggi per gli impiegati e per tutta la popolazione .
Ciò comporta la strutturazione di nuovi servizi di ogni genere e la definizione delle linee di espansione della città.
Sono tutti problemi che trovano l'amministrazione capitolina impreparata. Tutta la città con l'alluvione della fine del 1870 si rende conto dell'ineludibile necessità di risolvere problemi importanti come la regimentazione del Tevere o la bonifica della campagna con la conseguente necessità di impostare le basi di una nuova economia.
Il primo piano regolatore, presentato nel 1873 al Sindaco Pianciani, fu quello di Alessandro Viviani, ingegnere dell'ufficio d'Arte Comunale. Il piano fu approvato solo dieci anni dopo, rimanendo comunque un semplice documento di intenzioni stravolto da mille iniziative particolari.
I successivi piani regolatori (1883, 1909, 1931)mirano a inserire nel contesto urbano una rete di nuove strade affinché la città possa allinearsi alle moderne capitali d'Europa. Tali piani provocano gravissimi danni alla città antica.
Il piano regolatore del 1962 (a cui tuttora si fa riferimento) prende in considerazione l'hinterland della città e lo si può considerare quasi uno stralcio del precedente Piano Intercomunale redatto nel '58, in cui si

dava particolare riguardo alle comunicazioni, al verde ed alla distribuzione delle espansioni. Esso rappresentava per la prima volta in modo organico una completa pianificazione integrata della città e il suo hinterland.
Dalla lettura dei vari piani, emerge la funzione di sanatoria delle irregolarità realizzate nel corso degli anni e nell'ambito dell'urbanistica romana tale funzione diventa una sua peculiarità.
Cercando di risolvere situazioni eterogenee precedentemente realizzate caso per caso, ci si allontana da quanto era stabilito eludendo nei fatti il controllo di compatibilità e spesso lo stesso quadro normativo esistente.
Ciò rivela un atteggiamento che si può definire di emergenza permanente, ma questo non ci deve meravigliare se consideriamo che il P.R.G. è stato disegnato su una base cartografica in scala 1: 10.000, ovvero in un rapporto in cui la capacità di lettura e di definizione dei perimetri è molto approssimativa.
Le Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G., specchio fedele di questa situazione; sono una serie di prescrizioni frammentarie, frutto di una miriade di varianti parziali apportate in tempi diversi e prive di quella uniformità che permette di chiarire l'interpretazione del territorio, inteso non solo come espansione della città, ma come valorizzazione dell'ambiente esistente al fine di migliorare la qualità della vita (Fig.1-4).
Tutta la zona attorno alla Tenuta **prima del '62** era stata definita dal P.R.G. **zona H Agro romano** e la normativa intendeva conservare di tale territorio, sia la funzione che l'aspetto caratteristico della campagna romana.
Tale zona è suddivisa in ulteriori tre sottozone Hl,H2,H3.
Nelle sottozone Hl e H2 sono unicamente consentite le costruzioni necessarie alla conduzione agricola diversificandosi tra loro in base all'estensione del lotto di superficie; la sottozona H3 "riguarda il territorio agricolo compreso in ambiti che richiedono una particolare salvaguardia per motivi di difesa idraulica, archeologica, paesistica e di difesa da inquinamento atmosferico e da rumori."
**Già nel '62** l'area dell'Infernetto a tratti veniva **considerata zona E: Espansione**
Questa zona viene suddivisa nelle sottozone E1, E2, E3.
La sottozona El riguarda "nuovi insediamenti ricadenti sia entro i limiti del Piano Regolatore del 1931 in aree prive di piani particolareggiati, sia fuori dei limiti del Piano Regolatore del 1931."
La sottozona E2 (l'Infernetto rientra in tale nomenclatura), riguarda nuovi limitati insediamenti in aree prive di piani particolareggiati, mentre nella sottozona E3 sono comprese le aree destinate all'edilizia economica e popolare ai sensi della legge 18 aprile 1962 n°167, di espansione con lottizzazioni convenzionate.
Casal Palocco nasce come El zona convenzionata mentre le zone H2 e H3 se pur presenti erano già ridotte.
**Nel '67** vengono circoscritte alcune aree in zone **F: ristrutturazione urbanistica.**
Tali zone riguardano:
"a) i nuclei edilizi (borgate e frazioni) previsti dalla deliberazione del 25 luglio 1935 nonché le zone di ampliamento di tali nuclei;
b) gli insediamenti edilizi oggetto di deliberazione adottate in applicazione dell'art. 14 della legge 24 marzo 1932, n°355 sul Piano Regolatore di Roma;
c)gli aggregati edilizi spontaneamente sorti nell'Agro Romano fuori dei limiti del Piano Regolatore del 1931, alla data di adozione da parte del Consiglio Comunale, del Piano Regolatore Generale."
Con i decreti **D.M. 486 e il D.M. 1080** entrambi del **'72** tutto Spinaceto viene perimetrato alle zone soggette a vincolo di cui alla Legge 18.4.62 n°167.
Con la variante al P.R.G. dell'**agosto 1974** tutta la zona intorno ad Ostia Antica e Dragoncello diventa H3 con vincolo archeologico e si creano nuovamente zone H3.

Con la variante del **Maggio '91** di cui alla delibera n.279 del 23-24 luglio 1991 vengono perimetrate le zone G.4 che comprendono case con orto o giardino. Ne é un chiaro esempio il "Consorzio Nuova Palocco".
La sottozona G4 fa parte della **zona G: Aree private a verde.** Tale gruppo è suddiviso in sottozone: G1, G2, G3, G4, G5. La sottozona Gl è parco privato vincolato, la sottozona G2 è parco privato, mentre al G3 corrisponde il verde privato ; con G4 si identificano case con orto e giardino e con G5 si intende il verde privato organizzato.
Sempre **nel '91** si aumentano nelle aree di Casale e Monte della Coccia le zone **N** di **verde pubblico** e ulteriori zone di H3 agro romano.
L'area di Trigoria è definita **zona O: recupero edilizio** e tale area riguarda i nuclei edilizi spontaneamente sorti ed oggetto della variante speciale prevista dall'Art.4 della Legge Regionale 2.5.1980 n.28.
Ciascun nucleo costituisce un comprensorio e il perimetro del nucleo equivale al perimetro del comprensorio.
Il regime urbanistico per le zone O intende a raggiungere il recupero urbanistico attraverso l'idonea dotazione ed una opportuna struttura organizzativa delle infrastrutture o dei servizi pubblici necessari."
Ostia è per la maggior parte considerata **zona D: Completamento** mentre la restante parte e interessata dalla 167.
La parte maggiormente compromessa che preme ormai alle porte della Tenuta in modo quasi pericoloso è l'Infernetto che ha avuto una forte espansione edilizia intorno agli anni '60-'70. In questa zona tutte le sue costruzioni, per lo più abusive, hanno invaso il territorio limitrofo senza esclusione per la fascia di rispetto di vincolo di inedifibicabilità assoluto di mt.300 istituito con delibera C.C. n° 2632 dell'agosto 1974 intorno a tutta la Tenuta, diventando un problema per la rispettiva Circoscrizione che si vede costretta a sopportare una realtà difficile, poiché alle costruzioni abusive si sono mescolate quelle regolari munite di licenza quindi progettate secondo le norme di piano. Tale situazione è stata "sanata" se così si può dire, a seguito del nuovo Piano Particolareggiato approvato con delibera n°312 del 22 dicembre 1994, ai sensi e per gli effetti dell'art.1 della Legge Regionale 2 luglio 1987, in cui le aree edificate ricadenti all'interno del vincolo assoluto sono diventate zone O1 ed 02 di recupero urbanistico (Fig.5).
Per le aree inedificate ricadenti all'interno del vincolo assoluto di inedificabilità a protezione della Tenuta di Castelporziano, sono consentite le utilizzazioni secondo l'art.17 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G., in cui si specifica che potranno essere rilasciate concessioni temporanee purché strettamente legate all'impianto di limitate attrezzature sportive, piscine all'aperto, camping, mostre-mercato all'aperto, vivai e depositi provvisori.
Questa metodologia procedurale, come abbiamo avuto modo di vedere nelle pagine precedenti, è tipica dell'urbanistica romana: è la regola del "volta per volta "e della mancanza di programmazione e pianificazione.
E' significativo il fatto che la stessa Tenuta di Castelporziano una volta facente parte dell'Agro Romano, ora rientri nella sottozona G1 come parco privato vincolato. Nei parchi privati vincolati "deve essere conservata la attuale consistenza edilizia o relativa sistemazione a verde con esclusione di nuove costruzioni. In tale sottozona sono ammessi solo restauri di tipo conservativo degli edifici stessi che non alterino la distribuzione interna e l'aspetto esterno degli stabili medesimi".
La Tenuta assume così il ruolo di ultimo baluardo al proliferare del cemento, coadiuvata in questa impresa dal Parco di Castel Fusano che assieme alla Tenuta è una delle ultime aree di interesse ambientale e paesaggistico.
L'ambiente che si intende salvaguardare con l'istituzione del Parco del Litorale rimane quello della pianura costiera di ambiente deltizio con caratteristica vegetazione mediterranea igrofila.
Certamente tale ambiente si è molto ridotto rispetto agli anni precedenti, d'altra parte è stato già molto aver legiferato con vincoli severi per porre un freno all'estendersi della cementificazione indiscriminata

## CONCLUSIONI

Da questa analisi delle problematiche urbanistiche appare evidente la velocissima trasformazione territoriale di queste aree. In pochi decenni progressivamente una serie di conurbazioni ha fatto giungere l'abitato della città di Roma oltre i limiti del Gran Raccordo Anulare arrivando a rasentare i confini della Tenuta e creando una metropoli risultante dall'estensione materiale di tante zone costruite intorno alla parte storica.
La mancanza di programmazione e di qualsiasi forma di applicazione di pianificazione urbanistica ha indotto alla saturazione ampi territori di grande valenza ambientale.
Lo sforzo di inseguire tali insediamenti con le infrastrutture varie ed i servizi necessari non è valso a migliorare un aspetto di complessivo disordine degrado.

Le foto aeree che testimoniano la cementificazione a macchia del territorio e le visite sul territorio permettono di constatare come negli ultimi anni un paesaggio di altissimo valore e pregio sia stato progressivamente degradato irrimediabilmente.
Tutto ciò appare purtroppo incontrastabile. La città avanza sempre più, relegando la campagna alla dimensione di un parco se non addirittura a quella di un semplice giardino.

## BIBLIOGRAFIA

[1] BENEVOLO, L., Roma Oggi, Ed; Laterza 1977

[2] Istituto Nazionale di Statistica, I grandi Comuni-Roma, ISTAT, 1991

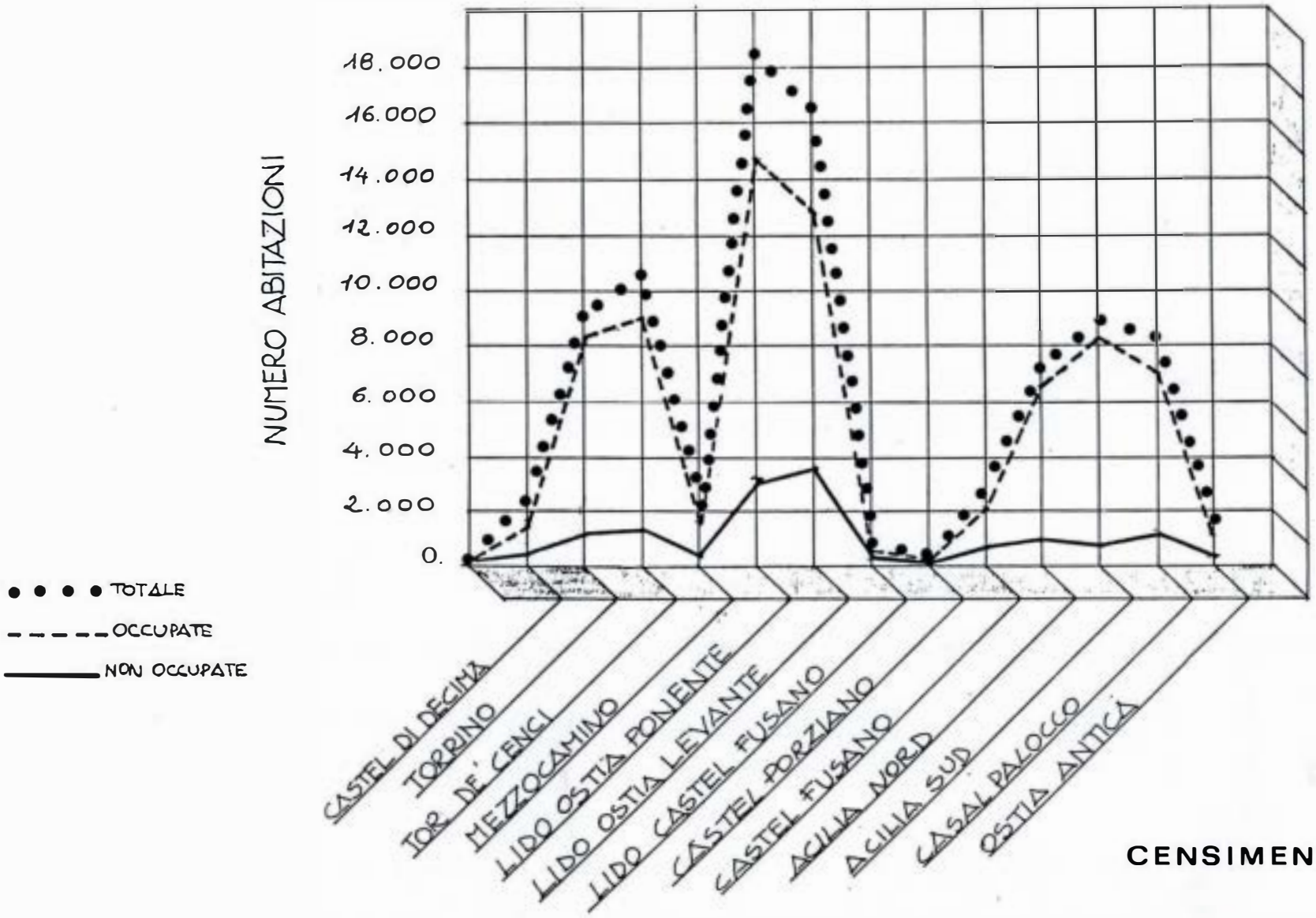
[3] MAGLIA, S., SANTOLOCI, M., Il Codice dell'Ambiente, 1990

[4] Regione Lazio, I parchi e le riserve naturali del Lazio, Ed. Quasar, 1992

[5] COLOMBO, PAGANO, ROSSETTI, Codice dell'Urbanistica, Ed. Pitagora, 1987

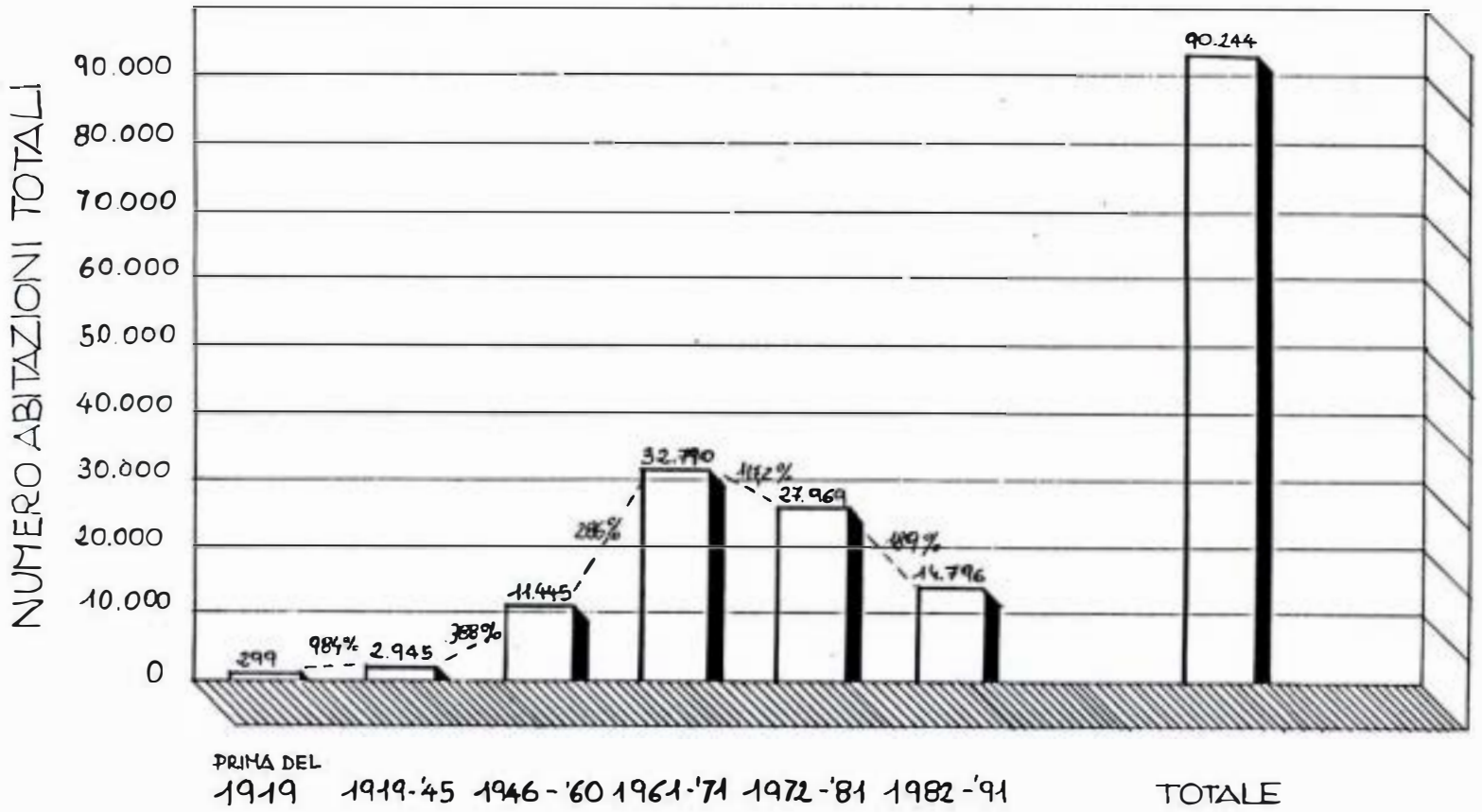
Ulteriori notizie sono state acquisite presso gli uffici della XIII Circoscrizione e XV Ripartizione.

Tav. 1 **ABITAZIONI IN COMPLESSO**




**CENSIMENTO 1991**

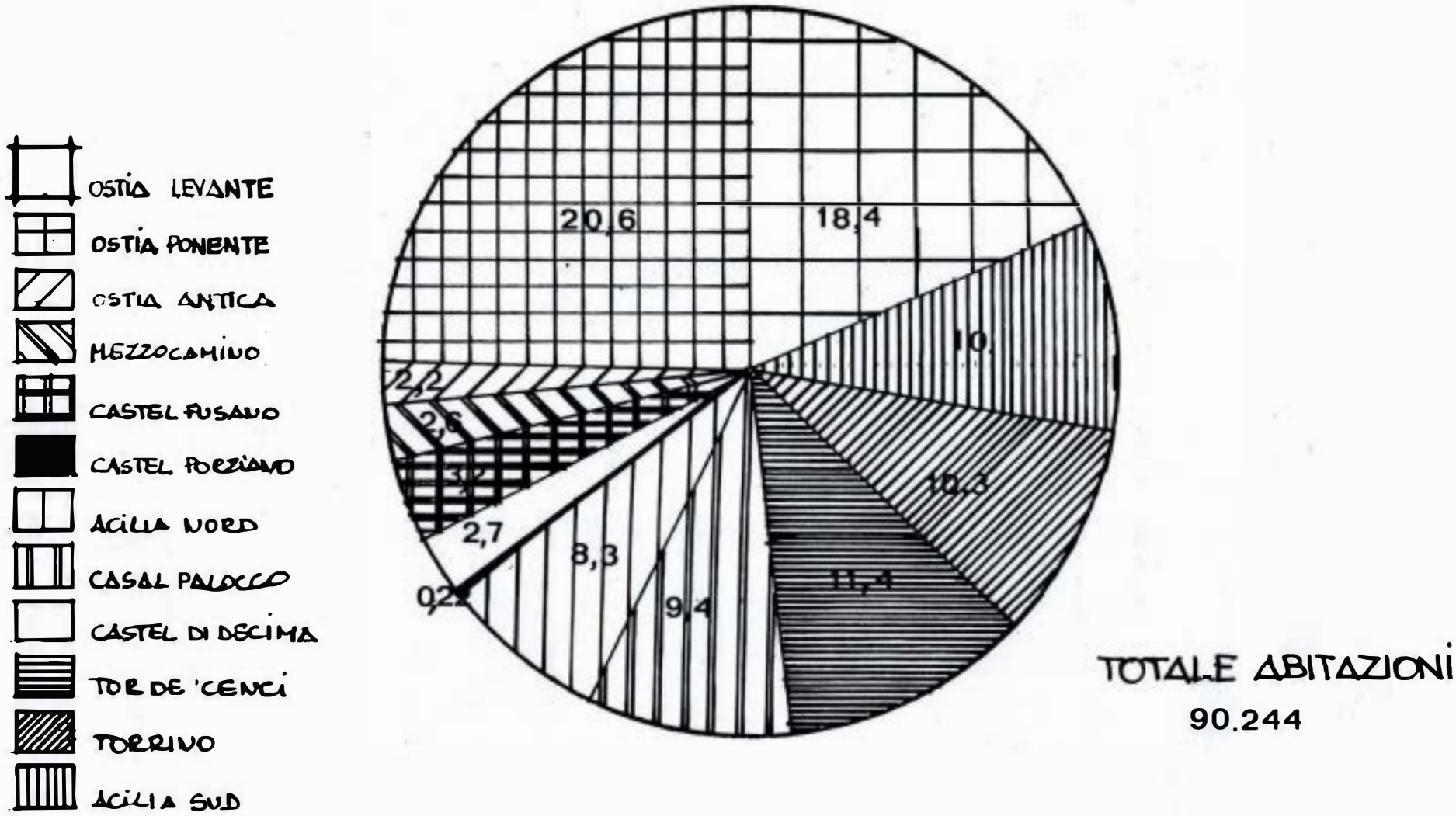
Tav. 2 **ABITAZIONI PER EPOCA DI COSTRUZIONE**



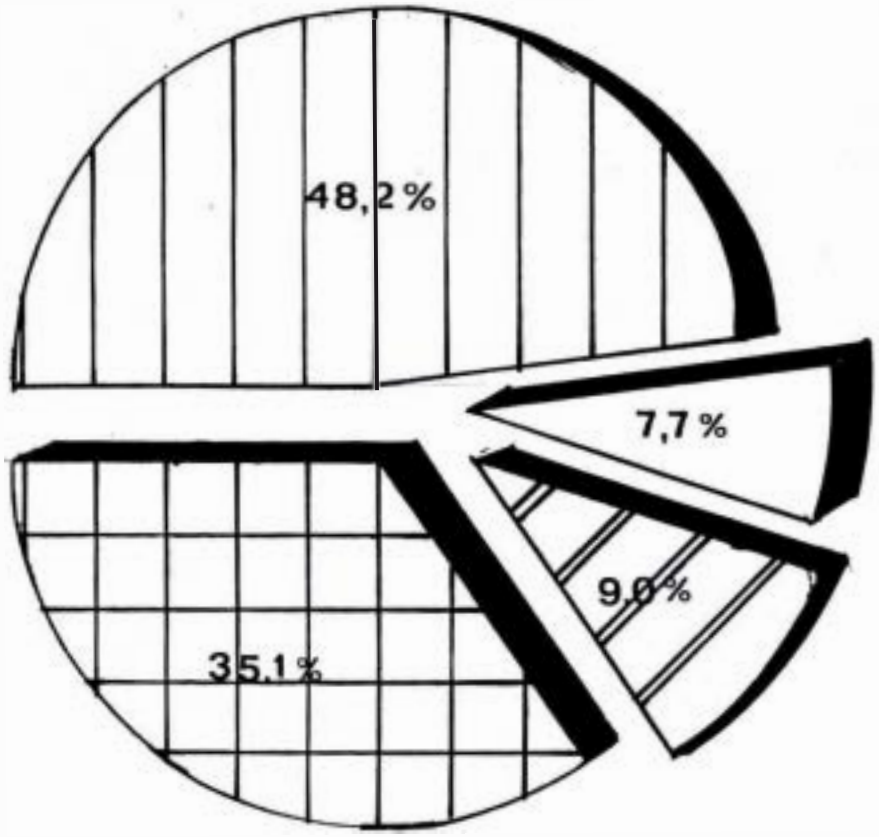

**CENSIMENTO 1991**

Tav. 3 ABITAZIONI DELLE AREE LIMITROFE ALLA TENUTA DI CASTEL PORZIANO

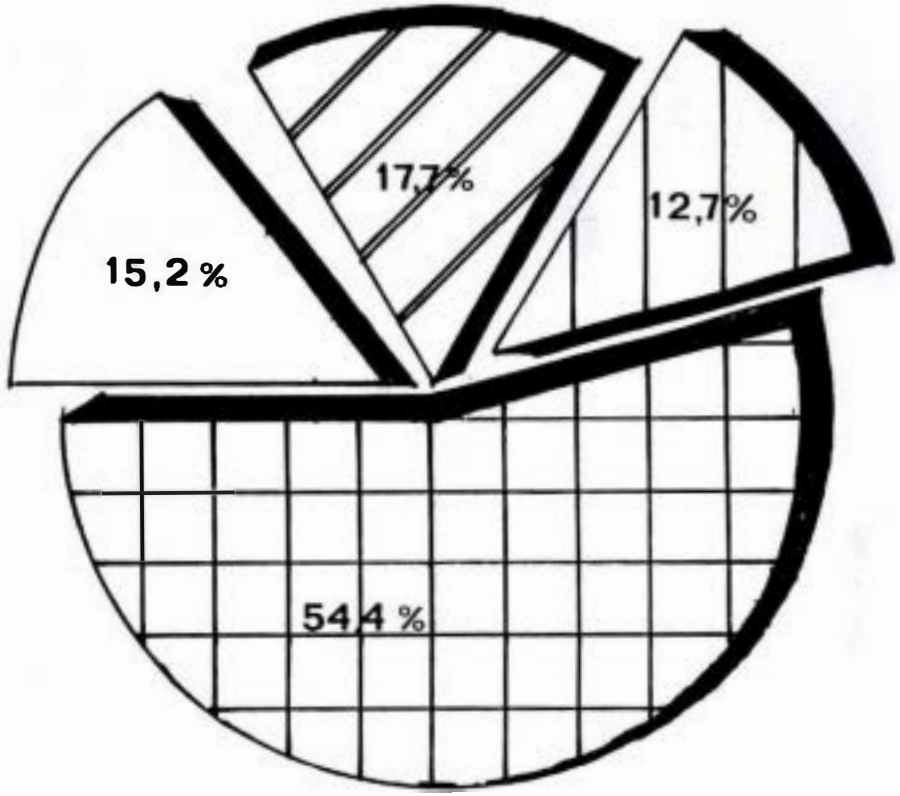
(COMPOSIZIONE PERCENTUALE)



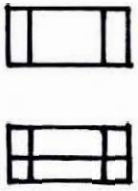
Tav. 4 ABITAZIONI NON OCCUPATE




XIII CIRCOSCRIZIONE




XII CIRCOSCRIZIONE



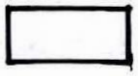
UTILIZZATA PER VACANZA



NON UTILIZZATE

TOTALE 11.556

ALTRI MOTIVI



UTILIZZATA PER LAVORO EO STUDIO

TOTALE 7.597

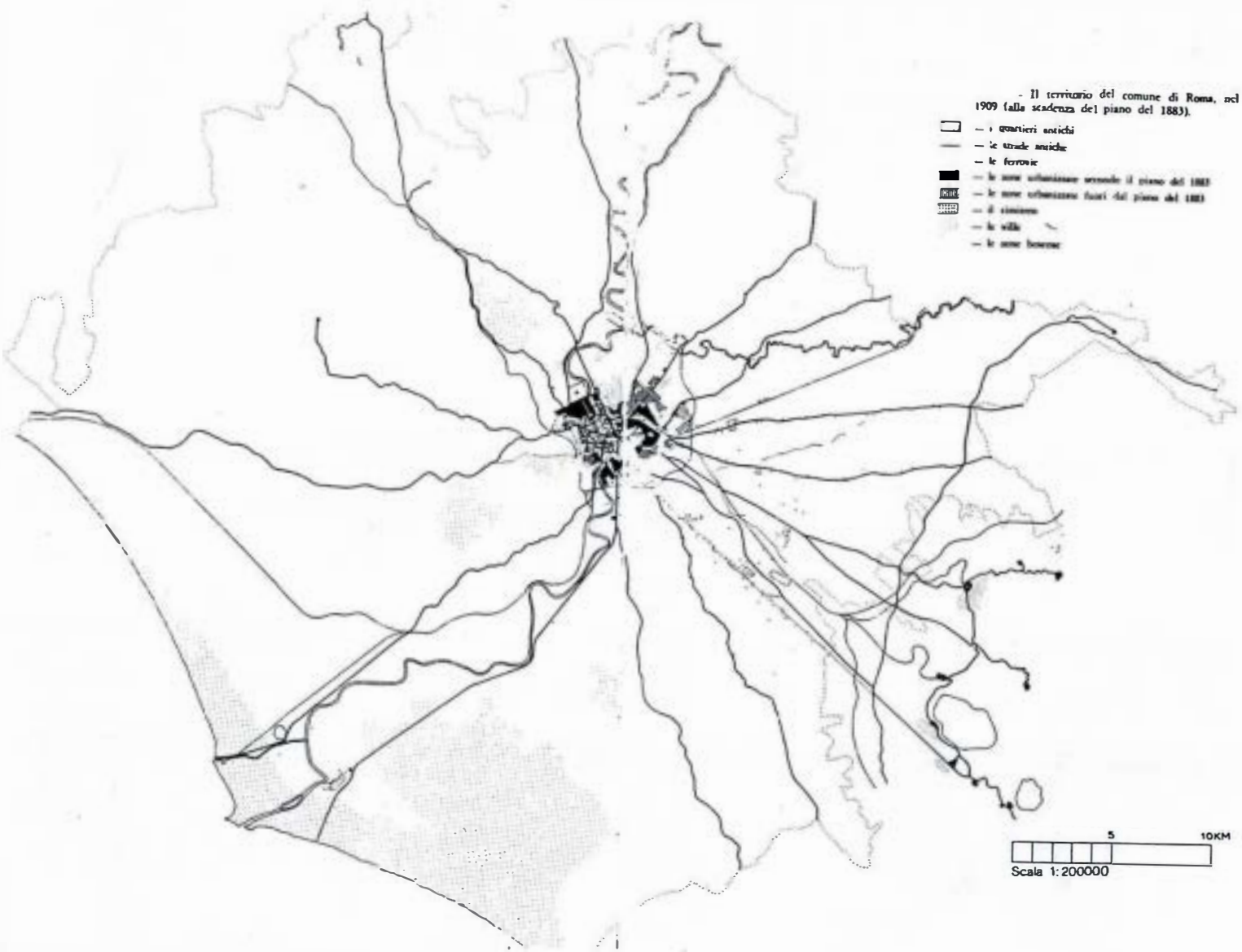



Fig. 1

IL TERRITORIO DEL COMUNE DI ROMA NEL 1909

(dal libro "Roma oggi" di L. Benevolo)

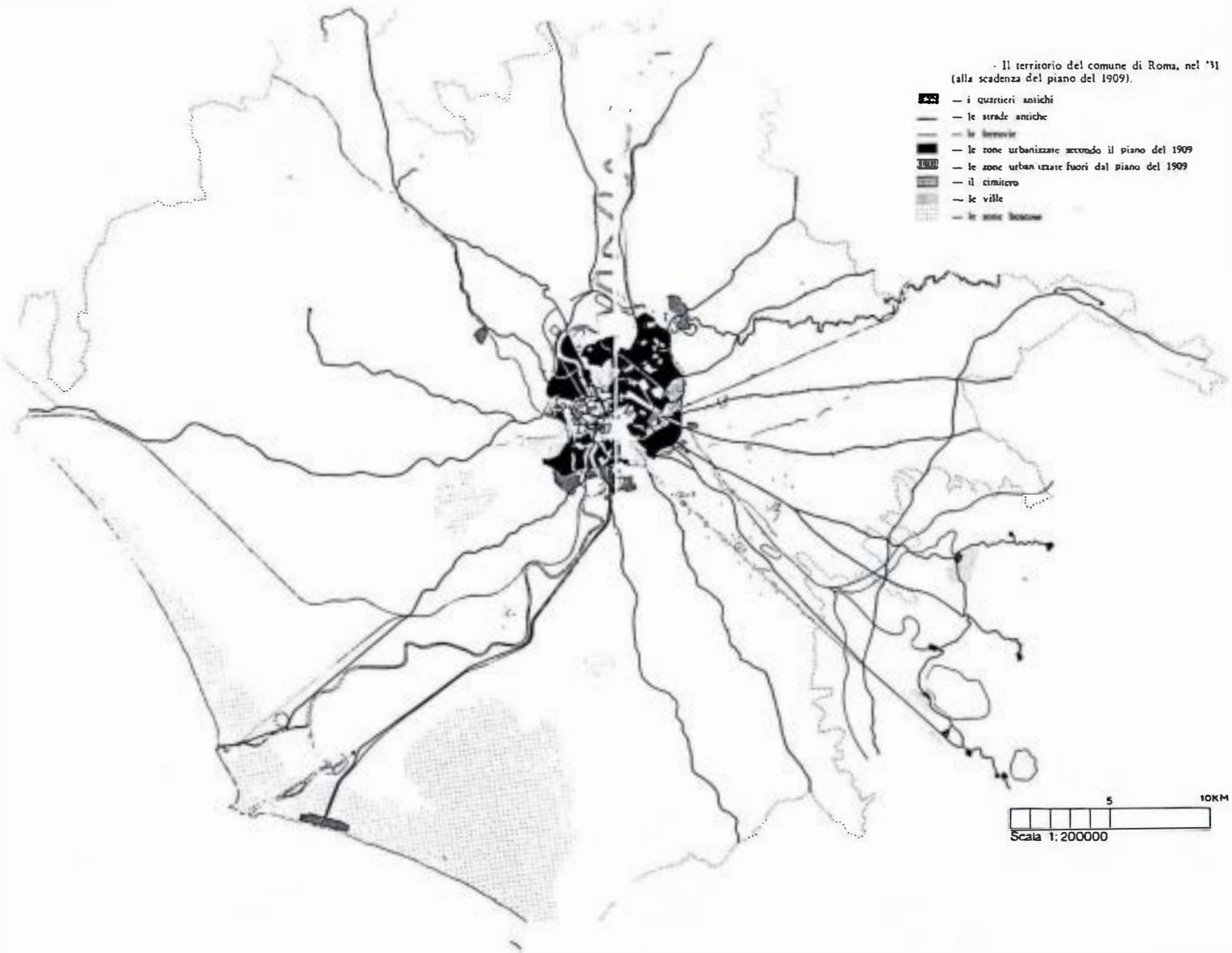



Fig. 2

**IL TERRITORIO DEL COMUNE DI ROMA NEL '31**

(dal libro "Roma oggi" di L. Benevolo)

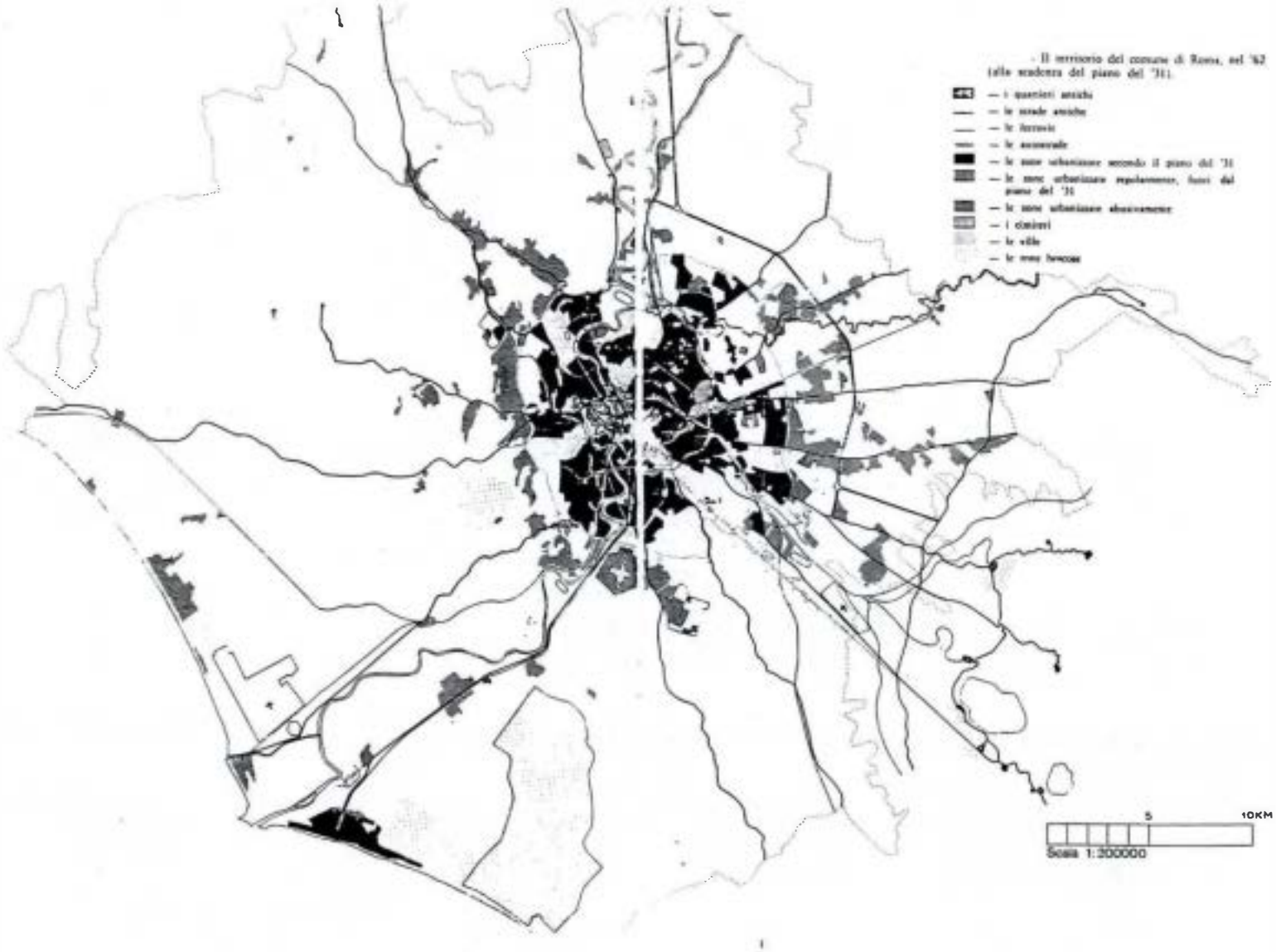



Fig. 3

IL TERRITORIO DEL COMUNE DI ROMA NEL '62

(dal libro "Roma oggi" di L. Benevolo)

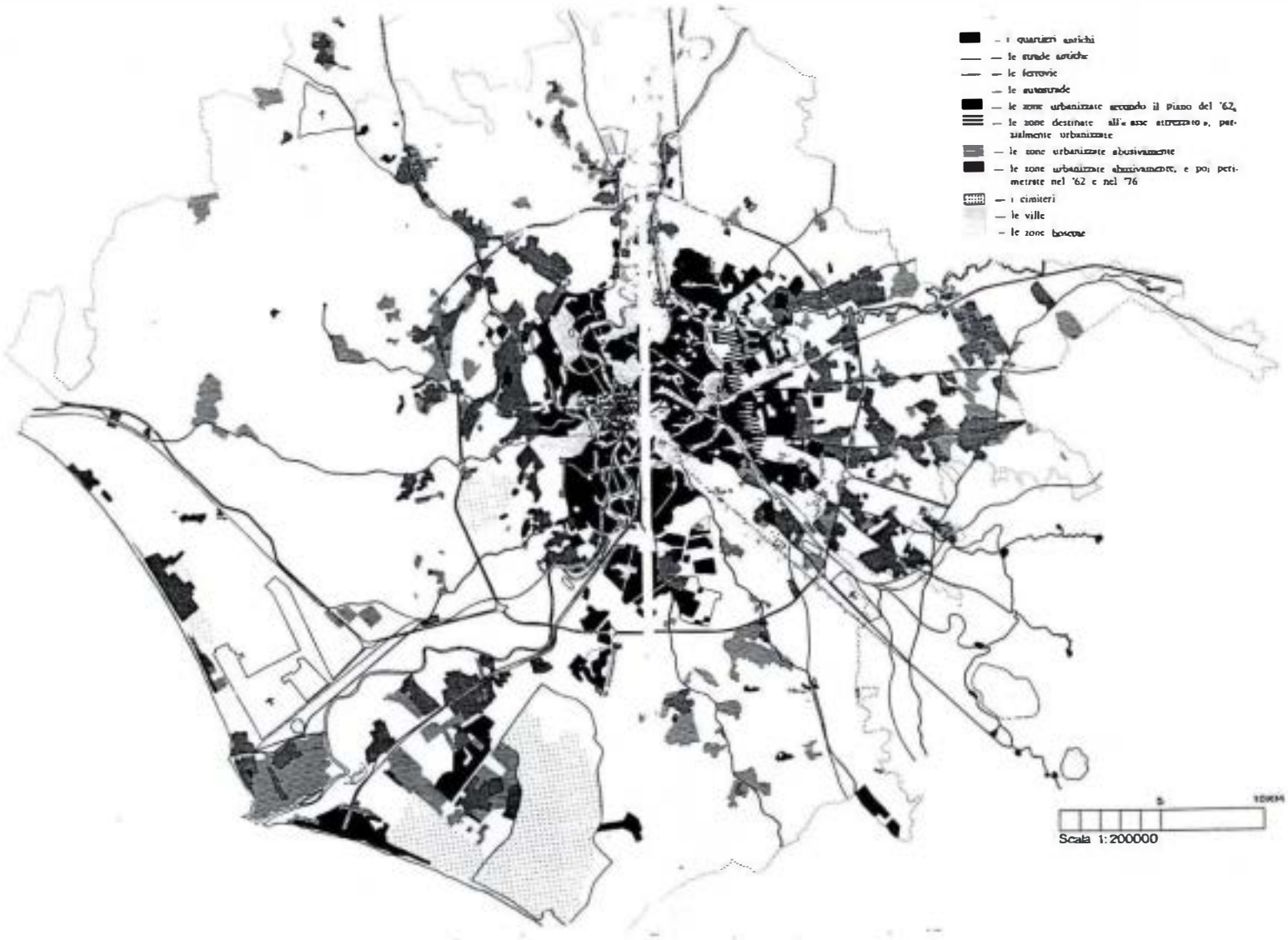



Fig. 4

IL TERRITORIO DEL COMUNE DI ROMA NEL '80

(dal libro "Roma oggi" di L. Benevolo)

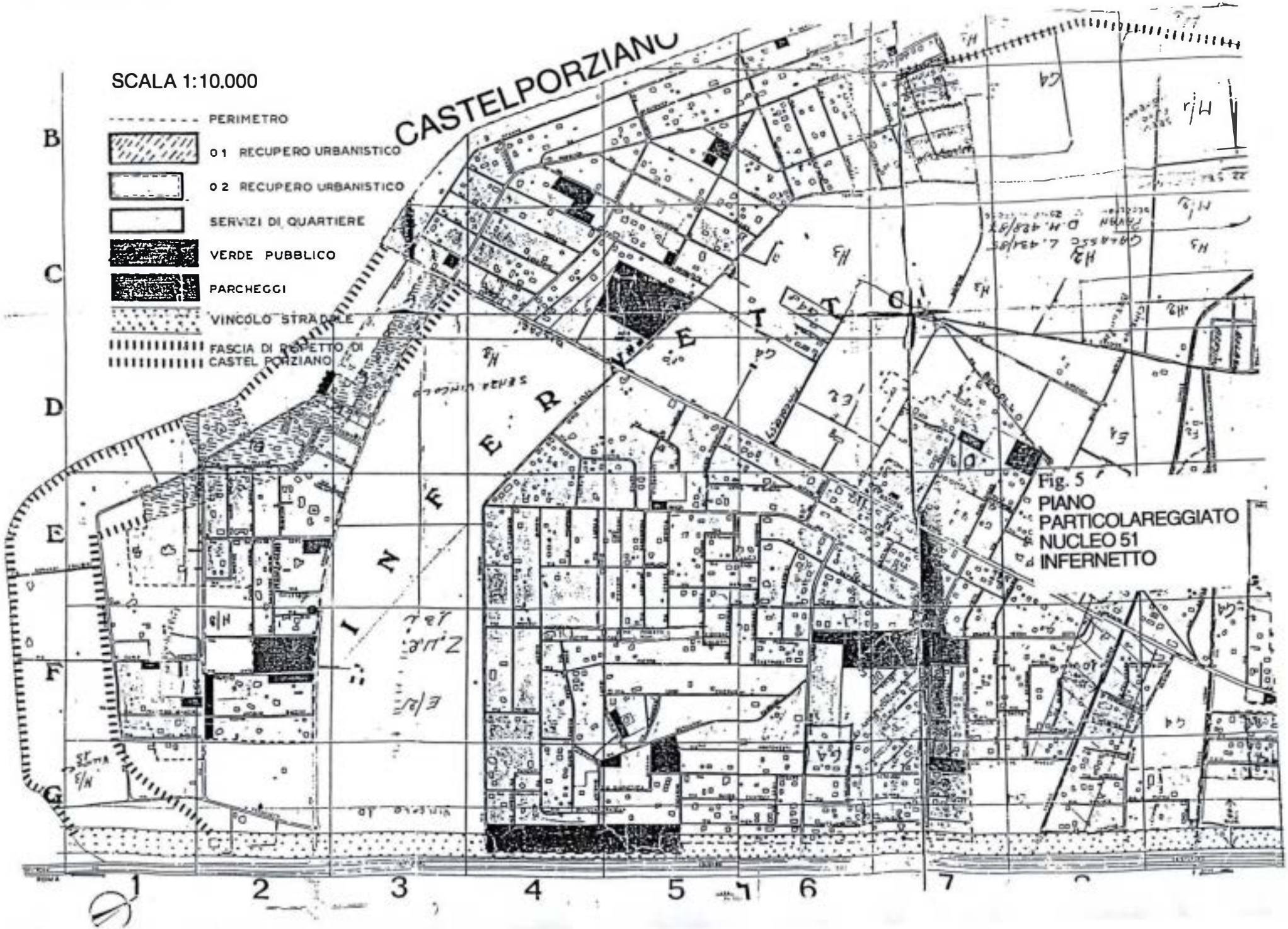



Fig. 5
PIANO PARTICOLAREGGIATO
NUCLEO 51
INFERNETTO

# *INDIRIZZARIO*

**PRESIDENTE, COMPONENTI DELLA COMMISSIONE, COORDINATORI, RESPONSABILI GRUPPI DI LAVORO, RICERCATORI (in ordine alfabetico)**

Dott.Francesco Alianiello
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella,2 - 00184 Roma
Tel. 06 70008721 Fax 06 7005711
e-mail: allisnp@uni.net

Dott. Ivo Allegrini
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,500 - Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672266 Fax 06 90672660

P.I. Bruno Anselmi
ENEA amb-saf-ter C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30486427 - Fax 0630486487

Dott. Luciano Anselmi
ENEA inn-rin-vis C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Roma
Tel. 06 30486201/6176 Fax 06 30486038

Sig. Giorgio Aspri
ENEA amb-inf-trad C.R. Frascati
Via E.Fermi,27 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005726 Fax 06 94005790

Dott. Pietro Bacci
ENEL / DSR CRAM
via Rubattino, 54 - 20134 Milano
Tel. 02 72243927-3951 Fax 02 72243915

Dott. Matteo Baradà
Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare - Ministero dell'Ambiente
via dell'Arte, 16 - 00144 Roma
Tel. 06 5925102 / 59084520 Fax 06 59084111

Dott. Marcello Bazzanti
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914767 Fax 06 4958259

Dott.ssa Anna Benedetti
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella,2 - 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: allisnp@uni.net

P.I. Danilo Bersan
ENEA inn-rin-vis C.R Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Roma
Tel. 06 30486092/6176 Fax 06 30486038

Dott. Flavio Borfecchia
ENEA inn-rin-vis C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Roma
Tel. 06 30486042/6176 Fax 06 30486038

P.I. Umberto Brandimarte
ENEA amb-saf-ter C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484889 - Fax 06 30486487

Dott. Enrico Brugnoli
Istituto per l'Agriselvicoltura CNR
Porano (VT)

Dott. Maurizio Bucci
ENEA amb-saf-ter C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484887 - Fax 0630486487

Dott. Gilberto Busuoli
ENEA amb-saf C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30483611 - Fax 06 30483594

Dott. Stefano Canali
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella,2 - 00184 Roma
Tel. 06 70008721 Fax 06 7005711
e-mail: allisnp@uni.net

Dott. Francesco Cannata
Istituto per l'Agriselvicoltura del CNR
Porano (VT)
Tel. 06 65076-65122 Fax 06 65330

Prof. Gianmaria Carchini
Università di Roma "Tor Vergata"
Dipartimento di Biologia
viale dell'a Ricerca Scientifica - 00133 Roma
Tel. 06 2026187 Fax. 06 2026189

Dott. Giuseppe Carpaneto
Terza Università di Roma
Dipartimento di Biologia
Viale Ostiense, 173 - 00154 Roma
Tel 06 57372862 Fax 06 57372839

Dott. Ruggero Casacchia
CNR - Segreteria Tecnico Scientifica per il Programma Antartide
via Tiburtina, 770 - 00159 Roma
Tel. 06 4075819 Fax 06 4075815-807

Dott. Dario Cataldi
ENEA amb-inf-trad CR Frascati
Via E.Fermi,27 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005288 Fax 06 94005790

Dott. Roberto Collepiccolo
ENEA amb-saf-ter C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484887 - Fax 0630486487

Prof. Carlo Consiglio
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914747 Fax 06 4958259

Dott.ssa Manuela De Lillis
Università "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49912517/49912519 Fax 06 4463865

Dott. Luigi Dell'Anna
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914767 Fax 06 4958259

Dott.ssa Silvia Dell'Orco
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella,2 - 00184 Roma
Tel. 06 70008721 Fax 06 7005711
e-mail: allisnp@uni.net

Ing. Antonio Bruno Della Rocca
ENEA inn-rin-vis C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Roma
Tel. 06 30486159/6176 Fax 06 30486038

Dott. Alessandro Demichelis
Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica.
Tenuta di Castelporziano
via Pontina, 690 - 00128 Roma
Tel. 06 46998194 Fax 06 4699158

P.I. Nicolò Di Blasi
ISNP - Istituto Superiore Nutrizione Piante
Via della Navicella 2 - 00184 - Roma
Tel. 06 7005299 - Fax 06 7005711

Dott.ssa Patrizia Di Filippo
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714260 Fax 06 4744017

Dott. Paolo Falcone
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141-4714255 Fax 06 4744017

Dott.Giuliano Fanelli
Università "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49912445 Fax 06 4463865

Prof. Alberto Fanfani
Università La Sapienza
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914780 Fax 06 4958259

Dott. Giorgio Farneti
ENEA amb-saf-ter C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30483274 - Fax 06 30486487

Dott.ssa Francesca Federici
Università "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49912445 Fax 06 4463865

Dott.ssa Ornella Ferrara
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914760 Fax 06 4958259

Dott. Stefano Focardi
INFS - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica
via Ca' Fornacetta, 9 - 40064 Ozzano dell'Emilia (Bologna)
Tel. 051 6512111 Fax 051 796628

Prof. Ervedo Giordano
Università della Tuscia
DISAFRI- Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse
Via S. Camillo De Lellis,1 - 01100 Viterbo
Tel. 0761 357404 Fax 0761 357389

Dott. Giovanni Girolimetti
ENEA amb-saf-ter C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484887 - Fax 0630486487

Prof.ssa Loretta Gratani
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49912358 Fax 06 4463865

Dott.ssa Franca Gregori
ENEA amb-inf-trad C.R. Frascati
Via E.Fermi,27 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005772 Fax 06 94005790

Dott. Marcello Grillini
ENEA amb-saf-ter - C.R. S.Teresa
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484889 Fax 0630486487

Dott. Angelo Guerrini
CNR - Area della ricerca
via Tiburtina, 770 - 00159 Roma
Tel.06 4075823/49932485/49932555 Fax 06 4075807

Dott.ssa Marzia Ippoliti
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714282 Fax 06 4744017

Dott. Luca Lepore
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714262 Fax 06 4744017

Dott. Paolo Maltzeff
Via Nicola Stame, 83 - 00128 Roma
Tel. 06 5085070

Prof. Fausto Manes
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. E Fax 06 49912448/49912465 Fax Dipartimento 06 4463865

Prof.ssa Fiorenza Margaritora
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914764 Fax 06 4958259

Dott. Ing. Angelo Marino
ENEA inn C.R. Casaccia
via Anguillarese, 301 - 00060 S.Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30483374 Fax 06 30483746

Dott.ssa Paola Masia
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,500 - Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672266 Fax 06 90672660

Dott.ssa Luciana Mastrantuono
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914753 Fax 06 4958259

Dott. Girolamo Mecella
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella 2 - 00184 - Roma
Tel. 067005299 - Fax 067005711

Dott.Sandro Merolli
ENEA amb-inf-trad C.R. Frascati
Via E.Fermi,27 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005472 Tel. Segreteria 06 94005169 Fax 06 94005790

Dott. M. Milli
ENEA amb-saf-ter C.R. Casaccia
Via Anguillarese 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484887 - Fax 0630486487

P.A. Roberto Moretti
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella 2 - 00184 - Roma
Tel. 067005299 - Fax 067005711

Prof. Luciano Morselli
Ministero dell'Ambiente
c/o Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali
Viale del Risorgimento, 4 - 40136 Bologna
Tel. 051 6443668 0337 555687 Fax 051 6443654

Prof.ssa Graziella Mura
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914769 Fax 06 4958259

P.I. Silvano Mura
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,500 - Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672266 Fax 06 90672660

Dott. Alberto Novo
ENEL / DSR CRAM
via Rubattino, 54 - 20134 Milano
Tel. 02 72243927-3951 Fax 02 72243915
e-mail: novo@cram.enel.it

Dott. Ivano Olivetti
ENEA amb-inf-trad CR Frascati
Via E.Fermi,27 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005475 Fax 06 94005790

Dott. Marcello Pagliai
Istituto Sperimentale per la Difesa delSuolo
Min. delle Ris. Agr., Alim. e Foerst.
Piazza Massimo D'Azeglio, 30 - 50151 Firenze
Fax 055 241485

Ing. Romano Passerini
ENEL - Gruppo Ambiente
Via Panama, 12 - 00198 Roma
Tel. 06 85092599 Fax. 06 85095860

Dott. Massimo Pecci
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141-4714255 Fax 06 4744017

Ing. Gianfranco Pedrocchi
ENEL - Gruppo Ambiente
Via Panama, 12 - 00198 Roma
Tel. 06 85092120 Fax. 06 85095860

Dott. Emanuale Piattella
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914741 Fax 06 4958259

Prof. Alessandro Pignatti
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49912463 Fax 06 4463865

Dott.ssa Flavia Pinzari
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax. 06 7005711
e-mail: allisnp@uni.net

Dott. Stefano Polenta
ENEA amb-inf-trad CR Frascati
Via E.Fermi,27 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005284 Fax 06 94005790
e-mail: polenta@frascati.enea.it

Ing. Ugo Poli
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714244 Fax 06 4744017

Arch. Fulco Pratesi
Via di Villa Sacchetti, 8 - 00197 Roma
Tel. e Fax 06 3225370

Ing. Domenico Rabuazzo
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714260 Fax 06 4744017

Dott. Sandro Rea
ENEA amb-inf-trad CR Frascati
Via E.Fermi,27 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005373 Fax 06 94005790

Dott.ssa Carmela Riccardi
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141-4714255 Fax 06 4744017

P.I. Renato Ricci
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,500 - Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672 266 Fax 06 90672660

Dott. Valerio Rocchi
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714245 Fax 06 4744017

Ing. Luigi Rossi
ENEA inn-rin-vis C.R Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Roma
Tel. 06 30486041/6176 Fax 06 30486038

Sig. Fabrizio Sallusti
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714262 Fax 06 4744017

Dott.ssa Rosamaria Salvatori
CNR - Segreteria Tecnico Scientifica per il Programma Antartide
via Tiburtina, 770 - 00159 Roma
Tel. 06 4075819 Fax 06 4075815-807

Dott. Giovanni Scalisi
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714260 Fax 06 4744017

Dott. Patrizia Scandella
ISNP - Istituto Superiore della Nutrizione delle Piante
Via della Navicella 2 - 00184 - Roma
Tel. 067002538 - Fax 067005711

Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza
Rettore dell'Università della Tuscia
Via San Giovanni Decollato,1 - 01100 Viterbo
Tel. 0761 324687 Fax 0761 325785

Prof. Giuseppe Scarascia Mugnozza
Università della Tuscia
DISAFRI- Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse
Via S. Camillo De Lellis,1 - 01100 Viterbo
Tel. 0761 357395 Fax 0761 357389
e-mail: gscaras@unitus.it

Dott. Marco Seminara
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914753 Fax 06 4958259

Prof. Paolo Sequi
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella,2 - 00184 Roma
Tel. 06 70008721 Fax 06 7005711
e-mail: allisnp@uni.net

Dott. Francesco Silvestri
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141-4714255 Fax 06 4744017

Dott. Ing. Aleandro Tinelli
Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica.
Tenuta di Castelporziano
via Pontina, 690 - 00128 Roma
Tel. 06 46998194 Fax 06 46998158

Dott. Silvano Toso
INFS - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica
Via Cà Fornacetta, 9 - 40064 Ozzano dell'Emilia (Bologna)
Tel. 051 6512111 Fax 051 796628

Dott.ssa Alessandra Trinchera
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax. 06 7005711
e-mail: allisnp@uni.net

Dott. Luigi Tripodi
Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica.
Tenuta di Castelporziano
via Pontina, 690 - 00128 Roma
Tel. 06 46998194 Fax 06 4699158

Dott. Riccardo Valentini
Università della Tuscia
DISAFRI- Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse
Via S. Camillo De Lellis,1 - 01100 Viterbo
Tel. 0761 357394 Fax 0761 357389
e-mail: rik@unitus.it

Dott.ssa Ida Ventrone
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 4714242 Fax 06 4744017

Dott. Massimo Villarini
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Impatto Ambientale (DIPIA)
Via Urbana 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141-4714255 Fax 06 4744017

Dott. Divo Vincenzi
ENEA amb-saf-din - C.R. Bologna
Viale G.B. Ercolani, 8 - 40138 - Bologna
Tel. 051 6098140 - Fax 051 6098131
e-mail: vincenzi@amblor.bologna.enea.it

Dott. Marcello Vitale
Università "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49912445 Fax 06 4463865

Dott. Luigi Volpe
Gruppo Ambiente - ENEL
Via Panama, 12 - 00198 Roma
Tel. 06 85092120 Fax. 06 85095860

Prof. Carlo Utzeri
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
viale dell'Università 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49914767 Fax 06 4958259

Dott. Giovanni Zurlini
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,500 - Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672266 Fax 06 90672660

## SEGRETERIA ED AMMINISTRAZIONE

Sig.ra Antonella Grieco
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Villa Lontana
Via Cassia Antica 35 - 00191 Roma
Tel. 06 3297667 Fax 06 36300057

Sig.ra Nicolai
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Villa Lontana
Via Cassia Antica 35 - 00191 Roma
Tel. 06 3297667 Fax 06 36300057

## EDITING REPORT

Lorenzo Moretti
ENEA amb-cat-fral - C.R. Bologna
Via Don Fiammelli 2 - 40129 Bologna
Tel 051 6098086 Fax 051 6098131
e-mail: moretti@risc990.bologna.enea.it

## REDAZIONE EDITORIALE

Dott. Andrea Colombino
ENEA Funzione Centrale Relazione - Roma
Lungotevere Tahon Di Revel, 76 - 00100 Roma
Tel 06 854282453 Fax 06 36272299

Edito dall'ENEA, Funzione Centrale Relazioni
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma
Stampa Tipar - Roma