Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano

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

Tenuta Presidenziale di Castelporziano
Rapporto 1999

PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

CREAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE AMBIENTALE CASTELPORZIANO (SITAC)

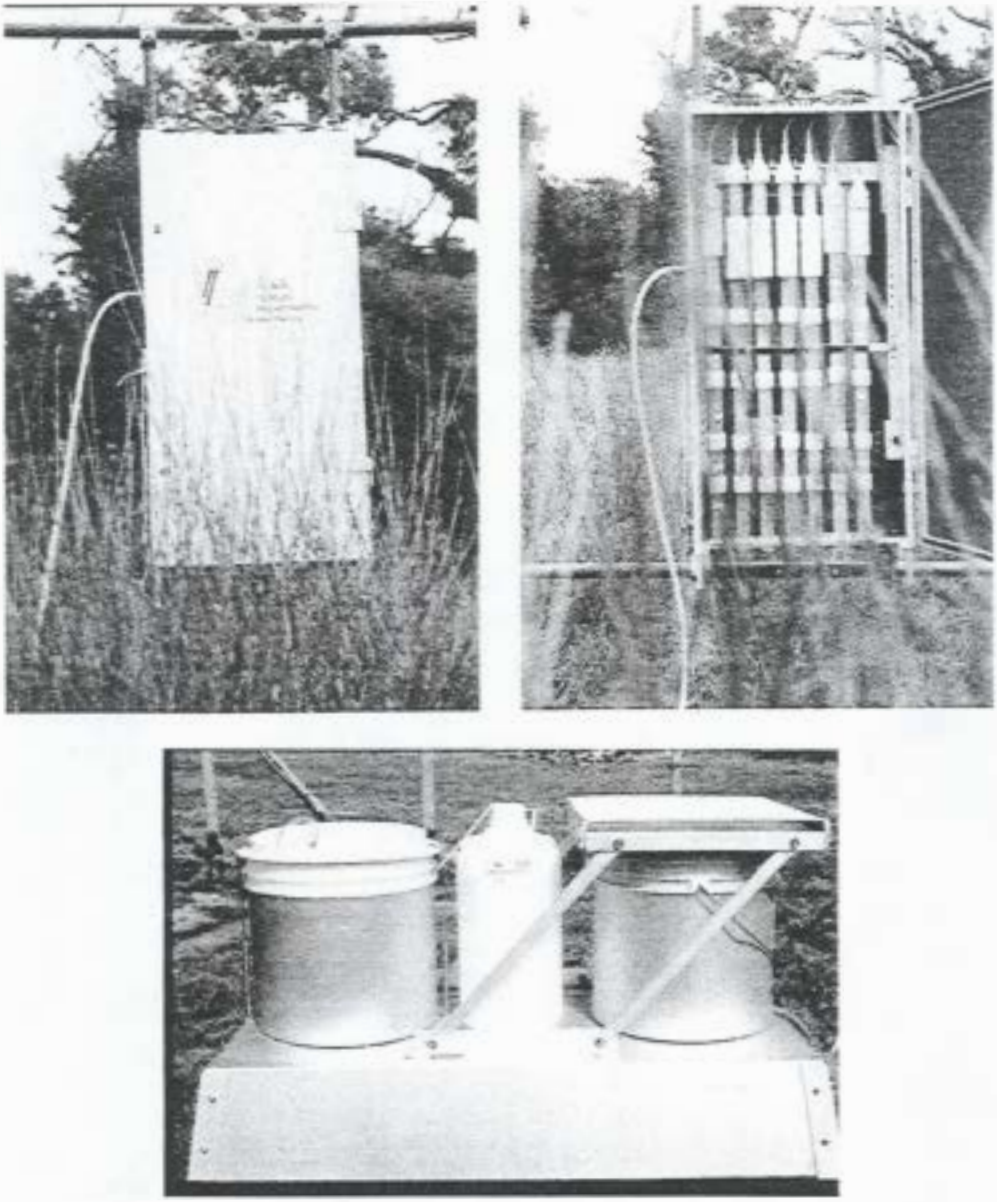
TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO
RAPPORTO 1999

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

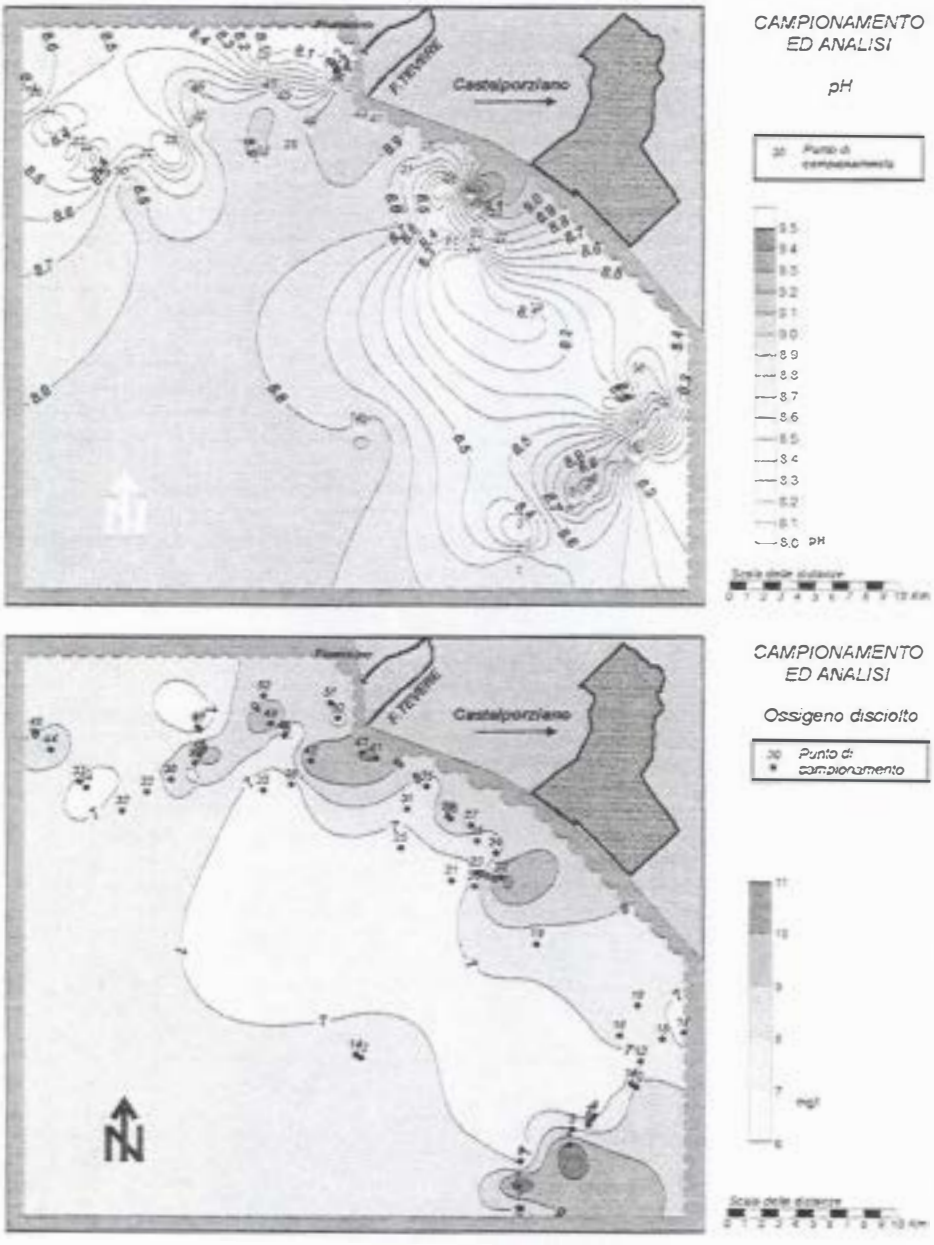
Realizzazione grafica di Lorenzo Moretti
ENEA amb. cat. fral. Bologna

Realizzazione editoriale a cura dell'ENEA (Unità Comunicazione e Informazione)

Foto di Copertina
Tramonto su una piscina della Tenuta di Castelporziano



Sistema ADS a diffusione per la determinazione simultanea di composti inorganici in fase gassosa e particellare (in alto) e campionatore DAS per la raccolta delle deposizioni secche e umide (in basso)



Mappa delle isolinee di pH (in alto) e dell'ossigeno disciolto (in basso) nel tratto di mare antistante la Tenuta di Castelporziano

INDICE

INTRODUZIONE E PRESENTAZIONE DEL RAPPORTO 9
Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza - Introduzione al Rapporto 1999 . 11
Prof. Luciano Morselli - Presentazione del Rapporto 1999 13
Commissione Scientifica 15
Enti ed Istituzioni partecipanti 16

RELAZIONI DEI GRUPPI DI LAVORO 17
SITAC *Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano* 19
Progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano 21
ATMOSFERA 59
Studio di inquinanti in atmosfera e loro trasformazione in un ecosistema naturale. Interazioni con l'ambiente 61
Analisi dell'evoluzione degli inquinanti sulla Tenuta Presidenziale di Castelporziano 63
Analisi di dati telerilevati dal satellite e studi di bioindicazione e biomonitoraggio nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano mediante approcci sperimentali innovativi 71
Rilevamento di traffico e di livelli di inquinamento atmosferico lungo i Confini della Tenuta Presidenziale di Castelporziano 82
I metalli pesanti nel particolato atmosferico totale 96
I metalli pesanti nelle deposizioni secche dry: risultati di un triennio di monitoraggio per la valutazione della qualità ambientale 103
Studio di inquinanti in atmosfera e loro trasformazione in un ecosistema naturale. Interazioni con l'ambiente 108
SUOLO 109
Studio e gestione del ciclo della sostanza organica del suolo in ambiente Mediterraneo ed uso di indicatori biochimici di impatto ambientale 111

INTRODUZIONE AL RAPPORTO 1999*

La pubblicazione del sesto rapporto sulle indagini svolte nella fase finale del progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta di Castelporziano, è un motivo di soddisfazione per i ricercatori che vi hanno partecipato. In primo luogo perché con le apparecchiature messe a punto ed i metodi affinati negli anni precedenti è stata raccolta dai 7 gruppi di lavoro un'ulteriore notevole massa di dati. In secondo luogo, per il fatto che le relazioni di ciascun gruppo di lavoro non soltanto illustrano puntualmente i fatti osservati, ma contengono anche i primi confronti con le osservazioni precedentemente acquisite. Si tratta - cioè - della predisposizione delle prime analisi critiche delle serie, ormai quinquennali, di rilevamenti sulle componenti ambientali sottoposte a monitoraggio. In terzo luogo, perché è stata estesa e perfezionata l'analisi delle informazioni, è stato vagliato - anche in via interdisciplinare - il significato degli eventi e delle dinamiche osservate, e si è proceduto a deduzioni sui fenomeni di maggior rilevanza per la salvaguardia e la gestione degli ecosistemi di Castelporziano. Di conseguenza, nelle varie linee di ricerca sono state sviluppate le investigazioni, già avviate nel 1998, sulla complessità degli eventi, sulle interazioni fra le componenti dell'ecosistema, sulle correlazioni fra i vari strati informatici allo scopo di individuare indicatori biologici e fisici peculiari di ecosistemi forestali costieri mediterranei.

Tra i risultati prodotti in questo ultimo periodo, possono essere sommariamente citati:

- è stata accertata una notevole presenza di specie vegetali, che rappresentano, su una superficie pari ad appena 5,2 millesimi del territorio nazionale, il 18% circa della biodiversità finora rilevata in Italia;
- l'entomofauna è largamente presente: 1450 specie, un terzo delle quali sono ora in via di determinazione; dell'avifauna migratrice sono state finora censite oltre 85 specie, ed un centinaio sono quelle svernanti; sensibile, invece, appare la perdita di biodiversità a livello delle popolazioni microbiche dei terreni coltivati;
- tra i dati sull'inquinamento emergono: l'eccedenza di acidità nei suoli delle aree a pineta; il piombo nei suoli lungo le vie Pontina e Cristoforo Colombo; l'ozono con livelli superiori ai limiti previsti soprattutto nei mesi di giugno e luglio, ed il tenore in benzene a causa del traffico nel periodo estivo;
- ampia è la banca di dati ricavati dalle stazioni meteo e dalle sonde idrogeologiche, che danno ormai corpo all'annuale "bollettino agro-climatico";
- infine, un contributo del programma di monitoraggio alla gestione della Tenuta è rappresentato dalle progettazioni relative all'interramento di linee elettriche ed alla costituzione di barriere vegetali anti-inquinamento acustico da traffico veicolare.

In effetti, l'analisi del territorio ha messo in evidenza una serie di situazioni ambientali, di zone che richiedono specifici approfondimenti analitici ed interventi operativi (con crescente attenzione alla pressione antropica), e che possono così essere indicate: le aree di rappresentanza e di interesse storico e archeologico; il bosco planiziale con il querceto e la sughereta naturali; la pineta monumentale e da pinoli; la riserva integrale e gli aspetti faunistici e di salvaguardia; l'area costiera con i problemi di erosione e inquinamento marino; le aree a seminativi e prati. Inoltre, l'area di Capocotta, di recente annessa alla Tenuta, è ancora praticamente da monitorare e studiare come parte ormai integrante della Tenuta Presidenziale di Castelporziano.

E' opportuno considerare che questo volume costituisce l'ultimo rapporto annuale del Progetto di Monitoraggio; esso - almeno per ora - contiene l'ultima addizione di dati sperimentali alla già ricca banca dati accumulata nel quinquennio. Dati che, riscritti e digitalizzati, hanno consentito di standardizzare le informazioni e costruire - grazie all'impegno del gruppo coordinato dall'Ing. Della Rocca dell'Enea - il sistema informativo ambientale del territorio di Castelporziano, il "SITAC". Il SITAC consentirà di moltiplicare gli studi interspecialistici dei processi osservati a Castelporziano, e - anche attraverso simulazioni di variazioni (p.e. sull'espandersi della soggiacenza idrica) di fenomeni ecologici - permetterà per esempio di rispondere ad ipotesi, chiarire problematiche, ridurre carenze conoscitive, elaborare proposte di interventi.

Ma il SITAC è anche un'insieme di protocolli sperimentali adattabili all'investigazione di altre realtà ambientali.

**Presentazione del Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, Presidente della Commissione Scientifica del "Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano"*

Vorrei precisare che, sebbene i risultati definitivi e le conclusioni dei singoli gruppi di lavoro e delle interazioni fra i gruppi siano in corso di approntamento, gli studi e le constatazioni finora raggiunte non solo fanno prevedere il conseguimento dello scopo per cui il progetto era stato a suo tempo (1994) impostato, vale a dire: procurare alla Commissione tecnico-scientifica e alla Direzione della Tenuta di procedere, d'intesa con il Servizio Tenute e Giardini, alla impostazione e conduzione del regime di tutela e di gestione della Tenuta stessa in maniera tecnicamente e scientificamente corretta pur nel rispetto delle peculiare situazione di dotazione del Capo dello Stato.
Ma è ormai evidente che il programma, che ha condotto ad una conoscenza particolareggiata dell'ecosistema forestale della Tenuta, non solo consente l'individuazione nell'ambito della Tenuta per esempio di zone ambientali e di unità paesaggistiche, ma è la premessa - come già accennato - per il conseguimento di altri due obiettivi. Da un lato, la costruzione di un modello di procedimento di monitoraggio idoneo ad essere estrapolato allo studio degli ecosistemi di altre foreste planiziali costali mediterranee. Dall'altro, sta il fatto che sono state poste le basi di un complesso di metodologie e di un insieme di esperimenti, di osservazioni, di riflessioni che sono fondamentali per lo sviluppo degli studi nei multiformi aspetti della "naturalità" ambientale, della tutela e funzionalità delle aree (riserve naturali, aree protette, ecc.), essenziali per la conservazione delle risorse naturali.
In questa ottica, la fase conclusiva del programma dovrà comprendere una serie di iniziative, tra le quali: presentazione delle conclusioni al Presidente della Repubblica; pubblicazione sulla stampa scientifica e dibattito sui risultati in convegni tematici con i vari settori del mondo scientifico e tecnico; riunioni generali con la comunità accademica nazionale e internazionale, e con le varie espressioni del corpo sociale, cittadini, politici, amministratori, tecnici, operatori, media informatici; incontri con i centri di formazione e di educazione, e perciò con la scuola - nei suoi vari ordini e gradi - per far crescere, attraverso l'evidenza di un esempio molto dimostrativo, la consapevolezza, fino dalla infanzia, dei principi dell'educazione ambientale e della applicazione delle forme di rispetto e salvaguardia dei beni ambientali, dei comportamenti e delle azioni per la tutela e la appropriata e vantaggiosa valorizzazione delle risorse naturali.
In sostanza, davanti al progresso delle scienze ambientali e forestali, al diffondersi della coscienza ecologica, al delinearsi delle politiche che gli Stati devono formulare e applicare per la salvaguardia delle risorse naturali, come dimostrato dalla serie di accordi internazionali approvati nell'ultimo quinquennio (p.e. le Conferenze dell'ONU da Rio de Janeiro a Kyoto), il programma di monitoraggio di Castelporziano può essere considerato un non indifferente - anzi molto avanzato - contributo scientifico e tecnico sia alla metodologia di osservazione e di studio di ecosistemi forestali nel continuo adattamento ai cambiamenti ambientali globali, sia alla disamina e realizzazione delle conseguenti misure in favore della protezione e della sostenibilità dell'ecosistema stesso contrastandone declino, disturbi, degradi
E' infine di grande rilevanza sottolineare che questo sesto rapporto appare a circa un anno della emanazione del Decreto del Presidente Scalfaro che, su proposta del Segretario Generale, sentito il Ministro dell'Ambiente, ribadendo i termini del rispetto della specifica destinazione della Tenuta di Castelporziano come dotazione e sede di rappresentanza del Presidente della Repubblica, sottolinea il dovere "primario e indispensabile di promuovere e garantire la conservazione dell'inestimabile patrimonio naturale" dell'area di Castelporziano, nel quale "sono stati da tempo attivati e favoriti organismi e programmi di studio e di ricerca", per cui la Tenuta è diventata progressivamente "area oggetto di particolare protezione sotto il profilo dei valori naturalistici". Di conseguenza, secondo il disposto del Decreto Presidenziale il Ministero dell'Ambiente ha provveduto, a norma dell'art 8 della legge 6.12.1991, n. 394, a riconoscere alla Tenuta la qualità di "area naturale protetta".

PRESENTAZIONE DEL RAPPORTO 1999*

Le ricerche effettuate nell'ultimo anno di attività del Progetto hanno contribuito a definire in modo compiuto sia i programmi che si erano definiti nel corso delle attività precedenti, sia gli aspetti emersi e di aggiornamento che si erano resi necessari dall'evoluzione delle ricerca e del Sistema Informativo Territoriale Ambientale proposto. Un Rapporto, quindi, che risulta essere conclusivo annuale per elaborazione dati e di completamento per le mappature tematiche di interazione multidisciplinare rapportate ai Gruppi di Lavoro. Sono state utilizzate le procedure già ampiamente verificate nel corso delle attività pregresse.
Entrando un po' più nello specifico dei risultati ottenuti ne emerge sicuramente una valutazione il più possibile coerente sulla qualità dell'ambiente, sul suo equilibrio ecosistemico, alla ricerca di Indicatori Ambientali (IA) con l'aiuto dei quali e con la valutazione di trend pluriennali potessero comportare evoluzioni, previsioni e destini futuri. Infatti, un ulteriore e significativo risultato è rappresentato dall'approccio di definire un ecosistema attraverso l'utilizzo di I.A. che per definizione devono garantire rappresentativamente la conoscenza e l'evoluzione dei processi che intervengono nei vari comparti ambientali. Un I.A. è un parametro qualitativo o quantitativo capace di rappresentare una situazione ambientale complessa, cioè lo "stato" di uno spazio geografico costituito da componenti naturali, biotiche ed abiotiche, e da componenti antropiche (attività residenziali e di consumo, attività economiche, testimonianze storiche e culturali...etc.).
Emergono inoltre aspetti per cui il SITA, in questo caso applicato alla Tenuta di Castelporziano, non risulta un prodotto scientifico fine a se stesso, statico e legato ad un singolo e specifico spazio temporale, tutt'altro, è un sistema di acquisizione ed elaborazione dati dinamico e finalizzato, via via nella sua applicazione, ai diversi livelli di conoscenza dalla ricognizione generale allo specifico dettaglio.
L'utilizzo del SITAC è pure una funzione dinamica con diversi livelli di finalità: comprensione dei processi nei vari impatti antropici, gestione dei comparti ambientali la cui vocazione è stata definita a priori, operazioni di prevenzione e controllo delle biodiversità.
In questo ambito e con queste risultanze i 7 G.d.L., le 30 U.O. ed i 14 Enti di appartenenza con un n° ricercatori non inferiore a 200 tra quelli strutturati e quelli che in varia forma vi hanno partecipato, hanno contribuito alla finalità del Progetto.
Alla luce dei numerosi dati ottenuti per descrivere la qualità di singolo comparto ambientale risulta ora essere più semplificato nelle procedure e più veloce nell'acquisirne le valutazioni.
Una sintesi delle attività di quest'ultimo anno di lavoro:

G.d.L Atmosfera: Il campo interessato dalle attività svolte è piuttosto ampio considerando i rilevamenti, l'elaborazione e analisi dei dati da satellite per valutare la sensibilità delle diverse specie vegetazionali; il campionamento e analisi in campo delle specie chimiche in atmosfera (CO, idrocarburi non metanici, metalli pesanti); i meccanismi di trasformazione e diffusione degli inquinanti (in particolare ozono e gli altri ossidanti fotochimici), la chimica delle deposizioni umide e secche confrontando i dati triennali di deposizione dei metalli pesanti; lo studio delle interazioni con l'ambiente circostante. Aspetto significativo di questo ultimo anno è stato l'integrazione dei risultati ottenuti da altri G.d.L. quali ad esempio la distribuzione dei metalli pesanti nei diversi comparti ambientali, l'influenza dell'impatto antropico dovuto al traffico veicolare delle arterie che circondano la Tenuta ed influenti sulla qualità dell'atmosfera stessa, la correlazione tra indici di stress idrico e biomassa con la presenza dell'ozono causa di degrado della vegetazione. Da qui la scelta degli Indicatori ambientali più opportuni. Le finalità sono state rivolte alla caratterizzazione dell'atmosfera di Castelporziano individuando gli aspetti emergenti rispetto ad altre realtà territoriali simili per clima e attività colturali presenti o diversificate per attività antropogeniche, quindi l'inserimento incrociato dei dati nel SITAC con la creazione di una mappatura più completa.

G.d.L. Suolo: Durante questo anno di lavoro sono state avviate e consolidate numerose collaborazioni con altri G.d.L. su tematiche diversificate:
- lo studio integrato dei metalli pesanti nell'ambiente e la valutazione della vulnerabilità all'acidificazione dei suoli con il G.d.L. Atmosfera;
- l'effetto del rooting del cinghiale sulle caratteristiche del suolo con il G.d.L. Fauna e l'influenza delle attività antropiche, come il traffico veicolare o il pascolo degli animali, sulla fertilità e attività microbica del suolo;
- lo studio integrato di un'area della tenuta "Spagnoletta" attivando una lettura interdisciplinare dei dati relativi ad un sito in collaborazione con i G.d.L. Atmosfera, Vegetazione, Impatto Antropico fornendo suggerimenti per la relativa gestione.

---

* *Prof. Luciano Morselli - Università degli Studi di Bologna - Ministero dell'Ambiente, Roma*

L'insieme degli studi interdisciplinari condotti hanno fornito, quindi, criteri generali applicabili anche ad altre realtà territoriali ed è stato possibile individuare nella Tenuta zone vulnerabili nei confronti della fertilità fisica, chimica e biologica dovute a fattori diversi che ha evidenziato l'esigenza di una continua azione di monitoraggio della qualità del suolo, considerato quale comparto essenziale dell'ambiente a fini della conservazione e del ripristino.

G.d.L. Idrogeologia: Lo studio idrogeologico della tenuta ha riguardato, per il 1999, il monitoraggio delle acque di falda, del sistema piscine e, in quest'ultimo caso, georeferenziazione tramite tecnologia GPS. Il monitoraggio delle acque di falda ha permesso di aggiornare la carta piezometrica ed è stata, inoltre, realizzata la Carta delle Pendenze. Dall'analisi della qualità delle acque di falda della fascia costiera non emergono variazioni imputabili a fenomeni di intrusione marina, mentre l'elaborazione dei dati relativi ai pozzi della rete di monitoraggio ha messo in evidenza un impoverimento delle acque di falda dovuto alle scarse precipitazioni e la necessità, quindi, di pianificarne l'utilizzo. Per quanto riguarda il sistema piscine, lo studio dei livelli idrici e l'influenza dei parametri meteoclimatici rilevati delineano per il futuro scenari anche critici e l'ipotesi del doppio sistema di alimentazione, acque meteoriche e falda superficiale è stata ulteriormente avvalorata dall'elaborazione statistica multivariata dei dati di qualità delle acque.

G.d.L. Vegetazione: Le ricerche attivate hanno mostrato un ampio ventaglio di temi: sono state realizzate la Carta della Vegetazione e la Carta della Biomassa Vegetale, inoltre sono state oggetto di studio le caratteristiche strutturali dei differenti gruppi di specie vegetali legnose che vivono nello stesso ecosistema attraverso la misura dell'indice di area fogliare (LAI) e la variazione della concentrazione dell'azoto fogliare in relazione alla penetrazione della radiazione luminosa in un bosco di *Quercus ilex* al fine di studiare l'organizzazione di una comunità vegetale. Altri studi hanno riguardato, poi l'influenza della luce sul rinnovo naturale in popolamenti forestali a querce caducifoglie e la capacità adattiva del leccio ai diversi microclimi in relazione all'efficienza d'uso idrico.

G.d.L. Fauna: Il progetto di monitoraggio ha visto come attività il censimento delle entomocenosi forestali e litoranee, lo studio degli ambienti temporanei sia in termini di caratterizzazione e mappatura dei bacini per la realizzazione di una Carta aggiornata, sia attraverso la valutazione della distribuzione di due specie di anostraci presenti. Negli ecosistemi delle piscine sono state, inoltre, osservate comunità zooplanctoniche e a macroinvertebrati diversificate e ad alta specificità. Sono inoltre continuati gli studi sulla biologia di alcune specie animali come i rapaci notturni, la testuggine palustre e gli odonati. Altrettanto interessanti sono gli studi sull'avifauna migratoria e su quella svernante che hanno messo in evidenza l'importanza della tenuta per la rotta migratoria tra l'Europa centrosettentrionale e l'Africa e per la nidificazione di specie di interesse internazionale. Sono inoltre state ulteriormente studiate la biologia di alcune specie

G.d.L. Impatto Antropico: Al fine di valutare gli impatti ambientali provocati dalle attività antropiche sono state intraprese collaborazioni con altri G.d.L. Con il Gruppo Atmosfera è stato correlato l'andamento di alcuni inquinanti con il flusso di traffico veicolare determinato attraverso campagne di rilevamento stagionale lungo le vie limitrofe alla tenuta. Con il Gruppo Suolo è stata studiata la comunità microbica del suolo ed è stata evidenziata la perdita di biodiversità soprattutto per le aree coltivate con il rischio di portare la funzionalità dell'ecosistema al di sotto delle capacità di ripristino. Con il Gruppo Vegetazione sono state valutate le variazioni strutturali delle chiome e morfologiche degli aghi in funzione dell'età allo scopo di identificare indici di valutazione come l'indice di area fogliare per monitorare l'effetto degli interventi antropici di diradamento e con il Gruppo Fauna sono stati messi in evidenza i processi di disturbo del sistema suolo dovuti al rooting dei cinghiali che può portare all'impoverimento della fertilità chimica e al degrado della struttura del suolo di difficile ripristino in tempi brevi. Di notevole interesse sono stati inoltre l'elaborazione della Carta dell'Erosione, lo studio dell'inquinamento elettromagnetico con il relativo progetto di interramento delle linee elettriche e la conseguente tutela del patrimonio paesaggistico, lo studio dell'evoluzione temporale del paesaggio vegetale e dello sviluppo urbano circostante la tenuta dal '40 ad oggi attraverso l'analisi multitemporale di foto aeree e le proposte per l'istituzione di un museo naturalistico all'interno della tenuta.

Ciò ha comportato anche decisioni ai fini gestionali della tenuta per la rinaturalizzazione. I futuri obbiettivi;
- Campo di ricerca di riferimento delle aree protette di macchia mediterranea e la relativa biodiversità.
- Corretta ed inedita gestione di una tenuta e delle sue risorse.

Tali obbiettivi sono interagenti e da essi possono discendere una serie di informazioni a carattere scientifico territoriale importantissimo per la vicinanza dell'area urbana metropolitana, del litorale, delle vie di comunicazione ad elevata intensità di traffico, ma soprattutto l'evolversi dei processi che intervengono nell'ambiente.

COMMISSIONE SCIENTIFICA

PRESIDENTE

Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza

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

Prof. Alfonso Alessandrini
Prof. Carlo Blasi
Dott. Aldo Cosentino
Dott. Alessandro Demichelis
Dott. Giuseppe Dicroce
Prof. Ervedo Giordano
Prof. Alessandro Nardone
Prof. Alessandro Pignatti
On. Arch. Fulco Pratesi
On. Arch. Francesco Sapio
Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza (PRESIDENTE)
Dott. Mario Serio
Dott. Ing. Aleandro Tinelli (SEGRETARIO)
Prof. Silvano Toso
Dott. Luigi Tripodi
Dott. Goffredo Zaccardi

COORDINATORI

Prof. Luciano Morselli
Università degli Studi di Bologna / 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
Università degli Studi di Bologna / 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

Prof. Ervedo Giordano
DISAFRI
Università della Tuscia Viterbo

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 della Presidenza della Repubblica
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Ministero dell'Ambiente
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA)
Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (INFS)
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante (ISNP)
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo (ISSDS)
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
Terza Università di Roma
Università degli Studi della Tuscia (DISAFRI) - Viterbo

Relazioni dei Gruppi di Lavoro

PROGETTO DI MONITORAGGIO
AMBIENTALE DELLA TENUTA
PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

TENUTA DI CASTELPORZIANO
RAPPORTO 1999

GRUPPO DI LAVORO

S I T A C

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, N. A. Minciotti, P. C. Toffolutti,
A. Folletto, S. Mugnoli, A. Laurenti

GRUPPO DI LAVORO	**SITAC**
TITOLO DELLA RICERCA	Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano
RESPONSABILE	Ing. A. B. Della Rocca
UNITA' OPERATIVA	ENEA inn-riv.vis C.R. Casaccia – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A.B. Della Rocca, F. Chiocchini, A. Folletto, P. Monteduro, S. Mugnoli

1. INTRODUZIONE

Nel presente rapporto vengono illustrate le attività svolte dal GdL SITAC nel periodo che va da Ottobre 1998 a Novembre 1999 per la realizzazione del **S**istema **I**nformativo **T**erritoriale **A**mbientale della Tenuta di **C**astelporziano (**SITAC**). Al fine di inquadrare meglio le attività svolte si richiamano schematicamente le due fasi principali dello sviluppo del SITAC: *progettuale* e *realizzativa.*
La fase *progettuale* è stata suddivisa in due linee di attività:

1. indagine preliminare;
2. progettazione struttura HW/SW (hardware/software) e base dati.

La fase *realizzativa*, a sua volta, è stata distinta in tre linee di attività:

3. *inserimento delle informazioni territoriali;*
4. *sviluppo funzioni;*
5. *accessibilità e catalogo.*

Nel diagramma della Fig.1 vengono illustrate le diverse fasi e le linee di attività eseguite con la loro sequenzialità logica e temporale.

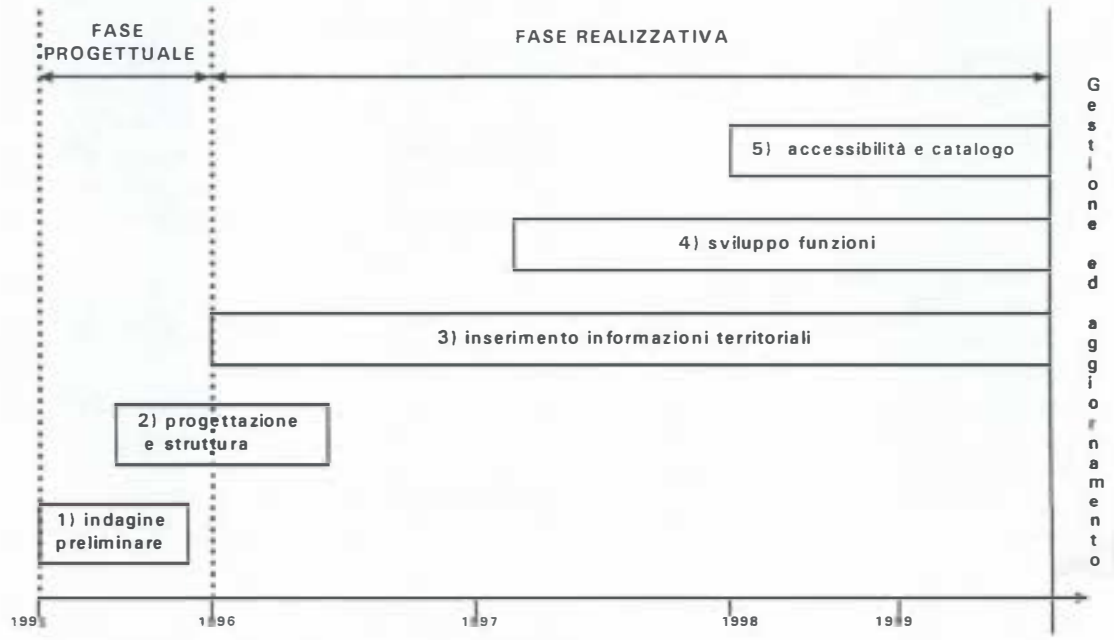


Figura 1 – Diagramma temporale delle attività per lo sviluppo del SITAC

Nella prima fase è stata svolta un'indagine preliminare mediante un apposito questionario per stabilire la tipologia dei dati, le esigenze e gli scopi dei ricercatori e della Direzione della Tenuta. In un secondo tempo in base alle informazioni raccolte è stato possibile progettare lo schema della base dati e la

struttura hardware e software del SITAC stesso. Quest'ultimo e stato articolato in due componenti parallele ed interagenti:
- una banca dati (DBMS), per poter gestire ed elaborare i dati in modo efficiente;
- un Sistema Informativo Territoriale (SIT), in grado di gestire i dati territoriali e trarre informazioni sotto forma di strati informativi, di immagini telerilevate e fotografie.

La seconda fase del progetto ha molteplici obiettivi:
1. la memorizzazione nel SITAC di 2 tipologie di dati: *dati di monitoraggio*, cioè misure di campagna direttamente effettuate nella Tenuta, e *strati informativi,* cioè un insieme di elementi territoriali omogenei e georeferenziati riportati su forma cartografica.
2. l'elaborazione dei dati inseriti nel SITAC per far fronte alle specifiche esigenze di analisi espresse dai diversi GdL, con l'obiettivo di restituire le elaborazioni sia su supporto analogico che digitale.
3. la realizzazione di un catalogo di informazioni descrittive di tutti i dati memorizzati nel SITAC che sia facilmente e rapidamente consultabile da parte di qualsiasi utente autorizzato.

Il presente rapporto descrive il lavoro svolto nell'ambito delle linee di attività "*Inserimento delle informazioni territoriali*" (par. 2), *Sviluppo funzioni*" (par. 3) e "*Accessibilità e catalogo*" (par. 4).

2. LINEA DI ATTIVITÀ: "INSERIMENTO DELLE INFORMAZIONI TERRITORIALI"

Il lavoro svolto nell'ambito di questa attività è stato prettamente quello di standardizzare, trasformare cioè in formato SITAC, i dati inviatici da i diversi GdL.
Nei paragrafi che seguono vengono descritti nell'ordine le attività svolte per la:
- standardizzazione dei dati (par. 2.1);
- realizzazione degli strati informativi di interesse generale (par. 2.2);
- realizzazione del DBMS del SITAC (par. 2.3);
- inserimento di informazioni territoriali dei singoli GdL (par. 2.4).

2.1. Omogeneizzazione delle informazioni territoriali

L'attività svolta non si discosta da quella effettuata negli anni precedenti e già descritta nelle relazioni riguardanti tali periodi. E' utile comunque riassumere brevemente i punti fondamentali.
La problematica più importante dello sviluppo del SITAC è costituita dalla gestione integrata di una vasta quantità di dati multidisciplinari e multitemporali raccolti nell'ambito del Programma di Monitoraggio Ambientale della Tenuta di Castelporziano. Per acquisire tali informazioni nel SITAC e permettere la loro utilizzazione è necessario conferirgli un livello di omogeneità adeguato, livello che può essere raggiunto mediante un processo di standardizzazione. Il processo risulta necessario poiché i ricercatori hanno raccolto e stanno tuttora raccogliendo e registrando dati di varia natura e nei formati più diversi.
I numerosi dati che verranno illustrati schematicamente nei paragrafi successivi, sono principalmente strati informativi, in formato raster o vettoriale, e dati di monitoraggio organizzati in forma tabellare, corredati da informazioni relative ai parametri ambientali misurati. Queste informazioni riguardano:
- la descrizione dei parametri monitorati;
- le metodologie utilizzate per misurarli;
- le unità di misura utilizzate per esprimerli.

Tutti i dati ricevuti sono stati necessariamente trattati mediante funzioni macro di EXCEL per uniformarli tra loro e con quelli già presenti nel SITAC.
Per le informazioni di tipo geografico riconducibili a strati informativi destinati alla componente SIT, si è raccomandato, in linea con la circolare 1/96, di utilizzare la C.T.R. (Carta Tecnica Regionale) in scala 1:10.000, cartografia ufficiale del SITAC.
I rapporti di collaborazione tra il GdL e ogni U.O. sono articolati in più fasi:
1. contatti preliminari via fax o via telefono stabiliti in base a indicazioni fornite dai Responsabili dei GdL;
2. riunioni specifiche:
   - per stabilire la tipologia e la quantità di dati da trasferire al SITAC;
   - per permettere al GdL SITAC di fornire il supporto tecnico per la predisposizione dei dati secondo gli standard SITAC;
3. trasferimento dei dati al GdL SITAC, mediante supporto magnetico e/o cartaceo o tramite posta elettronica;

4. controllo del materiale da parte del GdL SITAC e richiesta via fax , via telefono o mediante riunioni specifiche, di informazioni mancanti, delucidazioni sui dati forniti, ecc.;
5. assestamento diretto dei dati con l'ausilio dei ricercatori;
6. acquisizione dei dati nel SITAC (operazione effettuata dal GdL SITAC spesso in presenza dei ricercatori interessati);
7. contatti via fax, via telefono o presso il C.R. Casaccia dell'ENEA, successivi all'inserimento dati, per eventuali altre informazioni, delucidazioni, ecc.
8. validazione da parte delle varie UU.OO. dei dati trasformati in formato SITAC. Tale operazione è assolutamente necessaria per la realizzazione del DBMS e GIS-SITAC.

Si illustrano nella tabella seguente le UU.OO. che hanno validato i dati:

UU.OO.	Note
ATM02-03-06(b)	Validazione dei raster: NDVI, ISI, TMP, LAI e VGLU
ATM04-06(a)	Ha validato tutti i dati del 1992 e del 1995/96/98.
ATM07	Ha validato i dati del 1996/97/98
ATM04	Ha validato i dati sul benzene del 96/97
FAU01	Ha validato i dati (9/91996 al 15/5/97) riguardanti la linea di attività "Crostacei Anostraci"
FAU04	Ha validato i dati (12/3/97al 10/10/97) riguardanti la linea di attività "Entomofauna Acquatica"

2.2. Realizzazione degli strati informativi di interesse generale:

Gli strati informativi di interesse generale riguardano tematiche che possono essere utili per tutte le ricerche effettuate dalle diverse UU.OO. Essi comprendono coverage che sono indispensabili alla stesura di cartografie sia di base che tematiche. In relazione a tale attività è stato aggiornato lo strato informativo della rete viaria.

2.2.1. Aggiornamento dello strato informativo della rete viaria di Castelporziano

Lo strato informativo della rete viaria è stato rielaborato per soddisfare esigenze pratiche sorte nella gestione della Tenuta. Conoscere l'esatta distribuzione della rete viaria risulta infatti di fondamentale importanza per facilitare gli spostamenti interni degli operatori della Tenuta, per individuare le vie di accesso a specifiche zone e le vie per la sicurezza e antincendio; come è pure necessario individuare la tipologia delle strade (strada asfaltata principale, strada asfaltata secondaria, strada non asfaltata principale e così via) per una loro corretta manutenzione. La copertura originaria è stata realizzata tramite digitalizzazione della rete viaria riportata nella C.T.R. in scala 1:10.000 e successivamente è stata integrata con le informazioni desunte dall'analisi di immagini raster aeree DAEDALUS 12 canali del Maggio 1992. Sulla base di un controllo effetuato direttamente sul territorio dal segretario della Direzione della Tenuta Ing. Tinelli, si è proceduto a modificare la copertura originaria, riclassificando tutte le strade secondo le 7 tipologie principali di seguito descritte ed eliminando quelle vie dell'area di Capocotta che sono state dismesse al fine di consentirne la rinaturalizzazione:

- viabilità di confine per la sicurezza e antincendio;
- viabilità asfaltata principale;
- viabilità asfaltata secondaria;
- viabilità non asfaltata principale;
- viabilità non asfaltata secondaria;
- sentiero forestale;
- viabilità esterna alla Tenuta.

La nuova copertura è stata utilizzata per realizzare la carta della Rete Viaria di Castelporziano mediante software ArcPlot. La copertura STRADE aggiornata è descritta nella seguente tabella.

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Attributi invariabili	file associati	Item di relazione
STRADE	1. STRADE.AAT	1552 archi	Rete viaria			
	2. STRADE.RATNOM	33 route o gruppi lineari	Gruppi di linee con lo stesso nome di via			
	3. STRADE.SECNOM	215 sezioni	Base topologica per la route			
	4. STRADE.TATEXT	38 annotazioni	Toponimi delle vie principali			

I criteri seguiti nella realizzazione della carta sono i seguenti:
- tutte le tipologie di strade sono state rappresentate a linea doppia, con una simbologia stabilita insieme alla Segreteria della Tenuta;
- gli elementi geografici di base rappresentati sono i confini della Tenuta, il reticolo idrografico, la linea di costa e il reticolato geografico;
- la scala di rappresentazione è 1:10.000.

2.3. Realizzazione del DBMS SITAC

Allo stato attuale del SITAC si è reso necessario organizzare tutti i dati di monitoraggio in un database interrogabile, per far si che qualsiasi utente interessato possa estrarre tutte le informazioni di campagna riferite ad una certa area della Tenuta. Scopo del lavoro è quello di rendere possibile l'estrazione dei dati mediante delle query semplici e "form", cioè delle maschere di consultazione; queste "form" possono comunque essere utilizzate dai ricercatori anche per immettere nuovi dati alla luce delle ricerche future.
Nella creazione del DBMS - SITAC sono state affrontate le seguenti problematiche:
- creare database tematici o mantenere la suddivisione dei dati in base ai diversi GdL;
- selezionare delle entità in comune tra tutte le tabelle contenenti i dati di monitoraggio in modo da poter estrarre le informazioni richieste eseguendo delle query;
- uniformarsi alla creazione del database ("accessibilità e catalogo") dei metadati;
- consultazione del DBMS SITAC immediata e facile anche per i "non addetti ai lavori".

Per rendere agevole l'organizzazione e la consultazione dei dati si è deciso di manterere la suddivisione per GdL e non per linee di ricerca. Questa scelta non ha comportato lo sconvolgimento drastico nella struttura del database, e l'inevitabile perdita di organicità.
Per quanto riguarda le possibili modalità di interrogazione comuni a tutte le tabelle contenenti i dati di campagna, sono state prese in considerazione diverse categorie:
- **categoria geografica**: aree geografiche, località, toponimo, particella catastale, identificativo del sito (ID);
- **categoria temporale**: data di campionamento, ora e minuti, periodo di campionamento;
- **categoria tematica**: tematismo.

Di seguito sono descritte le diverse modalità di interrogazione prese in considerazione sulle quali si possono effettuare delle query che diano come risultato una percentuale elevata di informazioni. spiegando anche le motivazioni della scelta e/o dello scarto di tali entità.

Categoria geografica

Aree geografiche

Gran parte dei dati di monitoraggio presenti nel SITAC sono stati rilevati in specifici siti all'interno della Tenuta, hanno perciò valore puntuale e ciascuno è identificato da una coppia di coordinate geografiche, longitudine (coordinata x) e latitudine (coordinata y) riferite al sistema cartografico internazionale UTM (Universal Transverse Mercator) ed espresse in metri. I siti di monitoraggio non sono comunque distribuiti in modo uniforme sul territorio della Tenuta e per ogni G.d.L. sono variabili in quantità. Per interrogare il DBMS in modo geografico è stata creata una semplice "query" per aree geografiche rettangolari, tramite la quale l'utente può definire la porzione di territorio che vuole investigare. La superficie di interesse viene definita inserendo due coppie di coordinate, relative ai vertici in basso a destra e in alto a sinistra del rettangolo. L'utente viene guidato nell'interrogazione per aree geografiche

mediante delle apposite finestre informative. I valori della longitudine che si possono inserire variano da 279100 a 288000, mentre quelli della latitudine variano da 4615000 a 4630000. I dati estratti da ogni query riguardano l'area che lo stesso utente ha definito. Il risultato dell'interrogazione viene visualizzato mediante una maschera specifica.

Località

Per località si intende un luogo, più o meno ampio, definito dalla sua posizione e dalle sue caratteristiche. Il discorso fatto per le coordinate geografiche vale anche per la località del sito, che è un campo univoco, ed è stato fornito dalla maggior parte dei ricercatori. Tale campo è pertanto idoneo per estrarre una percentuale molto vicina al 100% delle informazioni presenti nel database. L'interrogazione, generalmente, può avvenire facendo click sul triangolo al lato della casella combinata e scegliendo dall'elenco che appare la voce di interesse: quindi schiacciando il pulsante associato si visualizza il risultato in una maschera specifica.

Numero della particella catastale

Tale campo non può essere considerato costante nel tempo, infatti se la particella venisse frazionata e le informazioni associate ad essa fossero dipendenti dal suo identificativo, nel momento in cui la particella stessa viene, ad esempio, divisa in 2, potremmo perdere la possibilità di estrarne le informazioni associate. Nel caso in cui le informazioni attributo non dipendono direttamente da essa ma da altri parametri, quali le coordinate eliminando la particella vengono preservate tutte le informazioni attributo. In tal modo è possibile ricostruire le modifiche intervenute nella particella, anche se alcune non esisteranno più nella loro forma originaria. I ricercatori nella maggior parte dei casi non hanno fornito tale informazione, solo nel caso del "Monitoraggio delle Piscine" (GdL Idrogeologia) si possono fare delle interrogazioni tramite questo parametro. L'interrogazione può avvenire facendo click sul triangolo al lato della casella combinata e scegliendo dall'elenco che appare la voce di interesse, successivamente schiacciando il pulsante "Numero particella Forestale" si visualizzeranno i dati in una maschera. Per n° della particella forestale si intende il numero associato ad ogni ambiente forestale individuato dal Piano di gestione naturalistico e riportato nella Carta del Piano.

Toponimo

Il toponimo viene utilizzato dalla gran parte dei ricercatori per indicare il punto esatto all'interno di una località dove sono state effettuate le misure. Nel corso degli anni è stato redatto un elenco dei toponimi provenienti da varie fonti, che non è mai stato revisionato e validato dal personale della Tenuta; pertanto tra le informazioni giunte al SITAC quelle relative ai toponimi non sono omogenee tra loro. Inoltre tale attributo non è riportato in tutte le tabelle e quindi non è idoneo per estrarre informazioni dal database. Questo tipo di interrogazione è prevista solo nel database GdL Idrogeologia per il Tematismo "Monitoraggio delle piscine" perché ad ogni piscina è associato il relativo toponimo, desunto da un lista dei toponimi inviata al SITAC dal personale della Tenuta.

Identificativo del sito

Il campo ID, presente in ogni tabella contenente i dati di monitoraggio, è diverso per ogni GdL e addirittura per ogni UU.OO. Tale campo, infatti, si riferisce solo allo strato informativo creato in maniera specifica per quella collezioni di dati, e pertanto non è idoneo per estrarre informazioni dal database.

Categoria Temporale

Data di campionamento

La data di campionamento è presente in tutte le tabelle contenenti i dati di monitoraggio ed essendo espressa in GG/MM/AA è idonea per estrarre i dati in un determinato arco di tempo. È possibile definire l'intervallo di tempo immettendo la data di inizio e la data di fine campionamento nelle apposite caselle, per poter consultare o estrarre solo i dati rilevati nel periodo di interesse. L'utente deve però avere l'accortezza di immettere la data secondo il formato MM/GG/AA, mentre nella maschera la data viene visualizzata con il formato GG/MM/AA; tale incongruenza non può essere corretta poiché dipende da moduli specifici di Microsoft Windows e non del database o del programma Access.

Ora e minuti, Periodo di campionamento

Tali campi non sono presenti in tutte le tabelle ma solo nel caso di alcuni tematismi del GdL Atmosfera: quindi non sono stati presi in considerazione per estrarre dal database le informazioni come primo livello di interrogazione.

Categoria Tematica

Tematismo

Analogamente a quanto fatto per il database "Metadati" (par. 4.1), sono state definite per ogni GdL le linee di ricerca o tematismi indispensabili per estrarre i dati in base all'argomento. Quindi all'interno di ogni database è stata creata una maschera "Tematismi della Banca Dati" che fornisce ad ogni utente l'opportunità di ricercare i dati riguardanti il tematismo di interesse. Una volta entrati nella maschera "Tematismi della banca dati" scegliendo la collezione di dati da consultare tramite delle semplici "query" sulle coordinate geografiche, la data di campionamento, la località ecc., si potranno estrarre i dati di interesse dal database SITAC.

2.4. Inserimento di informazioni territoriali dei GdL

I dati acquisiti sono stati sia di tipo cartografico, per i quali sono stati realizzati appositi strati informativi, che di tipo attributo, espressi soprattutto in forma tabellare.

Vengono di seguito descritte le attività svolte per l' inserimento di tali dati nei vari GdL.

2.4.1. GdL Atmosfera

Per il GdL Atmosfera, il lavoro svolto in questo ambito ha riguardato la stesura finale dell'immagine raster descrittiva delle Classi Spettrali di Vegetazione e Uso del Suolo (VGLU). Ad ogni classe è stato associato un determinato colore secondo le indicazioni date dai ricercatori.

Nelle tabelle seguenti sono descritte le caratteristiche dell'immagine raster prodotta e gli attributi ad essa associati:

Nome raster	n. layer	Descrizione	Risoluzione	Note
VGLU	1	Classi Spettrali di Vegetazione e Uso del Suolo	10x10 m	Tipo di dato intero

Descrizione parametri	Nome Item	Tipo Item
Legenda dell'immagine	LUDSC	stringa
Codice	CODICE	stringa

Sono state fornite delle immagini da satellite per l'inquadramento geografico della Tenuta rispetto alla città di Roma. Tali immagini sono georiferite e non hanno necessitato di ulteriori elaborazioni se non la definizione del sistema di proiezioni geografiche caratteristico dei prodotti SITAC. Le caratteristiche delle immagini sono illustrate nella tabella seguente:

Nome_raster	n. layer	Descrizione	Risoluzione	Note
RM_453	3	Immagine LANDSAT (r,g,b = 4,5,3) della zona di Roma e Castelporziano	30 x30 m	Tipo di dato: .img
ROMA321	3	Immagine LANDSAT (r,g,b = 3,2,1) della zona di Roma e Castelporziano	30 x 30 m	Tipo di dato: geo-tif
TENUTA	3	Immagine LANDSAT (r,g,b = 3,2,1) della zona di Castelporziano	30 x 30 m	Tipo di dato geo-tif

Un'altra immagine fornita riguarda l'indice di stress idrico e completa quelle già in possesso del SITAC. Anch'essa è un'immagine ottenuta dalla elaborazione di dati LANDSAT 5 TM ed è relativa al 3 agosto 1998. Per immetterla nel SITAC è stato necessario trasformarla dal suo formato di origine .LAN in .img caratteristico dei raster SITAC. Anche a tale file raster, successivamente, è stato fornito il set di proiezioni geografiche caratteristiche del SITAC.

Inoltre è stata fornita anche un'immagine che illustra l'indice di area fogliare (LAI) ottenuta dalla elaborazione dei dati LANDSAT 5 TM del 23 luglio 1994. Anche questo file è stato fornito in formato .LAN, quindi è stato necessario modificarlo secondo l'iter descritto in precedenza. Nella tabella seguente vengono mostrate le caratteristiche delle immagini dello stress idrico e del LAI.

Nome raster	n.layer	Descrizione	Risoluzione	Note
ISI8	1	Indice di stress idrico	30 x 30 m	Tipo di dato: floating
LAI4	1	Indice di area fogliare	30 x 30 m	Tipo di dato: floating

I dati di monitoraggio riguardanti gli inquinanti atmosferici rilevati da laboratorio mobile della campagna 1998 delle UU.OO. ATM04 e ATM06, associati allo strato informativo ATMO, sono stati standardizzati ed aggiunti a quelli delle campagne precedenti già inseriti nel SITAC. Lo stesso lavoro di standardizzazione è stato svolto per quelli dell'U.O. ATM01 riguardanti "*La dinamica chimica e fisica degli inquinanti*" relativi a due siti di campionamento (Tor Paterno e Castello). Per tali siti, a partire dalla loro posizione indicata manualmente dal ricercatore su di una copia della carta della Tenuta in scala 1:10.000, è stato creato tramite digitalizzazione a video lo strato informativo INQUI per il quale, nelle tabelle che seguono, si illustrano schematicamente le caratteristiche e tutti i dati di monitoraggio associati:

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Tematismo	Dati associati
INQUI	INQUI.PAT	2 punti	siti di rilevamento delle U.O.ATM01; rilevamento dei dati meteo, di ozono e ossidi di azoto, radioattività e degli inquinanti determinati con il sistema denuders-filters	Inquinanti atmosferici – Meteorologia – Radioattività	Vedi i 6 schemi seguenti

Schema 1 – parametri dati meteo

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
identificativo del sito	INQUI-ID		
località di campionamento	INQLOC		
coordinata geografica x	INQx	m	U.T.M.
coordinata geografica y	INQy	m	U.T.M.
data del rilevamento	INQDTA	gg/mm/aa	
ora	INQORA	h	
minuti	INQMIN	min	
velocità del vento	INQVVN	cm/s	campionatore automatico
direzione del vento	INQDVN	gradi	campionatore automatico
temperatura	INQTMP	°C	campionatore automatico
umidità relativa	INQUMR	%	campionatore automatico
pressione	INQPRS	mbar	campionatore automatico

Schema 2 – parametri dei dati sull'ozono.

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
identificativo del sito	INQUI-ID		
località di campionamento	INQLOC		
coordinata geografica x	INQx	M	U.T.M.
coordinata geografica y	INQy	M	U.T.M.
data del rilevamento	INQDTA	Gg/mm/aa	
ora	INQORA	H	
minuti	INQMIN	Min	
ozono	INQO3	Ppb	campionatore automatico
UVB	INQUVB	W/m2	campionatore automatico
UVA	INQUVA	W/m2	campionatore automatico

Schema 3 – parametri dei dati rilevati con i denuders

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
identificativo del sito	INQUI-ID		
località di campionamento	INQLOC		
coordinata geografica x	INQx	m	U.T.M.
Coordinata geografica y	INQy	m	U.T.M.
data del rilevamento	INQDTA	gg/mm/aa	
periodo di campionamento (2h o 12h)	INQPRC	h	
acido cloridrico	INQHCl	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
acido nitrico	INQHNO3	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
biossido di zolfo	INQSO2	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
biossido di azoto	INQHNO2	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione cloro Coarse (> 2.5 u diametro aerodinamico)	INQCl-c	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
Ammoniaca	INQNH3	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione cloruro *fine* (< 2.5 µ diametro aerodinamico)	INQCl-f	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione cloruro totale (*fine* + *coarse*)	INQCl-t	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione nitrato *coarse* (> 2.5 u diametro aerodinamico)	INQNO3-c	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione nitrato *fine* (< 2.5 u diametro aerodinamico)	INQNO3-f	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione nitrato totale (*fine* + *coarse*)	INQNO3-t	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione solfato Coarse (> 2.5 u diametro aerodinamico)	INQSO4=c	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione solfato *fine* (< 2.5 µ diametro aerodinamico)	INQSO4=f	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione solfato totale (*fine* + *coarse*)	INQSO4=t	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione ammonio Coarse (> 2.5 u diametro aerodinamico)	INQNH4+c	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione ammonio Fine (< 2.5 µ diametro aerodinamico)	INQNH4+f	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione ammonio totale (*fine* + *coarse*)	INQNH4+t	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione nitrato *All* (NO3 totale + HNO3)	INQNO3-al	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione ammonio *Evolved* = NH4NO3	INQNH4+ev	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack
ione nitrato *Evolved* = NH4NO3	INQNO3-ev	$\mu g/m^3$	Denuder + Filter Pack

Schema 4 – parametri dei dati sull'ozono e ossidi di azoto.

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
identificativo del sito	INQUI-ID		
località di campionamento	INQLOC		
Coordinata geografica x	INQx	M	U.T.M.
Coordinata geografica y	INQy	M	U.T.M.
data del rilevamento	INQDTA	gg/mm/aa	
Ora	INQORA	H	
Minuti	INQMIN	Min	
Ozono	INQO3	Ppb	campionatore automatico
ossido d'azoto	INQNO	Ppb	campionatore automatico
biossido d'azoto	INQNO2	Ppb	campionatore automatico
somma di ossido e biossido d'azoto	INQNOX	Ppb	campionatore automatico
ozono + biossido d'azoto	INQO3+NO2	Ppb	campionatore automatico
somma di ossido e biossido d'azoto e ozono	INQNOX+O3	Ppb	campionatore automatico

Schema 5 – parametri dei dati rilevati con i denuders

Descrizione Parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
identificativo del sito	INQUI-ID	/	
località di campionamento	INQLOC		
coordinata geografica x	INQx	m	U.T.M.
coordinata geografica y	INQy	m	U.T.M.
data del rilevamento	INQDTA	gg/mm/aa	
periodo di campionamento (2h o 24h)	INQPRC	h	
volume	INQVOL	m^3	Denuders-Filters
azoto totale	INQNt	$\mu g/m^2$	Denuders-Filters
acido nitrico	INQHNO3	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
biossido di zolfo	INQSO2	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
acido nitroso	INQHNO2	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
Perossiacetilnitrato	INQPAN	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
biossido d'azoto totale	INQNO2t	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione cloruro coarse	INQCl-c	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione cloruro fine	INQCl-f	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione cloruro totale	INQCl-t	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrito coarse	INQNO2-c	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrito fine determinato su filtro teflon	INQNO2-f	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrito totale	INQNO2t	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrato coarse	INQNO3-c	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrato fine determinato su filtro teflon	INQNO3-f	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrato fine determinato su filtro nylon	INQNO3-e	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrito fine (= teflon + evolved)	INQNO3-f	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione nitrito totale	INQNO3-t	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione solfato coarse	INQSO4=c	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione solfato fine determinato su filtro teflon	INQSO4=f	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione solfato totale	INQSO4=t	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters
ione ammonio coarse	INQNH4+c	$\mu g/m^3$	Denuders-Filters

Schema 6 – parametri dei dati sulla radioattività.

Descrizione Parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
identificativo del sito	INQUI-ID		
località di campionamento	INQLOC		
coordinata geografica x	INQx	m	U.T.M.
coordinata geografica y	INQy	m	U.T.M.
data del rilevamento	INQDTA	gg/mm/aa	
Ora	INQORA	h	
Minuti	INQMIN	min	
periodo di campionamento di 2h	INQPRC	2 ore	
caduta di pressione iniziale (p.drop i)	INQCPi	Mbar	campionatore automatico
caduta di pressione finale (p.drop f)	INQCPf	Mbar	campionatore automatico
dark=conteggio radioattività a sorgente oscurata	INQDK	/	campionatore automatico
natural = radioattività naturale del Radon	INQNR	/	campionatore automatico
Beta = conteggio radioattività a sorgente aperta (natura l- dark)	INQBT	/	campionatore automatico
volume campionato	INQVL	m3	campionatore automatico
beta counts (conteggi beta)	INQCOU	/	campionatore automatico

Database Atmosfera:
Vista la grande mole di dati acquisiti si è proceduto alla realizzazione del DBMS SITAC interrogabile a partire dal database Atmosfera. Lo scopo è sicuramente quello di rendere possibile l'estrazione dei dati mediante query semplici e "forms" (maschere di consultazione e immissione dei dati) che aiutino il più possibile l'utente indirizzandolo più speditamente verso il risultato finale. Inoltre si deve tener presente che i dati di monitoraggio sono puntuali, quindi legati strettamente al fattore geografico e tale caratteristica deve emergere anche in un database prettamente numerico. Quindi nell'organizzazione del database si è tenuto necessariamente conto di questi aspetti creando delle query specifiche. Inizialmente sono state importate le tabelle (vedi tabella n.1) contenenti i dati di monitoraggio in ambiente Access. Su tali tabelle sono state create delle query (vedi tabella n.2) per rendere l'interrogazione del database immediata e per facilitare la consultazione dei dati anche da parte di persone non esperte. Successivamente sono state create le maschere (vedi tabella n.3) che sono delle "forms" di immissione e/o visualizzazione dati estremamente importanti per database tematici. Poichè i dati sono stati raggruppati in diversi tematismi, all'interno di ogni maschera d'interrogazione (*_interr) sono state create delle caselle combinate che permettono di estrarre informazioni per località, per data e per coordinate geografiche. Si deve, comunque, precisare che il database Atmofera non è stato ancora completato.

Nome Tabella	n. campi
Composti_chimici_aromatici	17
dati_denuders_1	27
dati_denuders_2	29
Deposizioni_secche_umide	29
Fattori_arricchimento	14
metalli_pesanti	17
Meteo	13
metodi_misura_(laboratorio_mobile)	2
Ozono	11
ozono_ossidi_azoto	14
Particolato_PM10	8
Radioattività	16
rilievi_atmosferici_laboratorio_mobile	30
Tem_deposizioni	1
Tem_inquinanti_atmosferici	1
Tem_meteo	1
Tem_radio	1

Tabella 1 – Caratteristiche delle tabelle importate

Nome Query	Tabelle associate	Note
Coord_atmosferici	rilievi_atmosferici_laboratorio_mobile	Interrogazione sui dati atmosferici da laboratorio mobile partendo dalle coordinate geografiche
Coord_dp	deposizioni_secche_umide	Interrogazione sui dati sulle deposizioni partendo dalle coordinate geografiche
Data_atmosferici	rilievi_atmosferici_laboratorio_mobile	Interrogazione sui dati atmosferici da laboratorio mobile partendo dalla data
Data_denuders1	dati_denuders_1	Interrogazione sui dati denuders1 partendo dalla data
Data_denuders2	dati_denuders_2	Interrogazione sui dati denuders2 partendo dalla data
Data_dp	deposizioni_secche_umide	Interrogazione sui dati delle deposizioni partendo dalla data
Data_meteo	Meteo	Interrogazione sui dati meteorologici partendo dalla data
Data_ozo	Ozono	Interrogazione sui dati dell'ozono partendo dalla data
Data_radio	Radioattività	Interrogazione sui dati sulla radioattività partendo dalla data
loc_atmosferici	rilievi_atmosferici_laboratorio_mobile	Interrogazione sui dati atmosferici da laboratorio mobile partendo dalla località
loc_denuders1	dati_denuders_1	Interrogazione sui dati denuders1 partendo dalla località
Località_aromatici	composti_chimici_aromatici	Interrogazione sui dati dei composti chimici aromatici partendo dalla località
Località_dp	deposizioni_secche_umide	Interrogazione sui dati delle deposizioni partendo dalla località

Tabella 2 – Caratteristiche delle Query

Nome Machera	Tabella/Query d'origine	Note
Inizio	/	introduzione al database Atmosfera
Inizio 2	/	argomenti (tematismi) della banca dati
Composti_chimici_aromatici	composti_chimici_aromatici	maschera di visualizzazione dati
Composti_chimici_aromatici_interr	Tem_inquinanti_atmosferici	maschera di interrogazione
Data	/	maschera di informazione
Dati_denuders_1	dati_denuders_1	maschera di visualizzazione dati
Dati_denuders_1_interr	Tem_inquinanti_atmosferic	maschera di interrogazione dati
Dati_denuders_2	dati_denuders_2	maschera di visualizzazione dati
Dati_denuders_2_interr	Tem_inquinanti_atmosferic	maschera di interrogazione dati
Deposizioni_secche_umide	deposizioni_secche_umide	maschera di visualizzazione dati
Interrogazione_dp	Tem_deposizioni	maschera di interrogazione dati
Latitudine	/	maschera di informazione
Località	/	maschera di informazione
Longitudine	/	maschera di informazione
Meteo	Meteo	maschera di visualizzazione dati
Meteo_interr	Tem_meteo	maschera di interrogazione dati
Ozono	Ozono	maschera di visualizzazione e/o visualizzazione dati
Ozono_interr	Tem_inquinanti_atmosferic	maschera di interrogazione dati
Radioattività	Radioattività	maschera di visualizzazione dati
Radioattività_interr	Tem_radio	maschera di interrogazione dati
Rilievi_atmosferici_laboratorio_mobile	rilievi_atmosferici_laboratorio_mobile	maschera di visualizzazione dati
Rilievi_atmosferici_laboratorio_mobile_interr	Tem_inquinanti_atmosferic	maschera di interrogazione dati
Leg_aromatici	/	maschera di spiegazione degli item della tabella
Leg_atmosferici	/	maschera di spiegazione degli item della tabella
Leg_denuders1	/	maschera di spiegazione degli item della tabella
Leg_denuders2	/	maschera di spiegazione degli item della tabella
Leg_dp	/	maschera di spiegazione degli item della tabella
Leg_meteo	/	maschera di spiegazione degli item della tabella
Leg_ozono	/	maschera di spiegazione degli item della tabella
Leg_radioattività	/	maschera di spiegazione degli item della tabella

Tabella 3 – Caratteristiche delle maschere create per l'interrogazione del database

2.4.2. GdL Suolo

I dati dell'U.O. SUO03 riguardanti "*il censimento dei rifiuti prodotti dalle differenti attività che si svolgono all'interno della Tenuta*" sono stati standardizzati (vedi tabelle da n.4 a n.13) e immessi nel DBMS SITAC. Mentre i dati relativi al "*recupero e valorizzazione delle biomasse da residui*", precedentemente standardizzati, sono stati agganciati allo strato informativo BIOMA, che rappresenta la localizzazione geografica dei siti di monitoraggio. Quest'ultimo è stato realizzato sulla base dell'indicazioni, relative alla posizione dei siti di campionamento, riportate in uno stralcio cartografico della C.T.R (Carta Tecnica Regionale) in scala 1:10.000 fornito dall'unità operativa.

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
data di campionamento	RFDTA	aa
specie campionata	RFSP	
peso medio individuo	RFMED	t
tipo legno	RFLEG	t
tipo foglie	RFFOG	t
produzione di compost annua	RFTOT	t /anno

Tabella 4 – Superfici forestate

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
Data di campionamento	RFDATA	aa
Tipo di coltura	RFCOL	
Superficie	RFSUP	ha
Resa media di granella	RFGRA1	t/ha
Resa media di granella	RFGRA2	t/ha
Coefficiente di trasferimento	RFCOTR	
Residui colturali	RFRCO	
Destino residui	RFRS	

Tabella 5 – Seminativi

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
Data di campionamento	RFDATA	Aa
Tipologia di foraggere	RFTIP	
Superficie	RFSUP	ha
Località di campionamento	RFLOC	
Note	RFNOT	

Tabella 6 – Foraggere

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
biomasse compostabili disponibili	RFCOMS	
data di campionamento	RFDTA	aa
residui solidi urbani compostabili	RFTOT	t/anno

Tabella 7 – Totale delle biomasse compostabili

Descrizione parametri	NomeItem	Unità di misura
data di campionamento	RFDTA	aa
Numero orti	RFNOR	
Superficie	RFSUP	mq
resa annua	RFRES	

Tabella 8 – Orti

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
Specie allevata	RFSP	
Razza allevata	RFRZ	
numero di individui allevati	RFNUM	
data di campionamento	RFDTA	aa
uilizzo/attitudine	RFUA	
forma di allevamento	RFAL	
Residui	RFRS	
quantità di residui	RFQRS	t
Destinazione residui	RFLET	
totale letame stimabile al giorno	RFTOT	

Tabella 9 – Allevamento di animali

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
data di campionamento	RFDTA	aa
Numero capi allevati	RFCP	
Specie di animali allevati	RFSP	

Tabella 10 – Allevamenti famigliari

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
data di campionamento	RFDTA	aa
tipologia del residuo	RFTIP	
resa annua	RFRS	t
cumulo del materiale ligneo-cellulosico	RFCUM	t

Tabella 11 – Attività ricreative

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
data di campionamento	RFDTA	aa
acque di fognatura in media giornaliera	RFACQ	m3/gg
tipologia acque	RFTIP	
fanghi prodotti dopo la depurazione per anno	RFFAN	t

Tabella 12 – Depurazione delle acque reflue

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
data di campionamento	RFDTA	aa
rifiuti totali	RFTOT	t/anno
residui solidi urbani compostabili	RFCOMS	t/anno

Tabella 13 – Residui solidi urbani

Coverage	Layer	n.elementi	Descrizione	Dati associati
BIOMA	BIOMA.PAT	4 punti	siti di rilevamento dell'U.O. SUO0; indagini sulle biomasse	Tabelle: Biomasse e Flusso_prod_biom

Database Suolo
I dati inizialmente creati in ambiente Excel, sono stati trasferiti in ambiente Access (vedi tabella n.14) per mezzo del comando importazione tabella che permette di effettuare questa operazione in maniera semplice e veloce data la totale compatibilità fra i due software.

Nome tabelle	n. campi	Note
Bioch_ch_fisici	39	Dati biochimici e chimico-fisici del suolo
Biomasse	20	Caratterizzazione chimica delle biomasse
Duna_ant_rec	22	Dati sulla duna recente ed antica: due ecosistemi a confronto
Flusso_prod_biom	7	Flusso di produzione e provenienza delle biomasse disponibili
Ind_micromorfologiche	12	Qualità fisica dei suoli in relazione al transito di animali
Metp	17	Dati dei metalli pesanti presenti nel suolo
Pori_rooting_cing	14	Dati sulla caratterizzazionedelle modifiche strutturali indotte dal rooting
Rif_forag	12	Censimento dei rifiuti: colture foraggere
Rif_acq	4	Censimento dei rifiuti: depurazione delle acque reflue
Rif_all_fam	3	Censimento dei rifiuti:di allevamenti famigliari
Rif_all_ani	10	Censimento dei rifiuti:allevamenti
Rif_att	4	Censimento dei rifiuti: superfici destinate a giardino ed attività ricreative
Fif_orti	5	Censimento dei rifiuti:orti ed allevamenti famigliari
Rif_sem	6	Censimento dei rifiuti:
Rif_tot	3	Totale delle biomasse compostabile nella Tenuta
Rif_fores	8	Censimento dei rifiuti: superfici forestale
Rif_urb	3	Censimento dei rifiuti:residui solidi urbani
Siti_bcfm	6	Caratteristiche dei siti di campionamento dei dati biochimici e chimico-fisici del suolo dei metalli pesanti
Tran_rooting_cing	25	Dati sulla valutazione quantitativa del rooting
Uso_suolo	2	Codifica dei suoli

Tabella 14 – Caratteristiche delle tabelle importate

Anche per questo Gruppo di Lavoro sono in via di realizzazione delle semplici interrogazioni e maschere per la consultazione e l'immissione dei dati.

2.4.3. GdL Idrogeologia

Sono continuate le operazioni di inserimento dei dati di monitoraggio dell'U.O. IDR01, avviate precedentemente e riguardanti il monitoraggio dei pozzi piezometrici della Tenuta, associandoli allo strato informativo PIEZ, già realizzato. I nuovi dati di monitoraggio, acquisiti in formato Excel, come era stato suggerito ai ricercatori contattati, riguardano i valori medi del livello piezometrico, della soggiacenza dal piano campagna, la quota del piano campagna sul livello del mare e la localizzazione geografica, espressa in Gauss-Boaga, di 34 pozzi dai quali sono stati rilevati i dati.
Per quanto riguarda l'U.O. IDR02 i dati sono stati consegnati già in formato Access e riguardano precisamente:

- 10 schede relative alle frane (frane .mdb);
- 66 stazioni geologico tecniche (castelporziano .mdb).

A questi dati si aggiungono numerosissime foto riguardanti le stratigrafie geoelettriche, le stazioni geologico-tecniche e le frane.

Nel corso dei numerosi studi e ricerche di varia natura condotti sulle piscine, è nata l'esigenza di conoscere l'esatta localizzazione geografica di questi invasi, di uniformare e rendere univoci i codici che li identificano e i nomi a loro attribuiti. A tale scopo l'U.O. IDR02 ha condotto una campagna (Autunno 1998) su tutto il territorio della Tenuta verificando e/o identificando la posizione geografica di piscine note o nuove, dei fontanili e delle sorgenti, con l'ausilio di una strumentazione GPS. Questa unità operativa al termine della campagna di rilevamento ha consegnato al SITAC un elenco di coordinate, espresse nel sistema Gauss-Boaga, riguardo alla localizzazione di 41 piscine e 2 fontanili che è stato possibile rilevare con l'apposita strumentazione. Le posizioni delle piscine e quelle dei fontanili e delle sorgenti rimanenti, per i quali non è stato possibile fare un rilievo con il GPS, sono state indicate a mano su una base cartografica della Tenuta in scala 1:10.000. Per generare la nuova copertura puntuale della posizione delle piscine (PISCI) sono state utilizzate le coordinate disponibili trasformate nel sistema di riferimento UTM e successivamente sono state aggiunte le restanti 141 piscine tramite digitalizzazione a video. Analogamente è stato poi fatto per la creazione dello strato informativo sui fontanile e le sorgenti (FOSO). Dalla Segreteria della Tenuta è stato infine stabilito un nuovo codice univoco per l'identificazione dei bacini, che sarà d'ora in avanti l'unico ritenuto valido ed al quale tutti i ricercatori che conducono studi sulle piscine dovranno uniformarsi. Ad ogni invaso infine sono stati associati i relativi attributi descrittivi riportati nello schema n.7.
Per quanto riguarda la componente SIT, relativamente all'attività dell'U.O. IDR01, è stato creato lo strato informativo PIEZ_MED.
Per quanto riguarda la componente SIT dell'U.O. IDR02 sono stati inseriti nuovi strati informativi. Le coperture sono state realizzate in collaborazione con la suddetta unità operativa mediante digitalizzazione in ambiente software ARC/INFO.
Nelle tabelle che seguono si illustrano schematicamente le caratteristiche delle coverage create e tutti i dati di monitoraggio associati ad esse per ciascuna UU.OO.

U.O.: IDR01

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Dati associati
PIEZ_MED	PIEZ_MED.PAT	48 punti	siti di campionamento di U.O. IDR01; localizzazione geografica dei pozzi della rete piezometrica	vedi schema seguente

Parametri misurati:

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
Codice pozzo	PZCOD	
Coordinata geografica x	PZx	m.
Coordinata geografica y	PZy	m.
anno di rilievo	PZANN	
livello piezometrico medio	PZMED	m s.l.m.

U.O.: IDR02

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	dati associati
LITO	LITO.AAT	353 archi	Limiti tra le diverse litologie	/
	LITO.PAT	79 poligoni	Aree a diversa litologia	/
MORFO	MORFO.AAT	140 archi	Elementi morfologici	/
	MORFO.PAT	17 poligoni		/
SCHEFRA	SCHEFRA.PAT	10 punti	schede frane	database franecastel e figure
SEV	SEV.PAT	78 punti	Sondaggi elettrici verticali	figure
SEV_ACI	SEV_ACI.PAT	50 punti	sondaggi elettrici verticali dell'area di Acilia	/
SEVSEZ	SEVSEZ.PAT	2 archi	Sezioni elettrostratigrafiche	2 figure
STAZLITO	STAZLITO.PAT	66 punti	Stazioni geologico tecnica	database Castelporziano e figure
FOSO	FOSO.PAT	26 punti	siti di localizzazione di fontanili e sorgenti	Cartografia di base
PISCI	PISCI.PAT	162 punti	siti di localizzazione delle piscine	Vedi i 2 schemi seguenti

Schema 7 – Tabella (info) delle caratterisriche principali riguardanti le piscine

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
Identificativo del sito	ID_SITAC		numerico
Toponimo della piscina	Topo		
Località di campionamento	Località		
Coordinata geografica x	Longitudine	m	U.T.M.
Coordinata geografica y	Latitudine	m	U.T.M.
Tipologia piscina: piscina permanente	Piscina permanente		
Tipologia piscina: piscina temporanea	Piscina temporanea		
Tipologia piscina: area umida	Area umida		
Origine piscina: naturale	Naturale		
Origine piscina: artificiale	Artificiale		
Fotografia della piscina presa in esame	Fotografie		

Database Idrogeologia

Visto la grande quantità di dati dell'U.O. IDRO01 si è iniziato ad importare in Access le tabelle create finora in formato Excel (vedi tabella n.15). Per rendere possibile l'estrazione dei dati riguardanti il "Monitoraggio delle falde acquifere" si costruiranno, in seguito, query semplici e delle maschere di consultazione e immissione dei dati che aiuteranno il più possibile l'interrogatore a ricercare i dati di suo interesse.

Nome tabelle	n. campi	Note
Cod_ pozzo	2	Codice dei pozzi
Dati_piez	10	Dati piezometrici
Figure	3	Figure delle bocche pozzo e ubicazione dei pozzi all'interrno della Tenuta
liv_piez_gg	6	Livelli piezometrici giornalieri
liv_piez_mm	8	Livelli piezometrici mensili
Prec_10_gg	5	Precipitazioni ogni 10 giorni
Stra_fig	2	Figure delle stratigrafie
Stra	6	Dati stratigrafici
Quot_piez_aa	5	Quota piezometrica annua

Tabella 15 – Caratteristiche delle tabelle importate

Si è collaborato attivamente con l'U.O. IDR03 per la realizzazione del database GdL Idrogeologia riguardante il tematismo "Monitoraggio delle Piscine" per poter estrarre tramite delle query semplici i dati di interesse. Inizialmente sono state importate le tabelle (vedi tabella n.16) contenenti i dati di monitoraggio in ambiente Access. Su tali tabelle sono state create delle query (vedi tabella n.17) per rendere l'interrogazione del database immediata e per facilitare la consultazione dei dati anche da parte di persone non esperte. Successivamente sono state create le maschere (vedi tabella n.18) che sono delle "forms" di immissione e/o visualizzazione dati estremamente importanti per database tematici. All'interno della maschera d'interrogazione sono state create delle caselle combinate che permettono di estrarre informazioni per località, per data e per coordinate geografiche. Naturalmente la realizzazione del database Piscine ha comportato un lavoro di "aggiustamento" per rendere ogni maschera e ogni report graficamente migliori. Ad esempio si è agito sul font delle varie scritte, sulla posizione delle varie caselle di immissione dei dati, il colore dello sfondo della maschera e eventuali specifiche da inserire come comandi di chiusura della maschera, stampa della stessa e uscita dall'applicazione. Infine sono stati realizzati 3 tipi di report (vedi tabella n.19) allo scopo di facilitare la consultazione ma soprattutto la stampa dei risultati delle interrogazioni.

Nome tabelle	n. campi	Note
Analisi_chimiche_H2O	24	Dati fisico-chimici sulla composizione dell'acqua delle piscine
Caratteristiche1	30	Caratteristiche generali delle piscine
Chimica_suolo	28	Dati fisico-chimici relativi alla composizione del suolo delle piscine
Indagini	1	Tabella di interrogazione database
Info	13	Caratteristiche generali delle piscine
Livelli	3	Dati su i livelli idrici delle piscine
Meteo_mec	9	Dati meteorologici della stazione meccanica
Meteo_auto	53	Dati meteorologici della stazione automatica
Parametri_morfologici_ suolo	25	Dati morfologici del suolo dei bacini delle piscine

Tabella 16 – Caratteristiche delle tabelle importate

Nome Query	Tabelle associate	Note
Coordinate	Info	Interrogazione sui dati partendo dalle coordinate geografiche
Data_auto	Meteo_auto	Interrogazione sui dati meteorologici partendo dalla data
Data_mec	Meteo_mec	Interrogazione sui dati meteorologici partendo dalla data
Località	Info	Interrogazione sui dati partendo dalla località
Par_for	Info	Interrogazione sui dati partendo dalla particella forestale

Tabella 17 – Caratteristiche delle Query

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura	Metodologia di misurazione
Identificativo del sito	ID_SITAC		numerico
Caratteristiche strutturali del bacino: forma	Forma	m	
Caratteristiche strutturali del bacino:asse maggiore	Asse max	m	
Caratteristiche strutturali del bacino:asse minore	Asse min	m	
Caratteristiche strutturali del bacino:profondità massima	Profondità max	m	
Caratteristiche strutturali del bacino: numero isolotti presenti nella piscina	N° isolotti		numerico
Apporto idrico del bacino: meteorico	Meteorico		
Apporto idrico del bacino: falda	Falda		
Apporto idrico del bacino: sorgente	Sorgente		
Apporto idrico del bacino: fosso	Fosso		
Interventi di gestione e manutenzione: si	Si		
Interventi di gestione e manutenzione: no	No		
Caratteristiche ambientali: Copertura forestale (prioezione delle chiome delle piscine adiacenti lo specchio d'acqua)	0-25	%	
Caratteristiche ambientali: Copertura forestale (prioezione delle chiome delle piscine adiacenti lo specchio d'acqua)	25-50	%	
Caratteristiche ambientali: Copertura forestale (prioezione delle chiome delle piscine adiacenti lo specchio d'acqua)	50-75	%	
Caratteristiche ambientali: Copertura forestale (prioezione delle chiome delle piscine adiacenti lo specchio d'acqua)	75-100	%	
Caratteristiche ambientali: Tipo piante alto fusto	Tipo piante alto fusto		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale bosco rado	Bosco rado		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale bosco denso	Bosco denso		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale macchia rada	Macchia rada		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale macchia densa	Macchia densa		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale radura	Radura		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale pseudo-steppa	Pseudo-steppa		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale prato pascolo	Prato-pascolo		
Caratteristiche ambientali: situazione ambientale coltivo	Coltivo		
Caratteristiche ambientali: Specie veg. Acquatiche	Specie veg. Acquatiche		
Caratteristiche ambientali: Specie animali	Specie animali		
Caratteristiche ambientali: Problematiche Evolutive	Problematiche Evolutive		
Caratteristiche ambientali: Tipo piante alto fusto	Tipo piante alto fusto		

Tabella 18 – Caratteristiche delle maschere

Nome Report	Tabella	Note
Analisi_chimiche_H2O	analisi_chimiche_H2O	Report di visione dei dati
Chimica_suolo	chimica_suolo	Report di visione dei dati
Parametri_morfologici_suolo	parametri_morfologici_suolo	Report di visione dei dati

Tabella 19 – Caratteristiche dei report

2.4.4. GdL Vegetazione

In questo periodo sono state effettuate le correzioni dell'U.O. VEG01 su i dati di monitoraggio riguardanti i 204 rilievi fitosociologici della stessa U.O. Per ognuno di essi è stato effettuato il seguente lavoro:

- correzione puntuale e sistematica delle specie presenti (tabella rappresentativa dei rilievi fitosociologici es: AM per popolazione ad *Aphanes macrocarpae*)
- controllo dell'esatta corrispondenza fra il materiale cartaceo e i file in formato .xls;
- immissione della località di campionamento, di informazioni supplementari (note_specie, note_associazione) e delle coordinate geografiche dei siti di campionamento nella tabella FT (riassuntiva delle caratteristiche di ciascun rilievo);
- aggiunta delle specie mancanti nella tabella riassuntiva delle specie già presenti e la loro corrispondenza con il codice Pignatti (tabella FT);
- aggiornamento della tabella FT con aggiunta dei nuovi campi: note (FTNOT), copertura strato lianoso (FTCLI).

Tale lavoro i cui passi sono stati appena descritti ha comportato un notevole lavoro di revisione poichè tutte le informazioni immesse devono essere necessariamente uniformi in quanto anche una piccolissima incongruenza fra di esse (ad esempio un errore di battitura) può comportare la mancata estrazione delle informazioni stesse da parte dell'interrogatore del database.

Per quanto riguarda i dati forestali dell'U.O. VEG03 sono stati in parte standardizzati. Di seguito riportiamo l'elenco dei dati inviati per le due zone a querceto campionate (Campo di Rota e Figurone) senza le tabelle riassuntive dei parametri monitorati in quanto attendiamo alcune delucidazioni a riguardo.

- dati di Indice di Area Fogliare;
- radiazioni fotosinteticamente attive (PAR) registrate nelle 14 aree sperimentali;
- prove di germinazione, in ambiente controllato, con ghiande raccolte nelle 2 località di produzione media annua di ghiande nei due popolamenti di querce caducifoglie nelle località di Figurone e Campo di Rota;
- studio dello sviluppo dei semenzali di querce di età diversa (campioni di 1 e di oltre 5 anni) cresciuti in due popolamenti differenti per densità del piano dominato;
- misure di potenziali idrici di base e minimo in campo su semenzali di querce in tre popolamenti della Tenuta (Piscina Chiara, Farnete e Campo di Rota);
- misure di potenziale idrico di base su semenzali di querce di due età (1 e oltre 5 anni) in due popolamenti (Campo di Rota e Figurone);
- misure di potenziale idrico di base (bar) e di conduttanza stomatica (cm s-1) in ambiente controllato, su semenzali di *Quercus cerris* L. ottenuti con ghiande della Tenuta;
- umidità % del terreno registrata, per un periodo di due anni, lungo un profilo di 1 m di profondità, in 4 aree sperimentali di due località del querceto caducifoglio;
- misure di area d'insidenza delle chiome e di densità di rinnovazione rilevate in quattro popolamenti a querce caducifoglie della Tenuta;
- quadro riassuntivo della composizione specifica, numero di piante e area basimetrica, in aree di saggio;
- schede di rilievo nelle aree sperimentali, suddivisione semenzali in classi di età: A (89), B (90-91), C (92), D (93-94), E (95), F (96), G (97). Espresse in numero di semenzali per ettaro dai dati tratti su transect di rilievo;
- consistenza della rinnovazione naturale di querce caducifoglie protetta o meno da recinzione;
- dati riguardanti 3 particelle forestali: 41 (Località Cerasolo), 44 (Località Pizzuto) e 55 (Località Dogana).

Database Vegetazione

La banca dati vegetazione è stata realizzata secondo le specifiche già descritte per il database tematico riguardante il GdL Atmosfera. Di seguito, in modo schematico si descrivono le caratteristiche delle Tabelle, Query d'interrogazione e maschere del DBMS Vegetazione.

Nome	n. campi	Note
Elenco_specie	3	Elenco delle specie vegetali presenti nella tenuta
FT	29	Caratteristiche dei rilievi fitosociologici
FTFRQ	45	Specie in relazione alla loro frequenza massima nelle differenti associazioni vegetali
SP_RIL	207	Composizione dei rilievi fitosociologici

Caratteristiche delle tabelle principali del database vegetazione

Nome	Tabelle associate	Note
Frequenza	Elenco_specie; FTFRQ	Specie in relazione alla loro frequenza massima nelle differenti associazioni vegetali
FTRIL (coord)	FT	Interrogazione sui rilievi partendo dalle coordinate geografiche
FTRIL (data)	FT	Interrogazione sui rilievi partendo dalla data di campionamento

Caratteristiche delle Query

Nome	Tabella/Query d'origine	Note
INIZIO	/	Introduzione al Database
Frequenza	Frequenza	Maschera che mostra il risultato della query "Frequenza"
FT	FT	Maschera della tabella FT
Interrogazione	/	Maschera di interrogazione

Caratteristiche delle maschere principali create per l'interrogazione del database

Il DBMS Vegetazione è in via di completamento, mancano tuttavia le informazioni riguardo alcuni rilievi dei quali si conoscono comunque le coordinate geografiche. Tali rilievi sono: 35-45-68-82-84-118-124-135-192-204. Quando ci perverranno i dati mancanti verranno immessi in maniera automatica all'interno della banca dati grazie alla versatilità del database stesso.

Inoltre i siti di campionamento che corrispondono alle piscine sono assolutamente incongruenti con quelli del database Piscine; vale a dire i nomi usati dagli esperti vegetazionisti per identificare un sito in corrispondenza di una piscina non coincide con il toponimo usato dagli esperti di idrogeologia per identificare quella stessa piscina.

Tale incongruenza dovrebbe essere corretta al più presto per poter far dialogare in maniera più immediata database differenti. Allo stato attuale delle cose il GdL SITAC non può intervenire in tale problematica in quanto dovrebbero essere gli esperti nelle varie discipline ad uniformarsi al toponimo univoco delle Piscine.

2.4.5. GdL Fauna

Dato che la gran parte dei ricercatori ha utilizzato la scheda di immissione dati predisposta dal SITAC in formato Access, i dati ricevuti sono stati inseriti automaticamente nel DBMS. Grazie alla creazione della Carta delle Zone Umide (par. 3.1.1) è stato possibile agganciare i dati delle linee di ricerca "Crostacei Anostraci" e "Entomofauna acquatica" allo strato informativo delle piscine. Di seguito vengono elencati i dati di monitoraggio giunti al SITAC:

- per la linea di ricerca sugli Ungulati (FAU02), sono stati forniti i seguenti dati:

DATI	NOTE
fix .mbd	fix sul cinghiale nei due anni di studio
Grazing .mbd	analisi della vegetazione
Abbattimenti .mdb	abbattimenti di cinghiali e daini
Dati-autunno . mbd	censimenti autunnali del daino

- per la linea di attività Avifauna acquatica (FAU03), i dati giunti devono ancora essere standardizzati, in quanto sono stati forniti in formato excel.
- dai collaboratori esterni:

per la linea di attività Monitoraggio degli Accipitriformi e Falconiformi, sono stati forniti i dati sulla scheda campionamento, scheda campione di popolazione, scheda specie, dati bibliografici.
Nel database *Animals* tutti i dati sono stati organizzati nel seguente modo:

Nome tabelle	n. campi	Note
Cmp_Anostr	19	Contenente i dati della scheda di campionamento
Pop_Anostr	8	Contenente i dati della scheda campione di popolazione
Sp_Anostr	11	Contenente i dati della scheda specie
Cmp_Acc	19	contenente i dati della scheda di campionamento
pop_Acc	8	contenente i dati della scheda campione di popolazione
Sp_Accr	11	contenente i dati della scheda specie
Bib_Acc	2	contenente i dati bibliografici
Cmp_Odo,	19	contenente i dati della scheda di campionamento
Pop_Odo	8	contenente i dati della scheda campione di popolazione
Cmp_Strig	19	contenente i dati della scheda di campionamento
Pop_Strig	8	contenente i dati della scheda campione di popolazione
Sp_Strig	11	contenente i dati della scheda specie
Cmp_alt; pop_alt	19; 8	Censimenti annuali da altana,
Cmp_est, pop_est	19; 8	Censimento estivo dei cinghiali,
Cmp_lin; pop_lin	19; 8	Line transect
Cmp_pri, pop_pri, Sp_pri Postaz_attive_primavera_pri;	19; 8; 11; 87	Censimento primaverile degli ungulati
Cmp_sab, in/out_sab, Sp_sab	19, 7; 11	Tracce su sabbia
Cmp_tra, pop_tra	19; 8	Censimenti annuali da transetto
Daini	10	Censimento dei daini

Nella componente SIT sono stati creati nuovi strati informativi. In particolare l'U.O. FAU01 ha fornito su supporto cartaceo la localizzazione di 23 siti di nidificazione degli Accipitriformi per la creazione dello strato informativo ACCI; questo è stato realizzato tramite la diretta digitalizzazione a video delle posizioni dei posatoi grazie all'ausilio delle coperture geografiche di base.
I ricercatori del gruppo dei Collaboratori Esterni, che si occupano della linea di ricerca "Il popolamento di Strigiformi", hanno fornito per 74 siti di monitoraggio la localizzazione geografica su supporto cartografico e per i restanti 43 un elenco contenente le coordinate geografiche, espresse nel sistema di proiezione Gauss-Boaga, la sigla del sito e la località di riferimento. Lo strato informativo STRIGI è stato realizzato in ambiente ARC/INFO partendo da un file in formato .txt contenente le coordinate dei 43 siti, precedentemente trasformate in coordinate U.T.M. che è il sistema di proiezione adottato per la cartografia del SITAC; successivamente sono stati aggiunti i restanti 74 punti tramite digitalizzazione a video.
L'U.O. FAU02 ha inviato nuovi strati informativi su floppy disk in formato .E00 importabile in ARC/INFO come cover e che costituiscono nel loro insieme la carta di intensità del rooting dei cinghiali nella Tenuta.

Nelle tabelle che seguono si illustrano schematicamente le caratteristiche delle coverage create e tutti i dati di monitoraggio associati ad esse per ciascuna UU.OO.

U.O.: FAU01

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Dati associati
ACCI	ACCI.PAT	23 punti	siti di monitoraggio degli Accipitriformi	Database Animals

U.O.: FAU02

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Dati associati
FIX	FIX.PAT	2536 punti	punti di localizzazione dei cinghiali che permettono di calcolare l'area frequentata dai singoli individui	Fix.mdb
GOVERNE	GOVERNE.AAT	83 archi	governe della Tenuta	/
ALTANE	ALTANE.PAT	39 punti	Altane della Tenuta	/
CHIUSINI	CHIUSINI.PAT	73 punti	Chiusi della Tenuta	/
PORZIANO	PORZIANO.PAT	230 poligoni	rete stradale	/
	PORZIANO.AAT	813 archi	rete stradale	
PORZ-REG	PORZ-REG.AAT	47665 archi	perimetri degli ambienti della Tenuta	/
	PORZ-REG.PAT	18081 poligoni	layer intermedio serve come base topologica per il layer di regioni	/
	PORZ-REG.PATHABITAT	6 regioni di poligoni	aree degli ambienti della Tenuta	/
RECINTI	RECINTI.PAT	4 poligoni	zone recintate nella Tenuta	/
	RECINTI.ATT	50 archi	perimetro delle aree recintate	/
VEGET	VEGET.AAT	55595 archi	Carta della vegetazione	
	VEGET.PAT	21157 poligoni	"	/

Collaboratori Esterni:

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Dati associati
STRIGI	STRIGI.PAT	117 punti	siti di monitoraggio dei strigiformi	Database Animals

2.4.6. GdL Impatto Antropico

Il GdL Impatto Antropico si articola in 4 UU.OO., di cui l'ultima IMP04 denominata Unità Geopedologica, è da considerare U.O. trasversale al GdL Suolo in quanto conduce ricerche sugli effetti antropici mediante lo studio dei suoli. I nuovi dati di monitoraggio dell'U.O. IMP01, riguardanti gli incendi avvenuti in diverse località della Tenuta, sono stati standardizzati quindi associati agli strati informativi INCENDI, INC_AREE e TELECAMERE che si trovano nella componente SIT.

Per la stessa unità operativa si è proceduto alla trasformazione di alcune immagini, pervenute al SITAC in formato .LAN e in coordinate Gauss-Boaga, in immagini .IMG e coordinate espresse in U.T.M.. Il materiale in questione riguarda lo studio della variazione della linea di costa e del sistema dunale a causa

dell'impatto antropico, e lo studio sulla vegetazione delle dune svolto nei periodi 1959, 1985, 1994. Successivamente le immagini .IMG ottenute sono state trasformate in GRID di ARC/INFO e poi vettorializzate.
L'U.O. IMP03 ha consegnato la Carta delle Pendenze, la Carta dell'Erosione idrica e la Carta del Reticolo Idrografico, tutte in scala 1:10.000. Queste nuove informazioni geografiche sono state inserite nella componente SIT tramite digitalizzazione in ambiente software ARC/INFO, con la realizzazione di nuovi strati informativi: PEND, EROSI, CROLLI, BACINO, BACINO2, RETI, SPARTI.
Nelle tabelle che seguono si illustrano schematicamente le caratteristiche delle coverage create e tutti i dati di monitoraggio associati ad esse per ciascuna UU.OO.:

U.O.: IMP01

Coverage	Layer	n. elementi	Descrizione	Dati associati
DUNE59	DUNE59.PAT	58 poligoni	siti di campionamento di U.O. IMP01; studio della variazione della linea di costa e del sistema dunale a causa dell'impatto antropico.	/
DUNA85	DUNA85.PAT	39 poligoni	siti di campionamento di U.O. IMP01; studio della variazione della linea di costa e del sistema dunale a causa dell'impatto antropico.	/
DUNE94	DUNE94.PAT	18 poligoni	siti di campionamento di U.O. IMP01; studio della variazione della linea di costa e del sistema dunale a causa dell'impatto antropico.	/
VEG59	VEG59.PAT		siti di campionamento di U.O. IMP01; studio sulla vegetazione delle dune	/
VEG85	VEG85.PAT		siti di campionamento di U.O. IMP01; studio sulla vegetazione delle dune	/
VEG94	VEG94.PAT		siti di campionamento di U.O. IMP01; studio sulla vegetazione delle dune	/
INCENDI	INCENDI.PAT	46 punti	siti di campionamento di U.O. IMP01; localizzazione degli incendi	Vedi i 2 schemi seguenti

Tabella riassuntiva dei parametri presi in considerazione per gli incendi puntuali.

Descrizione Parametri	Nome Item	Unità di misura
Identificativo del sito	INC-ID	
Data in cui si è verificato l'incendio	INCDTA	aa
Numero di incendi	INCN	
Corrdinata geografica x	INCx	m
Corrdinata geografica y	INCy	m
Località	INCLOC	

Tabella riassuntiva dei parametri monitorati

Descrizione Parametri	Nome Item	Unità di misura
Data di campionamento	INCDTA	aa
Numero di incendi	INCN	
Valore % rispetto all'anno	INC%	

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Dati associati
INC_AREE	AREE_INC.PAT	5 poligoni	siti di campionamento di U.O. IMP01; aree di localizzazione degli incendi	Vedi schema seguente

Tabella riassuntiva dei parametri monitorati

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
identificativo del sito	ARID	
località dove si è verificato l'incendio	ARLOC	
data dell'incendio	ARDTA	aa
superficie dell'area soggetta a incendio	ARSUP	mq
perimetro dell'area soggetta a incendio	ARPER	m

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Dati associati
TELECAMERE	TELECAMERE.PAT	3 punti	siti di campionamento di U.O. IMP01; localizzazione delle telecamere nella Tenuta	Vedi schema seguente

Tabella riassuntiva dei parametri monitorati

Descrizione parametri	Nome Item	Unità di misura
identificativo del sito	TELEID	
data di installazione delle telecamere	TLDTA	gg/mm/aa
coordinata geografica x	TLx	m
coordinata geografica y	TLy	m
località	TLLOC	

U.O.: IMP03

Coverage	Layer	n° elementi	Descrizione	Dati associati
PEND	PEND.PAT	99 poligoni	Aree indicanti diverse classi di pendenza	/
EROSI	EROSI.PAT	39 poligoni	Aree indicanti diverse classi di erosione	/
CROLLI	CROLLI.AAT	66 archi	Lineamenti morfologici dovuti a fenomeni di crollo	/
BACINO	BACINO.PAT	39 poligoni	Bacini idrografici principali	/
BACINO2	BACINO2.AAT	66 archi	Bacini idrografici secondari	/
RETI	RETI.AAT	66 archi	Reticolo idrografico	/
SPARTI	SPARTI.AAT	1 arco	Linea spartiacque	/

Database Impatto Antropico

Tutti i dati finora inviati dal GdL Impatto Antropico sono stati standardizzati, quindi si è proceduto alla realizzazione del DBMS di tale Gruppo di Lavoro. Nella tabella n.20 si illustrano le caratteristiche delle tabelle importate. Anche in questo caso si costruiranno delle semplici query e maschere di consultazione per guidare l'utente nella ricerca dei dati di suo interesse.

Nome tabelle	n. campi	Note
Disc	22	Dati riguardanti le discariche lungo i corsi d'acqua nei territori limitrofi alla Tenuta
Incendi	7	Localizzazione degli incendi, la tabella è ancora da completare
inc_percent	3	valore in %di incendi rispetto all'anno
Suol	21	Dati chimico-fisici su i suoli della Tenuta
Inc_aree	5	dati riguardanti le aree all'interno della Tenuta interessate da incendi
Tele	5	dati riguardanti le telecamere installate all'interno della Tenuta

Tabella 20 – Caratteristiche delle tabelle importate

3. LINEA DI ATTIVITA': "SVILUPPO FUNZIONI"

Nel corso delle attività di quest'anno molto tempo è stato dedicato all'elaborazione di procedure per la creazione di output cartografici mediante l'utilizzo degli strumenti software a disposizione. Inoltre particolare attenzione è stata prestata nella produzione di elaborazioni multidisciplianari, frutto della collaborazione tra il GdL SITAC e gli altri gruppi di lavoro.

3.1 Elaborazione carte tematiche

Nuove carte tematiche sono state realizzate sia utilizzando i dati territoriali presenti nella componente SIT del sistema sia tramite l'utilizzo di procedure di interpolazione di dati di monitoraggio.

3.1.1 Carta delle Zone umide

Le attività di studio e ricerca condotte dai diversi GdL sulle piscine, hanno evidenziato la loro importanza come biotopi che caratterizzano uno degli ecosistemi compositi ben conservati di ambiente costiero quale è appunto Castelporziano. Come già accennato precedentemente si è reso necessario conoscere l'esatta localizzazione geografica delle piscine, identificarle in maniera univoca e realizzare una nuova carta rappresentativa della loro distribuzione geografica all'interno della Tenuta; inoltre la Segreteria della Tenuta ha ritenuto utile riportare in questa stessa carta la posizione dei fontanili e delle sorgenti, che insieme alle piscine costituiscono le "zone umide" della Tenuta.
La Carta delle Zone umide (vedi Fig.2) è stata elaborata e realizzata in ambiente software ArcPlot creando la map composition PISA0.map, che contiene tutti gli elementi grafici che costituiscono la mappa. Per creare in maniera semiautomatica questo layout di stampa sono state compilate delle apposite procedure A.M.L. (ARC/INFO Macro Language), che contengono i comandi necessari per rappresentare graficamente ciascuno strato informativo, i testi, la legenda e ogni elemento grafico da riportare nella mappa.
Sebbene le piscine siano degli invasi, naturali o artificiali, che presentano una geometria propria e che in una visione bidimensionale della realtà possono essere rappresentate dalla superficie dello specchio d'acqua e dalla lunghezza del perimetro che lo delimita, si deve considerare la difficoltà oggettiva di conoscere la loro reale estensione dato che subiscono delle notevoli variazioni di dimensione, anche in tempi brevi, a causa della loro natura molto instabile. Sulla base di tali considerazioni si è scelto di restituire informazioni esclusivamente di carattere puntuale; pertanto nella mappa sono rappresentate esclusivamente le posizioni geogafiche delle piscine, dei fontanili e delle sorgenti.
Nella realizzazione della carta sono stati seguiti i seguenti criteri:

- gli invasi sono stati distinti in 'piscine' e 'piscinali' e quindi rappresentati con due diverse simbologie;
- per ogni piscina, piscinale, fontanile e sorgente è stato riportato accanto al simbolo rappresentativo il codice identificativo univoco (es.: I2 (piscina), F2 (fontanile), S3 (sorgente);
- sono stati rappresentati gli elementi geografici di base come i confini della Tenuta, il reticolo idrografico, la linea di costa, la rete viaria e il reticolato geografico;
- la scelta dei simboli rappresentativi delle piscine, piscinali, fontanili e sorgenti è stata validata dalla Segreteria della Tenuta;
- è stato seguito lo standard cartografico definito dal SITAC per la realizzazione della Carta della Vegetazione, con scelta della scala di rappresentazione 1:10.000.

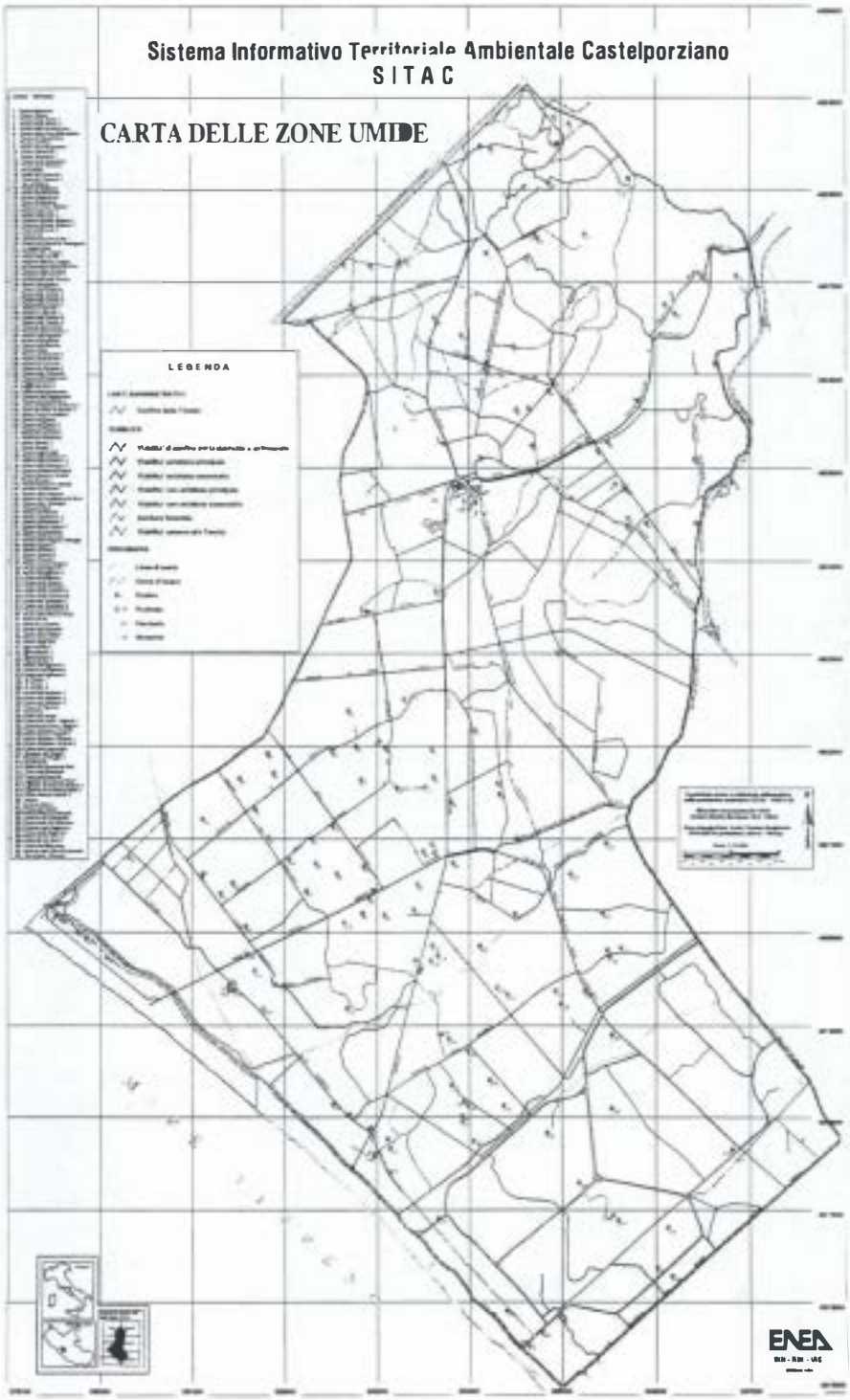


Figura 2 – Carta delle Zone Umide

3.1.2 Carta tematica delle aree di isoconcentrazione del Benzene

Dall'interazione tra il GdL SITAC e l'U.O. ATM04, è stata realizzata una mappa tematica riguardante la concentrazione del benzene in atmosfera che incide sulle diverse zone della Tenuta. Tale carta è stata costruita con un processo di interpolazione non lineare dei dati presenti nel database numerico del SITAC. I dati utilizzati sono stati quelli della campagna di rilevamento effettuata nel periodo 14-20/07/1998 (III campagna). Sono state utilizzate le medie settimanali di ogni punto.

Per l'interpolazione è stato utilizzato il software ERDAS/IMAGINE che crea un vero e proprio DEM (Digital Elevation Model) in cui il valore della coordinata Z, nel nostro caso diventa il valore della concentrazione del benzene in $\mu g/m^3$. Il modulo utilizzato è INTERPRETER con il percorso Topographic analysis/surface. A questo punto c'è la possibilità di importare automaticamente le coordinate di una copertura ARC/INFO da usare come X e Y. La copertura utilizzata è stata BENZ, scegliendo fra i 62 punti che la costituiscono, solo i 30 punti relativi alla III campagna di rilevamento. Le dimensioni della cella di interpolazione sono state fissate, dopo varie prove, in 20 x 20.

Il file che si ottiene è un file raster che dopo vettorializzazione è stato trasformato in una coverage ARC/INFO. La copertura ottenuta, validata dagli esperti, è stata inserita all'interno del SITAC ed ha le caratteristiche illustrate nella seguente tabella:

Coverage	Layer	Tipologia	Descrizione	Note
C_BENZ	C_BENZ.PAT	Poligoni	Aree di rilevamento del benzene ottenute dai siti di rilevamento nel periodo 14-20/07/1998 (III campagna)	Interpolazione dei dati forniti dall'U.O. ATM04

3.1.3 Carte tematiche degli indici di vegetazione

Con un processo di elaborazione di immagini DAEDALUS da aereo sono state realizzata le carte tematiche degli indici di vegetazione di supporto per la nuova Carta della Vegetazione.

Le coperture ARC/INFO ottenute sono state inserite all'interno del SITAC ed hanno le caratteristiche specificate nelle tabelle seguenti:

Coverage	Layer	N. elementi	Descrizione	Dati associati
NDVI	NDVI.PAT	1001 poligoni	Aree a differente quantità di biomassa vegetale	/
GREENESS	GREENESS.PAT	934 poligoni	Aree a diversa concentrazione di vegetazione verde	/
WETNESS	WETNESS.PAT	1001 poligoni	Aree a diverso tasso di umidità del suolo e della vegetazione	/

3.1.4 Carte tematiche riguardanti ricerche sul suolo

Con il gruppo Suolo il lavoro svolto è stato quello di realizzare delle interpolazioni con i dati derivati dalle campagne di rilevamento effettuate nei giorni 12 aprile 1994, 15 aprile 1995 e 7 novembre 1995 per la realizzazione di Carte tematiche che descrivono la situazione del pH e la concentrazione del piombo a 20 cm nel suolo della Tenuta.

Per tali interpolazioni sono stati presi i valori medi giornalieri di 13 punti di campionamento per il pH e 22 punti per il piombo. Il procedimento d'interpolazione è stato effettuato in ambiente ERDAS/IMAGINE e ricalca in tutto e per tutto quello seguito per la realizzazione della Carta del Benzene. Anche in questo caso i file raster ottenuti sono stati vettorializzati ed immessi nel SITAC precisando però che questi devono ancora essere validati dagli esperti del GdL Suolo.

3.1.5 Carta della Soggiacenza

Anche con il gruppo Idrogeologia è stato effettuato un ottimo lavoro soprattutto dal punto di vista delle prospettive di sviluppo del SITAC. Particolarmente intensa è stata la collaborazione tra il GdL SITAC e l'U.O. IDR01, nell'ambito della linea di ricerca 'Studi idrogeologici e Monitoraggio della falda nella Tenuta', per la produzione di elaborati cartografici sia con metodi tradizionali che con procedure di interpolazione.

La mappa tematica della soggiacenza (vedi Fig.3), che rappresenta la profondità della falda rispetto al piano campagna, è stata realizzata mediante un'interpolazione non lineare dei dati presenti nel database

numerico del SITAC. Sono stati utilizzati i valori medi annui della soggiacenza rilevati nei pozzi della rete di monitoraggio nel periodo 1995-1998; questi dati sono stati associati come attributi alla copertura PIEZ_MED. L'interpolazione è stata eseguita con il software ERDAS/IMAGINE che crea un DEM (Digital Elevation Model) in cui come valore della coordinata Z è stato considerato il livello di soggiacenza calcolato in metri. Il modulo utilizzato è stato INTERPRETER con il percorso Topographic Analysis/Surface. Una volta importate automaticamente le coordinate della copertura PIEZ_MED da usare come X e Y, sono state definite, dopo vari tentativi, le dimensioni della cella di interpolazione in 20x20. Il file raster (.img) restituito dal processo d'interpolazione è stato convertito in file Grid in ambiente ARC/INFO, che a sua volta, tramite la funzione di vettorializzazione GRIDPOLY è stato trasformato in coverage poligonale. Questa cover è stata sottoposta ad una laboriosa operazione di editing, necessaria per eliminare una fitta rete di piccoli poligoni generati dalla vettorializzazione; infatti i 564 poligoni della copertura originaria sono stati ridotti a 50 nella definitiva, descritta nella seguente tabella:

Coverage	**Layer**	**N° elementi**	**Descrizione**
SOGGIACENZA1	SOGGIACENZA1.AAT	212 archi	Linee ad uguale soggiacenza
SOGGIACENZA1	SOGGIACENZA1.PAT	50 poligoni	Aree a diversa soggiacenza

Nome Item	**Descrizione parametri**	**Formato**				**Esempio**
		Larg	Output	Tipo	n.dec	
AREA		4	12	F	3	134390.797
PERIMETRO		4	12	F	3	4559.403
SOGGIACENZA1 #		4	5	B	-	7
SOGGIACENZA1-ID	Identificativo del poligono	4	5	B	-	43
GRID-CODE		4	8	B	-	10
SOG-CODE		3	3	I	-	10
SOG-RANGE		6	6	C	-	9-10

Sono stati stabiliti degli intervalli di soggiacenza (SOG-RANGE) per rendere più agevole la classificazione della mappa e la visualizzazione, ad ogni range corrisponde un codice numerico che varia da 1 a 15 (SOG-CODE) che definisce le classi di soggiacenza:

SOG-CODE	SOG-RANGE (m)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	10-15
12	15-20
13	20-30
14	30-40
15	40-50

Questa carta è di semplice lettura anche per i meno esperti in materia e può essere di ausilio anche a ricercatori di altri GdL. Dalla sua interpretazione si possono facilmente individuare le zone dove la falda acquifera è superficiale o dove è profonda, e quindi trarre considerazioni interessanti al fine della valutazione ambientale di un'area.

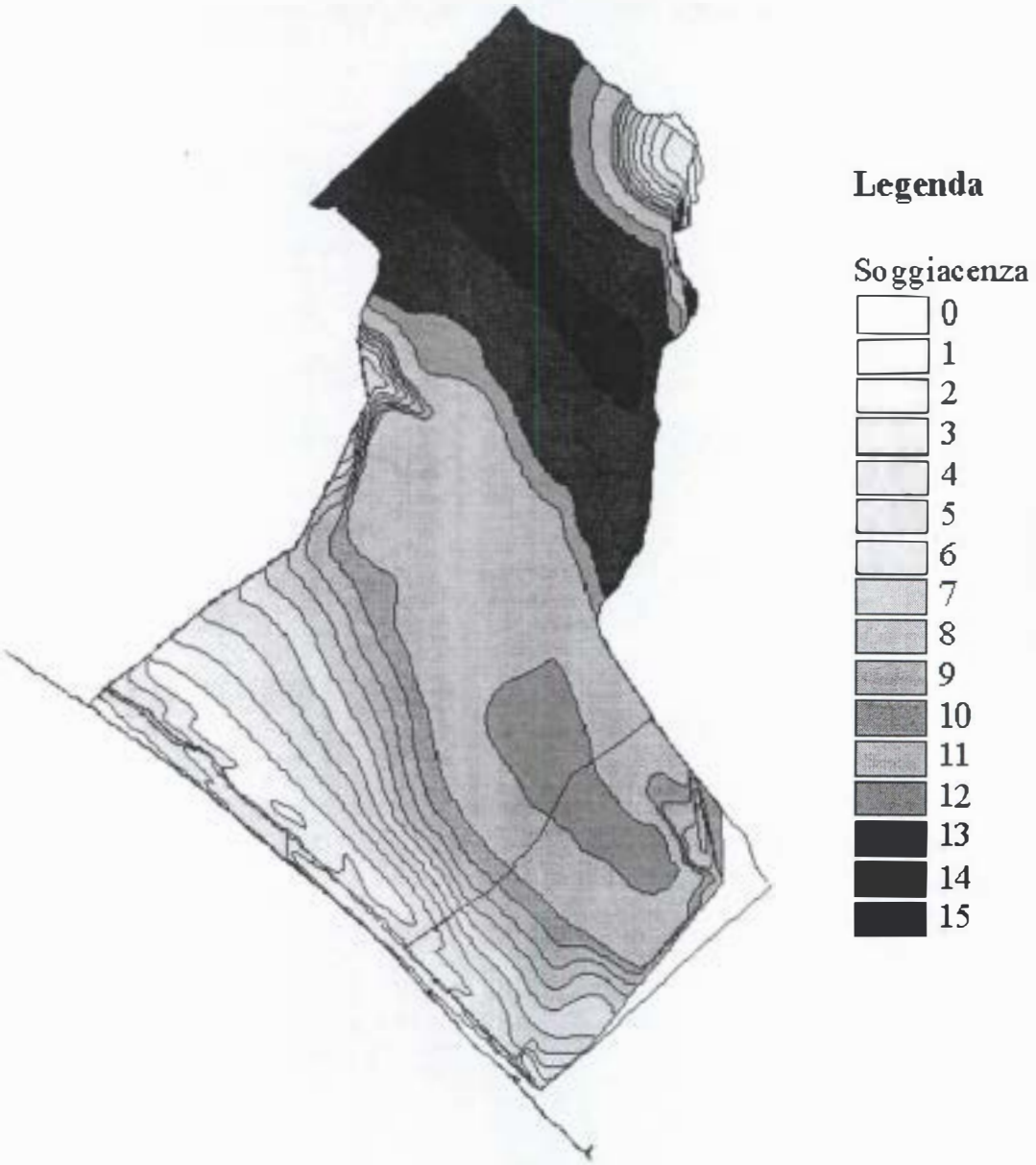


Figura 3 - Carta della Soggiacenza

3.1.6 Simulazione avanzamento del cuneo salino

Sulla base della Carta della Soggiacenza, che rappresenta i valori di soggiacenza rilevati tra il '95 e il '98, è stato simulato l'avanzamento, verso l'interno della Tenuta, che l'interfaccia acqua dolce/acqua salata subirebbe in seguito ad un abbassamento della falda acquifera nel tempo di 5 e 10 m.

3.1.7 Carta dell'Erosione idrica

In collaborazione con l'U.O. IMP03 è stata elaborata la Carta dell'Erosione idrica in formato vettoriale, tramite digitalizzazione del prodotto cartaceo realizzato dai ricercatori dell'unità operativa. Nella mappa sono rappresentate le aree della Tenuta soggette a diversi gradi di erosione idrica corrispondenti alle seguenti classi di erosione:

Classi di erosione idrica	Perdita di terra (mm/anno)
1	< 0.5
2	0.5 – 1
3	1 – 2
4	2 – 4
5	> 4

3.2 Elaborazioni multidisciplinari

Con lo scopo di evidenziare le potenzialità del SITAC e il carattere multidisciplinare delle attività di ricerca, studio e monitoraggio condotte sulla Tenuta di Castelporziano, il GdL Sitac ha richiesto ai diversi GdL di stabilire quali interrelazioni si potessero creare tra le tematiche fino ad ora trattate. In collaborazione con i GdL Atmosfera, Idrogeologia e Impatto Antropico e Vegetazione sono state realizzate, seguendo un processo di analisi spaziale in ambiente software ARC/INFO, le seguenti elaborazioni multidisciplinari:

Elaborazioni multidisciplinari	GdL coinvolti
Carta della Vegetazione + Carta della Soggiacenza	Vegetazione, Idrogeologia
Carta della Vegetazione + Carta dell'Erosione idrica	Vegetazione, Impatto antropico
Carta della Vegetazione + Carta del Benzene	Vegetazione, Atmosfera
Carta dei Carichi critici	Vegetazione, Atmosfera

Per conseguire i risultati finali sono stati per prima cosa stabiliti i criteri e gli obiettivi dell'analisi, quindi sono stati preparati i dati sui quali sono state svolte le operazioni spaziali. La tabella che segue illustra in modo schematico i dati di partenza, le funzioni GIS utilizzate e i prodotti realizzati:

Funzione di overlay topolgico	Coperture da sovrapporre		Copertura risultante
INTERSECT	Carta della Vegetazione	Carta della Soggiacenza (0-3 m)	Carta dell'interazione tra vegetazione e soggiacenza nelle zone umide
IDENTITY	Carta della Vegetazione	Carta dell'Erosione idrica	Carta dell'interazione tra vegetazione e erosione
IDENTITY	Carta della Vegetazione	Carta del Benzene	Carta dell'interazione tra vegetazione e benzene

Il primo elaborato prodotto è stata la Carta dell'interazione tra vegetazione e soggiacenza per le aree con soggiacenza inferiore a 3 metri, con la finalità di individuare il tipo di vegetazione presente nelle zone in cui la falda acquifera è superficiale. Per prima cosa sono state selezionate le aree con soggiacenza minore di 3 metri dalla cover della soggiacenza, salvandole in una nuova copertura. A questo punto è stato realizzata la sovrapposizione topologica tra questa copertura e lo strato informativo della vegetazione. La funzione di overlay topologico utilizzata è l'intersezione che, date due coperture poligonali (di input e di intersezione), genera una nuova cover poligonale che mantiene solo quegli elementi che ricadono nelle

aree di sovrapposizione delle due coperture. La tabella degli attributi della copertura così ottenuta contiene tutti gli item delle due coperture perché è stata scelta l'opzione join.
La carta risultante evidenzia che nelle zone a soggiacenza minore di 3 metri cresce una vegetazione igrofila, come del resto ci si poteva aspettare. È opportuno sottolineare che lo scopo di queste elaborazioni multidisciplinari è sia di realizzare prodotti innovativi, sia di individuare possibili relazioni per esempio tra tipi di vegetazione e condizioni idrogeologiche, pedologiche ecc., che permettano di creare un modello da applicare in altre zone.

Coverage	Layer	N° elementi	Descrizione
VEG_UM	VEG_UM.PAT	281 poligoni	Carta dell'interazione tra vegetazione e soggiacenza nelle zone umide

Il secondo elaborato prodotto è la Carta dell'interazione tra vegetazione ed erosione che mette in relazione il grado di erosione idrica del suolo con le associazioni vegetali. L'operazione di overlay topologico utilizzata è l'IDENTITY che svolge un'intersezione tra due coperture assemblando tutti gli elementi che ricadono entro l'estensione geografica dell'identity cover.
In questa carta sono state individuate due aree ad erosione elevata:

- nella prima (settore nord orientale) l'erosione è imputabile a fattori morfologici, sono presenti piccole frane e la vegetazione si presenta frammentata;
- nella seconda (settore centro-orientale) l'erosione deriva da attività antropiche ed è presente vegetazione culturale.

Le zone ad erosione media sono per lo più caratterizzate da rimboschimenti.
Anche la Carta dell'interazione tra vegetazione e benzene è stata prodotta utilizzando la funzione IDENTITY. La copertura risultante è C_VEG-BENZ, di seguito descritta:

Coverage	Layer	N° elementi	Descrizione
C_VEG-BENZ	C_VEG-BENZ.PAT	1868 poligoni	Carta dell'interazione tra vegetazione e benzene.

Il campo VG-BZ_CLS descrive le classi della nuova copertura, che derivano dal prodotto tra le classi di vegetazione e quelle del benzene. Questa mappa rappresenta l'incidenza che la concentrazione del benzene nell'aria ha sulle diverse associazioni vegetali presenti nella Tenuta.
L'ultima carta, frutto della collaborazione tra i ricercatori dei GdL Atmosfera e Vegetazione, individua sul territorio di Castelporziano delle aree, con caratteristiche vegetazionali diverse, più o meno vulnerabili al carico di acidità prodotto dall'atmosfera. Per produrre tale carta si è partiti da una mappa dei cariche critici della Tenuta, inviata dall'U.O.ATM07 in formato .BMP con relativa legenda; al fine di ottenere una copertura vettoriale sicuramente confrontabile con la carta della vegetazione e gli altri strati informativi già inseriti nel database SITAC, si è dovuto poi procedere ad una serie di trasformazioni:

1. conversione del file .BMP in file .TIF;
2. conversione del file .TIF in un formato .IMG georiferito;
3. definizione del set di proiezioni geografiche: U.T.M., Spheroid International 1909, Datum European 1950, Zona UTM 33;
4. conversione dell'immagine ottenuta in GRID di ARC/INFO;
5. vettorializzazione del GRID.

Si è ottenuta in questo modo una cover dalla quale è stata prodotta la carta CARICHI_C per fusione dei poligoni con lo stesso valore nel campo CARICHI ed in seguito alla classificazione dei poligoni in base alla tipologia di vegetazione. Nelle tabelle seguenti sono schematicamente illustrate le caratteristiche della copertura:

Coverage	Layer	Tipologia	Descrizione	Note
CARICHI_C	CARICHI_C.PAT	poligoni	carichi critici di acidità sul territorio	Elaborazioni con editing dietro suggerimento dei ricercatori

Nome Item	Descrizione parametri	Formato				Esempio
		Larg.	Output	Tipo	n.dec.	
AREA		4	12	F	3	212683.313
PERIMETRO		4	12	F	3	5066.799
CARICHI_C #		4	5	B	-	2
CARICHI_C-ID	Identificativo del poligono	4	5	B	-	224
CARICHI		4	12	F	3	3
CAR-CLS		40	40	C	-	4 (praterie)

Tutte le elaborazioni multidisciplinari sono state validate dagli esperti, ad eccezione della carta dell'interazione tra vegetazione e benzene per la quale il GdL Sitac ha contattato il GdL Atmosfera per interpretare insieme i risultati ottenuti.

4. LINEA DI ATTIVITA': "ACCESSIBILITÀ E CATALOGO"

L'avvicinarsi alla conclusione del programma di monitoraggio ambientale della Tenuta di Castelporziano (aprile 2000) ha reso ormai necessaria l'attivazione della quinta linea di attività (vedi figura n.1) che nella sua fase iniziale di ricerca era stata già affrontata a partire dal marzo 1998 ma che solo negli ultimi mesi è stata sostanzialmente organizzata nella sua struttura fondamentale. La catalogazione delle informazioni riguardanti tutti i dati inseriti, è stata ideata ed impostata allo scopo di permettere alla Direzione della Tenuta, ai ricercatori coinvolti nel progetto e a qualsiasi utente che sarà autorizzato a farlo, di conoscere in futuro il bagaglio di informazioni memorizzato nel SITAC, attraverso una facile e rapida consultazione.

4.1 Implementazione dei metadati: definizione degli attributi

Per poter rendere accessibile la consistente mole di dati contenuti nel database SITAC si è proceduto innanzitutto alla definizione dei metadati. Per metadati s'intende un complesso di informazioni e notizie in grado di descrivere una risorsa, rappresentata nel nostro caso dai reali dati di monitoraggio, gli strati informativi, e le immagini in possesso del SITAC. Per organizzare le funzioni di ricerca si è pensato di strutturare i metadati secondo lo standard europeo TC287 relativo ai metadati di informazioni a connotazione geografica, il quale considera le risorse da descrivere come un insieme di collezioni di dati tematici, ognuna delle quali contiene uno o più elementi. Lo standard TC287, in uso anche presso il Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali, prevede per i metadati una gerarchia di attributi descrittivi organizzati in alcune sezioni che forniscono informazioni relative a:

- identificazione della collezione
- descrizione dei dati
- riferimenti amministrativi di accesso
- disponibilità dei dati
- stato di aggiornamento dei dati
- struttura interna dei dati
- caratteristiche geometriche
- parametri di qualità
- riferimenti bibliografici
- informazione sugli elementi che costituiscono il dato

Alcuni degli attributi sono obbligatori, altri opzionali. Per arrivare alla strutturazione della scheda dei metadati SITAC (Tabella n.21) è stato necessario un lungo e attento lavoro preliminare, per prendere visione della mole di dati inseriti nel database fino a quel momento, per studiarne la struttura interna, la tipologia, le caratteristiche spaziali e temporali, per poter poi definire gli attributi più adatti a descrivere al meglio le collezioni di dati. Per le nostre esigenze si è pensato pertanto di fare alcune semplificazioni alla struttura dello standard TC287 e di aggiungere dei nuovi campi in grado di illustrare in modo più preciso le nostre specifiche informazioni.

Rif		Ob	Valori ammessi	Note esplicative
1.	**Identificazione**			
1.1	Denominazione della base dati	O		Nome della collezione contenente i dati o del
1.2	Tipo della base dati	O	Originaria/ elaborata	Si considera il contenuto della collezione. **Originaria**: prodotta in modo originale dal SITAC oppure acquisita da Enti esterni e non assoggettata ad elaborazioni; **elabotata**: acquisita da Enti esterni e assoggettata ad elaborazioni. In nota specidicare l'elaborazione
1.3	Normativa di riferimento	O		Specifica se noto in riferimento a quale normativa e/o nell'ambito di quale attività la collezione è stata acquisita o generata
2.	**Descrizione**			
2.1	Descrizione sintetica	O		Descrizione che individui unicamente il contenuto della collezione
2.2	Ambito/Comparto	O	Fisico-risorse/ Politico-usi	Ambito territoriale al quale i dati della collezione si riferiscono Si tratta di un campo aggiuntivo che suddivide la bancadati in tre comparti logico/sistematici: fisico/risorse, politico/usi, generale
2.3	Tematismo	O		Specifica a quale linea di ricerca è riconducibile la collezione
2.4	Copertura temporale			Periodo di riferimento temporale dei dati contenuti nella collezione
2.5	Copertura geografica			Specifica quale porzione del territorio ricoprono i dati contenuti nella collezione o nel singolo item
3.	**Riferimenti amministrativi**			
3.1	Fornitore	O		Qualora si tratti di collezione acquisita da un soggetto esterno specifica i dati anagrafici del soggetto , se si tratta di una produzione interna specifica il servizio che l'ha prodotta
3.2	Responsabile	O		
4.	**Disponibilità**			
4.1	Vincoli all'accesso	O		Specifica, se sono noti, vincoli normativi o di altro genere che limitano la consultazione della collezione
4.2	Vincoli all'uso	O		Specifica, se sono noti, vincoli normativi o di altro genere relativi al rilascio del dato verso l'esterno
5.	**Status**			
5.1	Data di creazione	O		Data di disponibilità della collezione
5.2	Modalità di acquisizione dati	O		Attività tramite la quale sono stati acquisiti i dati nella forma attuale. Es. Rasterizzazione, censimento, altro
5.3	Data ultima modifica	OA		Anno dell' ultima modifica effettuata sulla collezione
5.4	Frequenza di aggiornamento	OA		Specifica se la frequenza di aggiornamento dei dati è regolare o avviene solo in determinate circostanze ed in tal caso specifica quali

Segue

Rif		Ob	Valori ammessi	Note esplicative
6.	**Struttura dati**			
6.1	Tipologia dati	O		Dati alfanumerici, cartografia vettoriale, dati raster.
6.2	Topologia	OA		Individua la topologia della copertura vettoriale: puntuale, lineare, poligonale. Nel caso di coesistenza di più tipi di topologie vengono indicate tutte. Non esiste ancora uno standard europeo in materia
6.3	N° di elementi	OA		Nel caso di copertura vettoriale
6.4	Tavola degli attributi degli elementi	OA		PAT (Point Attribute Table), AAT (Arc Attribute Table), PAT (Polygon Attribute Table)
6.5	N° di layer	OA		Nel caso di dati raster
6.6	Risoluzione	OA		Nel caso di dati raster
6.7	Caratteristiche del dato	OA		Nel caso di dati raster
6.8	Occupazione di memoria (Kb)	O		Dimensione della collezione o del singolo item in Kilobytes
7.	**Copertura spaziale**			
7.1	Scala di riferimento	OA		Indica la scala di riferimento adottata
7.2	Sistema di coordinate	OA		Indica il sistema di riferimento adottato
7.3	Datum	OA		Indica il datum (informazione generalmente associata all'elevazione)
7.4	Ellissoide	OA		Indica l'ellissoide adottato
8.	**Qualità**			
8.1	Supporto d'origine	OA		Specifica il supporto da cui sono stati tratti i dati
8.2	Grado di validazione	OA	Validato/ in corso di validazione / non validato	Se si tratta di banche dati acquisite dall'esterno sarà l'Ente che ha rilasciato il dato ha fornire l'informazione. Qualora questo non avvenisse, si indica non determinato
9.	**Bibliografia**			
9.1	Eventuali riferimenti bibliografici	OA		Vengono indicati i riferimenti bibliografici, se applicabili
10.	**Entità ed attributi**	OA		Descrive la struttura dei dati (sequenza, tipo, valori ammessi). Generalmente rimanda ad altri documenti descrittivi
11	**Relazioni**	OA		Indica gli eventuali riferimenti della collezione ad altri dati ad essa collegati
12.	**Meta informazioni**	O		Contiene informazioni aggiuntive relative alla modalità di rappresentazione della collezione
	O = obbligatorio	**NA = non applicabile**		**OA = obbligatorio se applicabile**

Tabella 21 – Guida sintetica ai campi dei metadati descrittivi di una collezione

4.2 Strutturazione del database di metadati

Coerentemente alle nostre originarie intenzioni di rendere all'utente un prodotto di chiara e facile consultazione, la struttura del database di metadati doveva risultare, ovviamente, analoga a quella del database generale, vale a dire mantenere gli stessi livelli di organizzazione per fare in modo che ciascuna collezione di dati di monitoraggio e di dati riguardanti gli strati informativi, fosse immediatamente riconducibile alla sua descrizione e viceversa.
Il database dei Metadati è stato pertanto strutturato mediante una semplice catalogazione in directory, secondo uno schema generale che suddivide l'insieme dei dati di monitoraggio e gli strati informativi in una struttura gerarchica costituita da quattro livelli principali:

1. GRUPPI DI LAVORO
2. TIPOLOGIA DEL DATO
3. TEMATISMI
4. COLLEZIONI

Al vertice di questa struttura le informazioni sui dati sono raggruppate in base ai Gruppi di Lavoro (**GdL**) che hanno fornito al SITAC i risultati delle loro attività di monitoraggio, di studio o di ricerca. In linea di massima le attività di ciascun GdL, ad eccezione del GdL SITAC che si occupa del settore dedicato al sistema informativo territoriale, riguardano uno dei comparti ambientali così definiti: ATMOSFERA, FAUNA, IMPATTO ANTROPICO, IDROGEOLOGIA, SUOLO, VEGETAZIONE.
Il secondo livello distingue a questo punto i metadati secondo la tipologia del dato, ovvero separando i dati di monitoraggio, con la definizione di dati alfanumerici, dagli strati informativi distinti a loro volta in cartografia vettoriale e dati raster.
Col terzo livello gerarchico si arriva alla separazione dei metadati per tematismi vale a dire in base alle linee di ricerca intraprese e seguite da ciascun Gruppo di lavoro.
Infine si giunge alle collezioni che raggruppano dati che presentano insieme allo stesso elemento tematico anche la medesima denominazione.
Il database dei Metadati sarà sviluppato in ambiente Access, organizzato in una serie di schermate che guideranno l'utente verso la richiesta desiderata attraverso delle apposite query e tabelle.

5. Presentazione del Programma di Monitoraggio al Presidente della Repubblica Italiana.

Il 19 Marzo è stato presentato al Presidente della Repubblica Italiana, presso il Palazzo del Quirinale, il lavoro svolto in questi 4 anni del Programma di Monitoraggio Ambientale per la realizzazione del Sistema Informativo Territoriale Ambientale di Castelporziano (SITAC). A tale presentazione erano presenti il Ministro dell'Ambiente On. E. Ronchi, i membri della Commissione di consulenza Scientifica per l'applicazione del Piano decennale di gestione dei boschi e dei pascoli della Tenuta presidenziale, il gruppo SITAC, i rappresentanti di ogni GdL con alcuni ricercatori e i borsisti coinvolti nelle diverse ricerche. La presentazione, consistente in 54 diapositive (scelte tra le 90 realizzate) esplicative della grande parte del lavoro realizzato, è stata commentata dal Prof. Scarascia. Le diapositive sono state realizzate dal GdL SITAC con il software Microsoft Power Point, che dà l'opportunità di creare schermate di facile lettura ed estremamente utili per demo specifiche.
Il lavoro svolto ha comportato un grande impegno da parte del GdL SITAC che si è adoperato anche nell'organizzazione di riunioni specifiche con i responsabili dei vari GdL, nella preparazione di demo di prova, nell'allestimento della strumentazione all'interno del Palazzo del Quirinale, nonché nella preparazione della struttura di ogni diapositiva mediante software di grafica specifici.

6. Attività future per lo sviluppo del SITAC

I *dati di monitoraggio* e gli *strati informativi* finora inseriti nel SITAC costituiscono certamente un bagaglio di tutto rispetto che ha raggiunto un cospicuo valore sia dal punto di vista tecnico-scientifico, sia perché consente la lettura e l'utilizzazione incrociata di tutti i dati raccolti, aumentando il valore di ciascuno.
Le problematiche incontrate in questo periodo di attività riguardano soprattutto il reperimento di informazioni dai vari GdL e la validazione dei dati già inseriti nel SITAC, fase molto importante per proseguire con le altre linee di attività.
Sicuramente le riunioni generali in presenza del GdL SITAC facilitano l'acquisizione dei dati e lo scambio di informazioni per portare avanti la linea di attività "*Sviluppo funzioni*", ma queste non

vengono organizzate da tutti i GdL. Inoltre sono state incontrate notevoli difficoltà nell'individuare i tematismi che permettono di classificare i dati in linee di ricerca, in quanto non sono stati forniti dai GdL degli schemi razionali che facilitassero tale lavoro.
Per completare il SITAC si dovrà continuare ad organizzare il DBMS in ambiente Access rendendo relazionabili fra loro sia le tabelle che fanno parte di una singola banca dati tematica sia tabelle di diverse banche dati, inoltre bisogna organizzare il GIS connettendo il database numerico con gli strati informativi e le informazioni territoriali ad essi associate. Parallelamente proseguirà la linea di attività Accessibilità e Catalogo in ambiente Access.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] ARC/INFO Guides (1994) - ARC/INFO 7.0 - ESRI Inc.
[2] ArcView Guides (1995) - ArcView 2.0 - ESRI Inc.
[3] Brivio P.A., LECHI G.M. & Zilioli E. (1992) - "Il telerilevamento da aereo e da satellite", Carlo Delfino Editore.
[4] ERDAS Field Guide - Version 8.1 (1982 - 1994) - ERDAS Inc.
[5] Lillesand T.M. & Kiefer R.W. (1987) - "Remote sensing and image interpretation", John Wiley & Sons Inc.
[6] Microsoft ACCESS (1994) - Manuale dell'utente - Versione 2.0 - Microsoft Corporation.
[7] Star J., Estes J. (1990) in "Geographic Information System" Prentice-Hall, New Jersey, 1990.
[8] Rapporto Intermedio a cura di A. Folletto relativo all'incarico " Standardizzazione delle informazioni territoriali per il SITAC ", novembre 1999.
[9] Rapporto Finale a cura di S. Mugnoli relativo all'incarico "Sviluppo di metodi multidisciplinari nell'ambito del SITAC", novembre 1999
[10] Rapporto Intermedio a cura di P. Monteduro relativo all'incarico "Sistema Informativo Territoriale Ambientale di Castelporziano", luglio 1999.
[11] Rapporto Intermedio a cura di F. Chiocchini relativo all'incarico "Sistema Informativo Territoriale Ambientale di Castelporziano", luglio 1999.

PROGETTO DI MONITORAGGIO
AMBIENTALE DELLA TENUTA
PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

TENUTA DI CASTELPORZIANO
RAPPORTO 1999

GRUPPO DI LAVORO

ATMOSFERA

Responsabile: Prof. Luciano Morselli

UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI

CNR - Istituto Inquinamento Atmosferico - Montelibretti - Roma
I. Allegrini,, C. L. Ursini, A. Ianniello, R. Sparapani

Università di Roma "La Sapienza" - Dip. di Biologia Vegetale
F. Manes, M. A. Giannini, M. Giannini, V. Silli

CNR - I.I.A. - Roma
R. Salvatori, R. Casacchia

ENEA amb - C.R. Frascati - Roma
ENEA - C.R. S. Teresa - La Spezia
S. Merolli, S. Polenta, M. Zanardi, D Romano, S. Rea, S. Cannarsa, D. Bacciola, M Picci

Università degli Studi di Bologna - Ministero dell'Ambiente
ENEA amb-cat-fral - C.R. Bologna
L. Morselli, P. Olivieri, M. Cecchini, B Bruson

ISPESL - Roma
L. Lepore, I. Ventrone, G. Scalisi, F. Sallusti, P. Avino, R. Schirò, U. Poli, M. P. Bogliolo, C. Gariazzo, p. Agnello

ISNP - Roma
R. Francaviglia, R. Aromolo, L. Gataleta

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
UNITA' OPERATIVA	Università degli Studi di Bologna – Ministero dell'Ambiente – Roma

INTRODUZIONE

Il V anno di Ricerca del Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano ha comportato l'approfondimento degli aspetti di contaminazione censiti e studiati negli anni precedenti per una loro conferma o per una migliore definizione quantitativa dei parametri ricercati. Nello specifico

- conferma del modello di diffusione dei precursori e la successiva formazione dell'Ozono nell'atmosfera della Tenuta attraverso la determinazione degli stessi precursori (ossidi di azoto) a Castelporziano e in un altro sito rurale (Montelibretti) situato in una posizione diametralmente opposta rispetto alla città di Roma. Il confronto dei dati di concentrazione dei due siti con quelli di una stazione di Roma ha evidenziato come i processi ossidativi sono quantitativamente importanti anche in aree non adiacenti all'area metropolitana di Roma, quali appunto la Tenuta, a causa del trasporto dei precursori e dell'ozono stesso dalle aree antropizzate. I dati medi su base oraria, acquisiti da un mezzo mobile attraverso campagne di rilevamento, variano tra 58,6 $\mu g/m^3$ di marzo, 67,9 $\mu g/m^3$ a giugno, 76,6 $\mu g/m^3$ a luglio e 28,7 $\mu g/m^3$ a dicembre con un andamento temporale caratterizzato da una fase di crescita a partire dalle 9 del mattino, da un picco superiore ai 100 $\mu g/m^3$ nelle ore pomeridiane seguito da una rapida diminuzione sotto i 20 $\mu g/m^3$ nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino. Inoltre a Giugno e Luglio il superamento del livello di protezione per la vegetazione di 65 $\mu g/m^3$ per la media su media delle 24 ore (DM 16/5/1999) si verifica in non meno del 50% dei giorni di misura.
- Le campagne di monitoraggio degli inquinanti primari CO, idrocarburi non metanici, PM10 e IPA in località Spagnoletta hanno messo in evidenza una correlazione significativa tra le concentrazioni determinate e i flussi di traffico rilevati lungo le strade che costeggiano la Tenuta (Via Pontina e Via C. Colombo) che costituiscono la principale fonte. La dipendenza è resa più evidente in condizioni di vento favorevole proveniente dai quadranti est. In tutte e quattro le campagne effettuate le concentrazioni di inquinanti primari sono sistematicamente poco elevate e non differiscono da quelle registrate nelle campagne precedenti.
- Gli indici di vegetazione: stress idrico e biomassa fogliare fotosinteticamente attiva, elaborata da immagini Landsat hanno messo in evidenza la sensibilità delle tipologie vegetazionali presenti nella Tenuta nell'ordine Pineta > Bosco di Latifoglie a prevalenza querce >> Lecceta > macchia in relazione alla variabilità delle condizioni climatiche tipiche dell'ambiente mediterraneo. L'integrazione dei dati di campo con quelli satellitari ha consentito, poi, di interpretare meglio le risposte delle specie vegetazionali più diffuse attribuendo univocamente le riflettanze ottenute dal satellite alle diverse unità territoriali. Sono stati, inoltre, condotti studi di biomonitoraggio dell'ozono troposferico valutando il danno fogliare visibile, determinando l'attività perossidasica, la clorofilla a e l'attività fotosintetica di piante sensibili e resistenti esposte a tale inquinante con lo scopo di definirne livelli critici.
- Le campagne di monitoraggio dei metalli pesanti presenti nel particolato atmosferico hanno rilevato un calo di concentrazione nel '99 di Piombo, Rame, Cromo e Zinco rispetto all'anno precedente, probabilmente come risultato delle strategia di diminuzione delle emissioni e la tendenza dei massimi di concentrazione a spostarsi dal Sabato alla fine del "week end". Sono stati, inoltre, considerati due siti di campionamento, Tor Paterno e Castello, caratterizzati da una diversa collocazione geografica all'interno della tenuta. In località Tor Paterno la presenza di metalli pesanti è più elevata in tutti i casi, ad eccezione di Cd e Zn, evidenziando come direzione e velocità del vento selezionano le sorgenti di provenienza e condizionano le modalità di dispersione. La

concentrazione più elevata di Cd e Zn in località Castello può trarre origine da fenomeni di tipo locale, dovuti a particolari attività di conduzione della tenuta come quelle agroculturali, alla presenza di visitatori, a condizioni di traffico veicolare più intenso rispetto alla norma.

- Dal confronto dei dati triennali di deposizione secca dei metalli pesanti non è emerso un andamento crescente o decrescente dei flussi annuali con valori medi ($\mu g/m^2$) rispettivamente di 32271 (Zn), 12728 (Cr), 91108 (Ni), 8470 (Pb), 8104 (Cu) e 265 (Cd), per la stazione di Tor Paterno. I valori massimi sono stati riscontrati in febbraio-marzo 1998 per Pb e Zn, in novembre 1998 per Ni e Cr e in settembre 1999 per Cd e Cu. Anche nelle deposizioni secche il flusso di deposizione totale dello Zn e del Pb è lievemente superiore in località Castello, mentre Cr, Ni e Cu risultano superiori a Tor Paterno.

GRUPPO DI LAVORO	**ATMOSFERA**
TITOLO DELLA RICERCA	Analisi dell'Evoluzione degli Inquinanti sulla Tenuta Presidenziale di Castelporziano
RESPONSABILE	Dott. I. Allegrini
UNITA' OPERATIVA	Istituto sull'Inquinamento Atmosferico – CNR – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	I. Allegrini, C. Mazziotti Gomez de Teran

INTRODUZIONE

L'obiettivo dell'indagine svoltasi all'interno della Tenuta di Castelporziano é stato lo studio e il monitoraggio dell'ozono e degli altri ossidanti fotochimici prodotti a livello del suolo.
Tale studio è la prosecuzione dell'attività di monitoraggio svoltasi all'interno della Tenuta di Castelporziano effettuata nel corso del 1998, per cui sono state impiegate le medesime metodologie.
Inoltre, al fine di migliorare la conoscenza dei processi di trasporto degli inquinanti primari provenienti dalla città di Roma e che portano alla formazione di ozono, i dati raccolti sono stati confrontati con quelli di Roma e di un altro sito rurale (Montelibretti) che nelle ore diurne si trova spesso nella direzione della brezza.
Come é ben noto in letteratura (Seinfeld, 1998), la produzione fotochimica di tali inquinanti é il risultato di processi chimico-fisici che coinvolgono due classi di composti:

- composti organici volatili (COV) antropogenici e biogenici;
- ossidi di azoto.

Iniziatore della produzione fotochimica dell'ozono é la fotolisi del biossido di azoto con formazione di monossido di azoto e di un atomo di ossigeno $O(^3P)$ che reagisce con l'ossigeno molecolare per dare una molecola di ozono. L'ozono così formato a sua volta reagisce con il monossido di azoto per riformare ossigeno e biossido di azoto. Tale ciclo, denominato *ciclo fotostazionario dell'ozono*, raggiunge rapidamente l'equilibrio in assenza di COV. Viceversa, in presenza di COV l'equilibrio é spostato verso la formazione di ozono.
In Italia e nel resto dell'area mediterranea si osservano frequentemente intensi eventi di smog fotochimico perché le alte temperature favoriscono l'emissione di idrocarburi biogenici; inoltre, il permanere in atmosfera dei precursori dell'ozono é favorito dalle condizioni stagnanti di alta pressione spesso associate a temperature elevate.
Dati presenti in letteratura (Kelly, *et al.*, 1984) hanno mostrato che il fenomeno dell'inquinamento fotochimico non é un fenomeno *locale*, ma l'ozono e gli altri ossidanti fotochimici possono essere trasportati lontano dalle fonti di emissione. In particolare, concentrazioni elevate di ozono vengono spesso osservate nei siti rurali suburbani (Pryor, *et al.*, 1995; Silman *et al.*, 1993).
L'evoluzione spazio-temporale della concentrazione degli inquinanti in atmosfera è determinata dalla presenza simultanea di processi emissivi, di processi chimico-fisici di trasformazione e di processi di diffusione e di trasporto.
In particolare, dall'analisi dei dati raccolti durante il monitoraggio intensivo nei mesi in esame e dagli studi di campo effettuati in precedenza si evidenzia che, in condizioni sinottiche di alta pressione, il trasporto degli inquinanti sulla Tenuta di Castelporziano dalla limitrofa città di Roma é regolato nelle ore diurne dalla circolazione di brezza di mare; nelle ore notturne dalla circolazione di brezza di terra e dalla circolazione connessa all'isola di calore urbana.
Le *brezze* scaturiscono dal diverso comportamento termico delle terre e delle acque e dagli squilibri barici che ne derivano: pertanto, nelle ore diurne si osserva l'instaurarsi di un flusso d'aria dalla terra verso il mare a quote elevate e un flusso dal mare verso la terra a livello superficiale (Fig. 1). Inoltre, il calore che si sviluppa sui crinali dei monti retrostanti l'area metropolitana di Roma, induce, nelle ore pomeridiane, un effetto di sollevamento delle masse d'aria verso quote più elevate, ove possono ulteriormente reagire sotto l'azione della radiazione solare secondo le tipiche reazioni dello smog fotochimico, formando tra gli altri ozono, biossido di azoto, acido nitrico, perossiacetilnitrato (PAN) e nitrati in fase particellare.

La contemporanea presenza di una controbrezza presente negli strati superiori della troposfera provoca lo sprofondamento delle masse d'aria inquinate nell'ambiente marino e il trasporto di tali inquinanti sulla Tenuta di Castelporziano; tale trasporto é però mascherato dalla turbolenza delle ore pomeridiane.
Nelle ore notturne si osserva, invece, stabilità a bassa quota, per cui il rimescolamento delle masse d'aria è trascurabile e, pertanto, il trasporto di inquinanti avviene prevalentemente mediante la circolazione dell'isola di calore urbana.

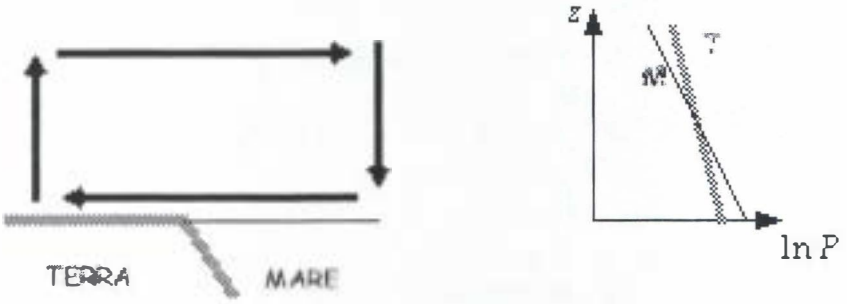


Figura 1 – Modello di circolazione di brezza di mare

L'*isola di calore urbana* si sviluppa nelle ore notturne per la presenza di un gradiente termico tra superfici urbane e il territorio circostante l'area urbana. Tale fenomeno origina una circolazione di masse d'aria responsabile del trasporto degli inquinanti dalle zone centrali alla periferia della città.
La presenza di tali fenomeni di trasporto legati alla evoluzione su scala spaziale e temporale degli inquinanti fotochimici è stata confermata dall'indagine effettuata sulla Tenuta Presidenziale di Castelporziano: in particolare nel 1998 le misure con i campionatori passivi hanno confermato la presenza di una circolazione dovuta all'estendersi dell'isola di calore urbana sopra parte della Tenuta (vedi Rapporto 1998, Allegrini *et al.*, 1998). Nel 1999, invece, é stata effettuata parallelamente un'indagine in una seconda postazione di misura sita a Montelibretti, all'interno dell'area del CNR, circa 30 km a nord-est rispetto al centro della città e lungo la direttrice prevalente dei venti di brezza per studiare il ricircolo delle masse d'aria. Inoltre, sono stati analizzati alcuni dei dati raccolti a Roma nel giardino di Villa Ada.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati di radioattività naturale, ozono e ossidi di azoto che seguono (Fig. 2-6), sono stati raccolti nel periodo gennaio - luglio 1999; in particolare, sono riportati solamente i risultati maggiormente significativi.
Per il monitoraggio in continuo sono stati impiegati:

- ✓ un analizzatore ad assorbimento di luce UV - API (M. 400) per l'ozono;
- ✓ un analizzatore a chemiluminecescenza (Environment AC30M) per gli ossidi di azoto;
- ✓ uno strumento automatico che misura l'attività beta associata ai prodotti di decadimento a vita breve del Radon (ADAM, Ambient Dust Automatic Monitor) per lo studio della capacità di rimescolamento dell'atmosfera.

La disposizione delle due stazioni di misura è stata scelta per l'osservazione dei fenomeni di trasporto degli inquinanti dovuti alle brezze: quando si instaura la brezza di mare, ovvero nelle ore diurne e soprattutto nel primo pomeriggio, si osserva il trasporto delle masse d'aria inquinate dalla città di Roma verso la zona interna a NE.
In Fig. 2 e in tabella sono riportati in maggior dettaglio i valori delle concentrazioni medie orarie di O_3 nel sito di Castelporziano, Roma (Villa Ada) e Montelibretti del giorno 15 Marzo; in particolare, nel sito di Montelibretti é stato osservato più volte un secondo picco di ozono a metà pomeriggio dovuto all'arrivo di O_3 formatosi anche nelle masse d'aria inquinate provenienti da Roma durante il trasporto. Tale fenomeno si è ripetuto spesso, vedi ad esempio i giorni 12 e 15 Marzo (Fig. 3), 27 e 30 Maggio (Fig. 4), 6 e 7 Giugno (Fig. 5).
Quando si instaura la brezza di terra, ovvero nelle ore notturne e soprattutto del primo mattino, si osserva invece il trasporto delle masse d'aria inquinate verso il mare e quindi nella stazione di Castelporziano è stata evidenziata la presenza di una intensa attività radicalica rilevata tra l'altro dalla forte variazione del parametro O_x ($O_x = O_3 + NO_2$) (Fig.6).

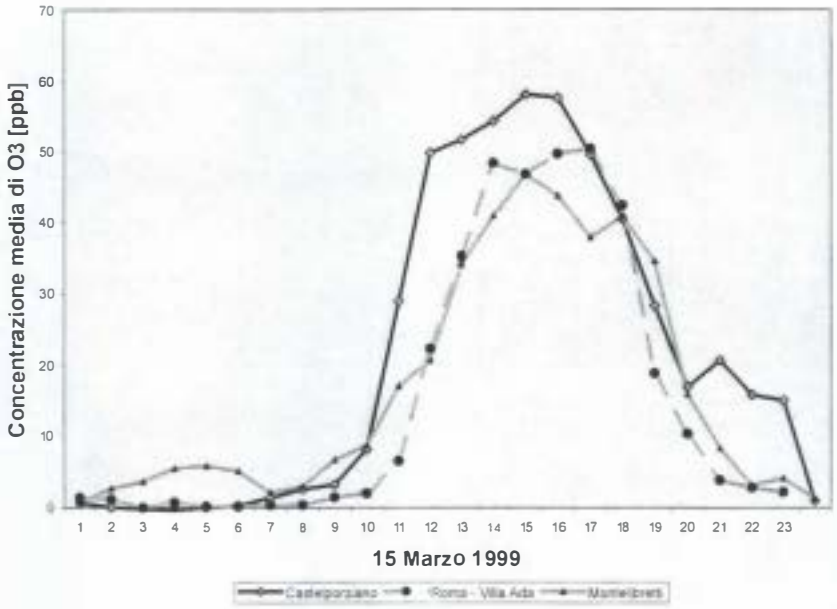


Figura 2 – Andamento temporale di O_3 nei siti di Castelporziano, Roma (Villa Ada) e Montelibretti (15-marzo 1999)

	Montelibretti O3 [ppb] (medie orarie)	Roma O3 [ppb] (medie orarie)	Castelporziano O3 [ppb] (medie orarie)
0	1	1	1
1	3	1	0
2	4	0	0
3	6	1	0
4	6	0	0
5	5	0	0
6	2	0	1
7	3	0	3
8	7	1	3
9	9	2	8
10	17	7	29
11	21	22	50
12	34	35	52
13	41	48	54
14	47	47	58
15	44	50	58
16	38	50	50
17	41	42	40
18	35	19	28
19	16	10	17
20	8	4	21
21	3	3	16
22	4	2	15
23	1	2	1

Tabella 1 – Concentrazione media oraria di O_3 nei siti di Montelibretti, Roma (Villa Ada) e Castelporziano (15 marzo 1999)

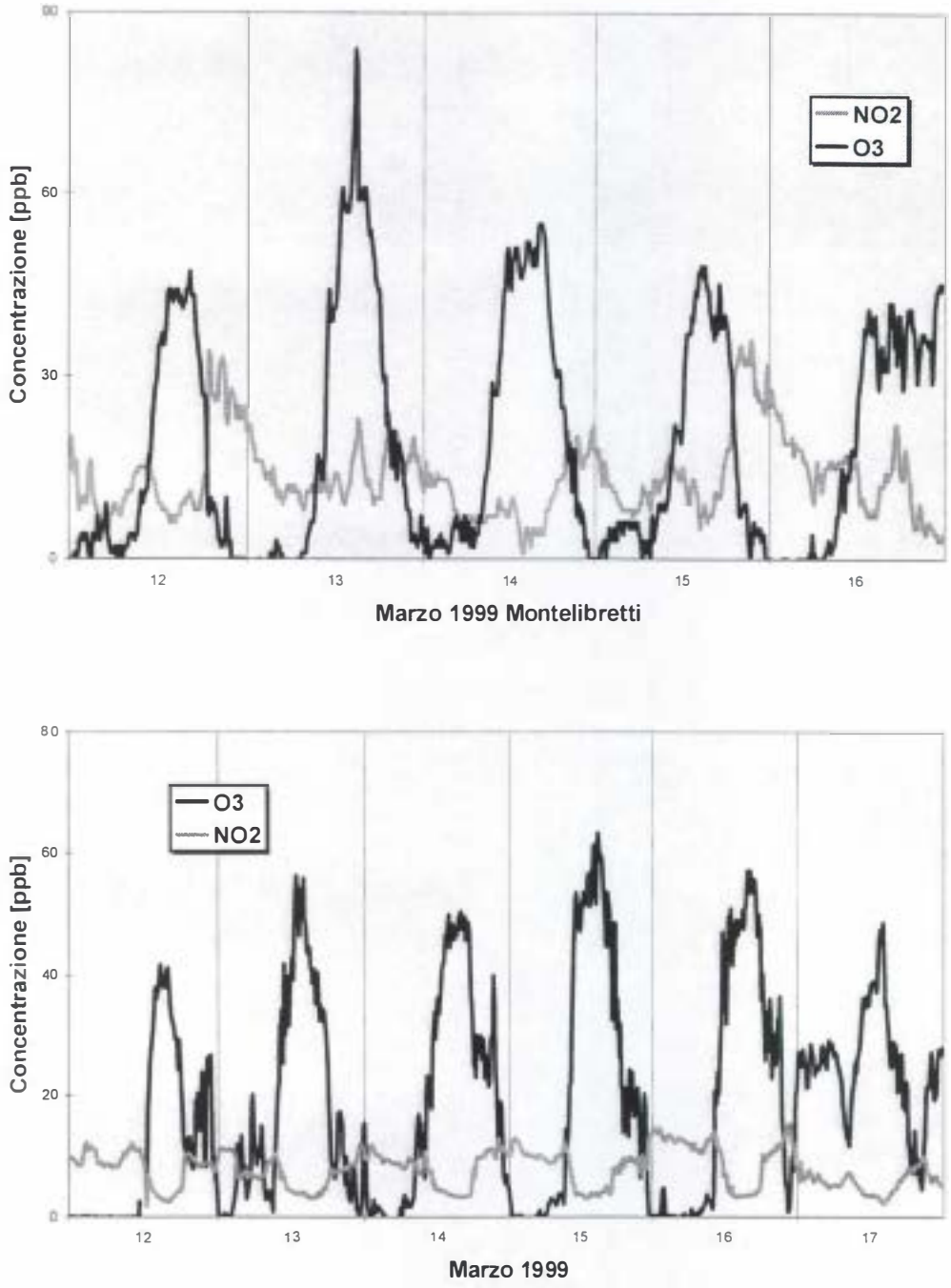


Figura 3 – Andamento temporale di O_3 e NO_2 a Montelibretti (in alto) nel periodo 12-16 Marzo 1999 e a Castelporziano (in basso) nel periodo 12-17 Marzo 1999

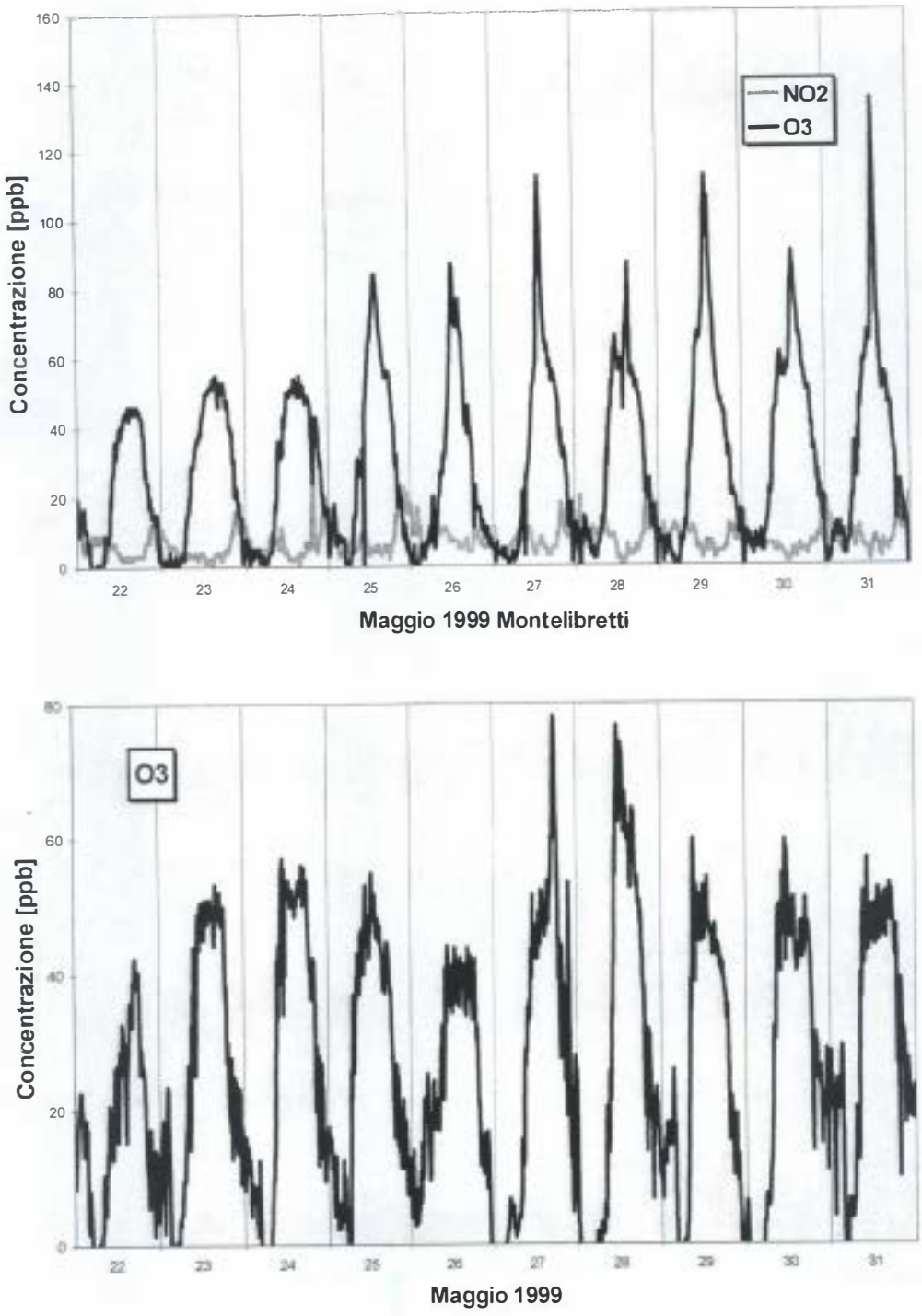


Figura 4 – Andamento temporale di O_3 nel periodo 22-31 Maggio 1999 Montelibretti (in alto) e a Castelporziano (in basso)

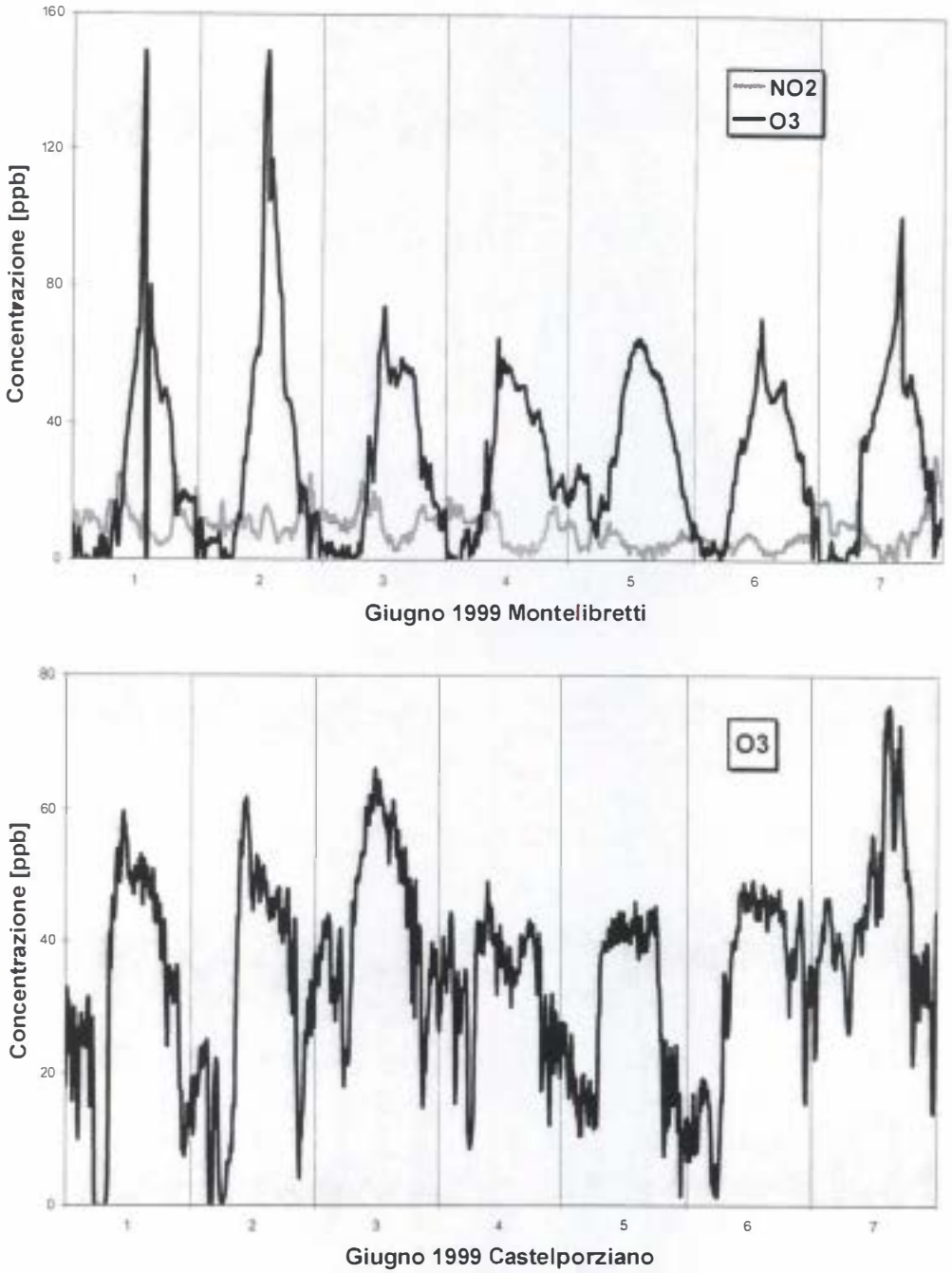


Figura 5 – Andamento temporale di O_3 e NO_2 nel periodo 1-7 Giugno 1999 a Montelibretti (in alto) e a Castelporziano (in basso)

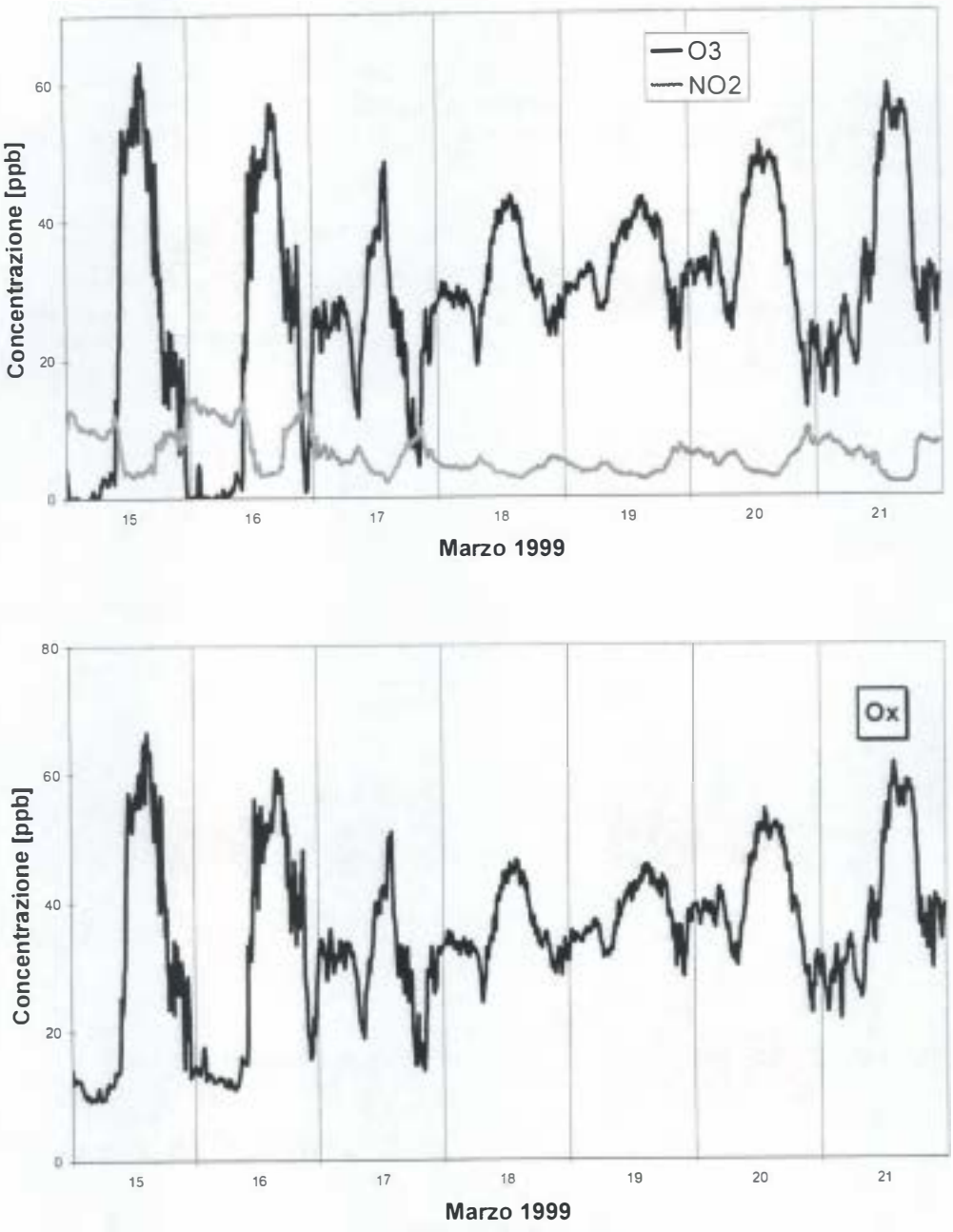


Figura 6 – Andamento temporale di O_3, NO_2 e Ox (Ox = O_3 + NO_2) nel sito di Castelporziano (15-21 Marzo 1999)

CONCLUSIONI

Le indagini eseguite nei siti della Tenuta di Castelporziano e di Montelibretti mediante analizzatori automatici hanno confermato che:

- ✓ la circolazione di brezza contribuisce al complicato sistema di trasporto degli inquinanti sulla Tenuta di Castelporziano;
- ✓ il fenomeno dell'inquinamento fotochimico non é un fenomeno locale, ma l'ozono e gli altri ossidanti fotochimici possono essere trasportati anche a grandi distanze;
- ✓ processi fotochimici ossidativi quantitativamente importanti sono presenti nelle aree rurali adiacenti l'area metropolitana di Roma.

BIBLIOGRAFIA

[1] J.H Seinfeld e S.H. Pandis: *Atmospheric Chemistry and Physics*, J. Winley & Sons (1998);
[2] I. Allegrini, C. Mazziotti Gomez de Teran e C. Vazzana: *Analisi dell'evoluzione degli inquinanti sulla Tenuta Presidenziale di Castelporziano Rapporto tecnico anno 1998*, 1998 (in stampa);
[3] N. A. Kelly, G. T. Wolff e M. A. Ferman: *Sources and sinks of ozone in rural areas*, Atmospheric Environment **7** (1984);
[4] S.C. Pryor e D.G. Steyn: *Hebdomadal and diurnal cycles in ozone time series from the lower fraser valley, B.C.*, Atmospheric Environment **29** (1995);
[5] S. Sillman: *Tropospheric ozone: the debate over control strategies. Ann Rev Energy Envir* **18** (1993)

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Dott. Micera e la Regione Lazio per aver fornito i dati della stazione di monitoraggio di Villa Ada (Roma).

GRUPPO DI LAVORO	**ATMOSFERA**
TITOLO DELLA RICERCA	Analisi di Dati Telerilevati da Satellite e Studi di Bioindicazione e Biomonitoraggio nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano Mediante Approcci Sperimentali Innovativi
RESPONSABILE	Prof. F. Manes
UNITA' OPERATIVE	Dipartimento di Biologia Vegetale, Università "La Sapienza" – Roma ISPELS – DIPIA – Roma CNR – Istituto sull'Inquinamento Atmosferico – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	F. Manes, M.A. Giannini, M. Giannini, F. Capogna, M.P. Boglioli, U. Poli, R. Casacchia, R. Salvatori

INTRODUZIONE

Per una corretta analisi e gestione della complessità territoriale è essenziale studiare gli elementi che la compongono e le loro interazioni a differenti livelli di scala [1]. Lo studio di un territorio mediante un approccio multiscala consente, infatti, di approfondire le caratteristiche strutturali ed i processi posti alla base del funzionamento degli ecosistemi [2]. L'integrazione di dati acquisiti a differente scala, inoltre, può consentire di sviluppare modelli per un monitoraggio rivolto ad un efficace intervento di gestione. Il telerilevamento costituisce uno dei principali strumenti per ottenere un'ampia e ripetuta nel tempo visione del territorio permettendo di analizzare, inoltre, le condizioni funzionali della vegetazione. Le immagini da satellite con il progresso tecnologico dei sensori hanno reso possibile l'acquisizione di precise informazioni territoriali e la restituzione in cartografie tematiche, come ad esempio la classificazione delle principali tipologie vegetazionali [3]. Oltre a questi aspetti, il telerilevamento si inserisce nelle attività di pianificazione territoriale e di gestione delle risorse come strumento che permette lo studio e la comprensione di fenomeni in altro modo non investigabili e, soprattutto, può rappresentare un moderno ed efficace strumento di controllo delle dinamiche ambientali [4]. Le immagini telerilevate consentono, quindi, di monitorare i cambiamenti nel tempo del paesaggio, cioè l'alterazione della struttura e della funzione del mosaico ecologico [5].

Per lo studio delle condizioni ambientali risulta di notevole interesse la valutazione degli effetti degli inquinanti atmosferici sugli organismi vegetali attraverso studi di bioindicazione e biomonitoraggio. In particolare, l'ozono (O_3), importante componente dello smog fotochimico, rappresenta l'inquinante atmosferico più fitotossico che gioca un ruolo importante nel causare la moria delle foreste in Europa [6]. Le concentrazioni di ozono più alte si rilevano nei mesi estivi e nelle ore di massimo irraggiamento solare. Proprio per le favorevoli condizioni climatiche, l'ozono è indubbiamente l'inquinante atmosferico più diffuso ed ubiquitario nella regione mediterranea [7, 8]. Elevate concentrazioni di ozono spesso si rinvengono in siti rurali molto distanti dai siti urbani di origine; l'ozono, infatti, può subire un trasporto a lungo raggio dopo la sua formazione dalle aree urbane alle zone suburbane e rurali. Un corretto monitoraggio di tale inquinante dovrebbe essere, quindi, condotto nelle zone più periferiche della città e nelle aree naturali, dove l'ozono raggiunge i valori più alti. Il monitoraggio biologico dell'ozono troposferico condotto con cloni specificatamente sensibili e resistenti a tale inquinante può fornire utili informazioni sugli effetti indotti sulla vegetazione presente in un'area protetta, quale la Tenuta di Castelporziano, dove ad oggi non è presente una stazione fissa di rilevamento chimico-fisico degli inquinanti atmosferici.

L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di valutare lo stato funzionale delle principali tipologie vegetazionali presenti nell'ambito della Tenuta Presidenziale di Castelporziano e di studiare la risposta allo stress causato dall'ozono troposferico in piante sensibili e resistenti a tale inquinante. A tale scopo sono state effettuate elaborazioni di immagini telerilevate da satellite ed analisi condotte in campo mediante approcci sperimentali innovativi di integrazione di dati acquisiti a differente scala per un'analisi del territorio volta allo studio, al monitoraggio e alla gestione delle risorse ambientali.

alle scarse precipitazioni registrate durante il mese di giugno [14], proprio nel periodo in cui dovrebbe risultare maggiore lo sviluppo fogliare.

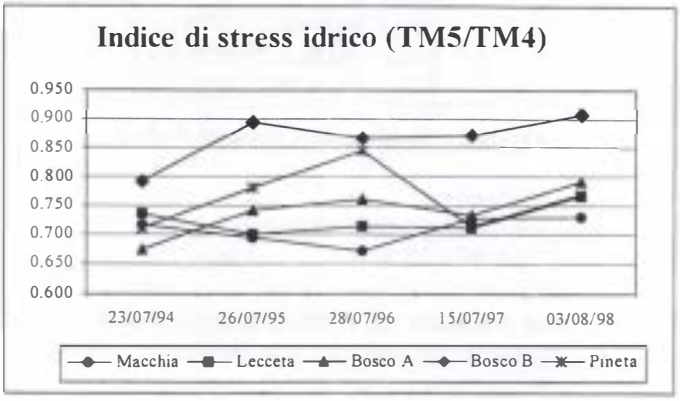


Figura 1 – Andamento multitemporale dell'indice di stress idrico relativo al periodo estivo 1994-1998 per le cinque tipologie vegetazionali analizzate all'interno della Tenuta di Castelporziano

Per meglio esaltare il grado di informazione offerto dall'indice di stress idrico è stata calcolata per ogni tipologia vegetazionale la differenza tra il valore massimo di tale indice, osservato nel quinquennio (1994-1998), e quello minimo, rappresentativi rispettivamente di condizioni di massimo e minimo stress idrico. I dati riportati in Tab. 2 hanno consentito di formulare la seguente sequenza che suggerisce un gradiente di sensibilità tra le principali tipologie vegetazionali presenti nella Tenuta di Castelporziano: Pineta > Bosco B = Bosco A >> Lecceta > Macchia.

Tipologia vegetazionale	Differenza
Pineta	0.13
Bosco B*	0.12
Bosco A**	0.12
Lecceta	0.07
Macchia	0.06

*Bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con sottobosco di sclerofille
**Bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis*

Tabella 2 – Valori relativi alla differenza tra il valore massimo dell'indice di stress idrico, osservato nel quinquennio (1994-1998), e quello minimo per le cinque tipologie vegetazionali analizzate all'interno della Tenuta di Castelporziano.

E' interessante notare come tale elaborazione sintetica e rappresentativa di un periodo di 5 anni, confermi quanto da noi già evidenziato nei Report precedenti ponendo la pineta come la tipologia più sensibile alle variazioni delle condizioni climatiche che si vengono a determinare sia a livello globale che a quello locale per cause prevalentemente di origine antropica.
La differenza tra il valore massimo e minimo dell'indice di stress idrico risulta più contenuta nella lecceta e nella macchia che si rivelano, quindi, le formazioni più stabili. Nella pineta, nel bosco di caducifoglie compenetrato con specie sclerofille e nel bosco con lo strato a *Carpinus orientalis* i valori della differenza risultano più elevati. Questo comportamento delinea così la maggiore sensibilità di queste formazioni alle variazioni climatiche annuali e soprattutto al periodo di aridità della stagione estiva.
In tale contesto è importante richiamare anche gli studi condotti sulla rinnovazione del bosco di sclerofille e di caducifoglie ed, in particolare, in base ai dati da noi ottenuti, è stato possibile evidenziare nelle plantule di leccio una maggiore resistenza alle condizioni di aridità estiva della Tenuta rispetto a quelle di cerro sia mediante dati di scambio gassoso che misure di potenziale idrico e fluorescenza fogliare della clorofilla *a* [16]. Queste ultime evidenze sperimentali, unitamente alle conoscenze ormai consolidate a livello nazionale ed internazionale sulla ecofisiologia di tali specie, risultano in accordo con quanto sopra esposto relativamente agli indici elaborati da dati telerilevati e quindi acquisiti a differente scala spaziale e temporale.

Un aspetto che richiede ulteriore approfondimento è costituito dalla risposta della formazione artificiale a *Pinus pinea*. Recenti dati sperimentali [4, 17] indicano per tale specie una strategia di "drought tolerance" secondo Levitt, 1980 [18]. E' importante sottolineare, inoltre, come la pineta da noi considerata sia costituita da un popolamento di circa 70 anni e non da individui nel massimo della loro attività vegetativa, come mostrato dai valori di indice di area fogliare (LAI), misurati in campo, per le diverse tipologie vegetazionali individuate (Tab. 3).

Tipologia vegetazionale	LAI
Pineta	3.12
Bosco B*	3.74
Bosco A**	4.88
Lecceta	4.33
Macchia	4.83

*Bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con sottobosco di sclerofille
**Bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis*

Tabella 3 – Valori medi dell'indice di area (LAI) per le cinque tipologie vegetazionali analizzate all'interno della Tenuta di Castelporziano relativi al mese di agosto del 1998

Caratterizzazione di firme spettrali di materiali naturali

Le misure di radianza effettuate con lo spettroradiometro sono state trasformate in riflettanze calcolate come rapporto con la radianza di un pannello di *spectralon* usato come riferimento. Le firme spettrali ottenute su alcuni dei target misurati sono riportate nelle Figure 2, 3. Esse sono state misurate lungo il litorale, a Grotta di Piastra, in località Castello e Santola, al Casale delle Antilopi e nella zona definita *Pseudo-steppa*. Questi siti sono rappresentativi di diverse unità territoriali e le misure si riferiscono a vari materiali naturali estesamente diffusi all'interno della Tenuta, riconoscibili nelle immagini satellitari (Tab. 4). Gli spettri di riflettanza si riferiscono alla regione spettrale compresa tra 350 e 2500 nm corrispondente al visibile e vicino infrarosso; in tale intervallo sono localizzate 6 delle 7 bande del Thematic Mapper. Le curve sono state raggruppate in funzione dei materiali che esse rappresentano per mettere in evidenza la variabilità spettrale presente all'interno della stessa tipologia di materiali. Il rumore presente negli intervalli centrati a circa 1400 e 1900 nm è dovuto all'assorbimento della radiazione incidente da parte del vapor d'acqua atmosferico, che rende il rapporto segnale/rumore a quelle lunghezze d'onda molto basso; anche la regione oltre i 2350 nm risente dello stesso fenomeno.

La Fig. 2 mostra una coppia di spettri acquisiti sulle sabbie lungo il litorale. Il sito era stato misurato in diverse campagne negli anni precedenti; le misure di quest'anno confermano quanto già appurato precedentemente e cioè che trattandosi di un target "invariante" (caratteristiche di riflettanza costanti nel tempo) esso è valido per essere utilizzato nella correzione atmosferica di immagini anche non contemporanee alla misura. Lo spettro B si riferisce ad una zona parzialmente ricoperta di gusci di lamellibranchi: ciò modifica solo in parte la forma dello spettro. Il campionamento delle principali forme di variabilità spaziale dell'unità in esame è necessario qualora si vogliano confrontare i dati a terra con quelli satellitari che, a causa delle caratteristiche di risoluzione spaziale (30 m/pixel per il Thematic Mapper) integrano la risposta proveniente da aree eterogenee.

Gli spettri riportati nelle figure successive sono stati misurati in siti ricoperti da vegetazione con diverse caratteristiche, e mettono in evidenza quanto lo stato della vegetazione e la tipologia vegetale influenzino le proprietà di riflettanza.

La Fig. 3 riporta spettri che si riferiscono a vegetazione in pieno sviluppo, appartenente a diverse specie. La forma dello spettro è quella tipica della vegetazione: sono infatti riconoscibili le caratteristiche bande di assorbimento nel blu e nel rosso dovute alla clorofilla che danno origine ad un picco relativo in corrispondenza del verde. Nell'infrarosso vicino è chiaramente individuabile il cosiddetto *red edge* ossia la rapida risalita della riflettanza intorno a 700 nm ed è evidente l'elevata riflettanza dovuta alla struttura interna delle cellule. La diminuzione di riflettanza alle lunghezze d'onda maggiori è dovuta alla presenza d'acqua all'interno della pianta.

Si può notare come le varie specie, poco distinte nel visibile, siano molto differenziate nell'infrarosso. In particolare, le specie sclerofille (leccio, lentisco ed erica) hanno una riflettanza più bassa nell'infrarosso a causa della struttura sclerofilla delle foglie; alle lunghezze d'onda maggiori il decremento della riflettanza è poco marcato a causa di una ridotta presenza d'acqua.

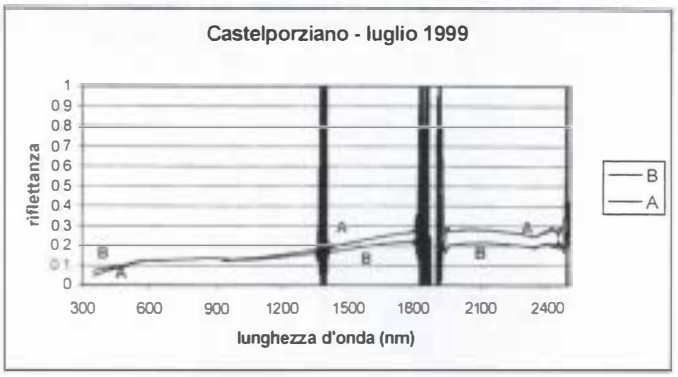


Figura 2 – Curve di riflettanza di sabbie: normale (A), con gusci di lamellibranchi (B)

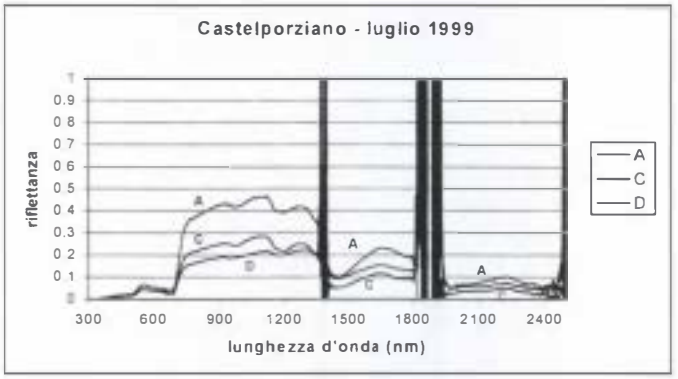


Figura 3 – Curve di riflettanza di diversi tipi di vegetazione: A) felci, C) *Pistacia lentiscus* + *Erica scoparia*, D) *Quercus ilex*

Tipo di copertura	Località	Note
sabbia	litorale – Grotta di Piastra	
sabbia	litorale – Grotta di Piastra	sabbia con gusci di lamellibranchi
Pteridium aquilinum	pseudo-steppa	vegetazione di circa 1 m di altezza
Pistacia lentiscus *Erica scoparia*	Grotta di Piastra	macchia mediterranea bassa copertura 100%; lentisco 20%, erica 80%
Quercus ilex	Grotta di Piastra	macchia mediterranea bassa altezza 40 cm, copertura 70-80%
Strato erbaceo: predominanza di *Asphodelus microcarpus* e *Anthemis*	pseudo-steppa	formazione mista con vegetazione in stato di avanzata senescenza e suolo scoperto
Strato erbaceo	pseudo-steppa	formazione mista con vegetazione senescente
Cistus salvifolius	Grotta di Piastra	Vegetazione senescente, copertura 40%
Copertura erbacea (graminacee)	Santola	Terreno coltivato a graminacee
Strato erbaceo	Casale delle Antilopi	Strato con dominanza di graminacee
Strato erbaceo	Casale delle Antilopi	Strato con dominanza di graminacee e piante spinose

Tabella 4 – Ubicazione e caratteristiche di alcuni dei siti misurati

La Fig. 4 mette in evidenza la variazione spettrale indotta dalla presenza di piccole percentuali di vegetazione senescente su una formazione erbacea. L'effetto più evidente è la riduzione del *red edge* e

dell'assorbimento nel rosso; nell'infrarosso (a circa 1400 nm) inoltre si invertono i valori di riflettanza a causa della riduzione del contenuto in acqua.
La Fig. 5 raccoglie misure eseguite su vegetazione senescente; la caratteristica generale è la scomparsa del *red edge* e un aumento complessivo della riflettanza a tutte le lunghezze d'onda.
La presenza di piccole percentuali di vegetazione non completamente senescente è riconoscibile negli spettri del cisto e della formazione erbacea indicata con B in figura. (aumento della riflettanza a 700 nm).
Le caratteristiche finora descritte sono osservabili grazie all'elevata risoluzione spettrale dello strumento utilizzato che campiona su 2150 canali permettendo di ottenere uno spettro continuo. La possibilità di rilevare le stesse proprietà sugli spettri misurati da sensori remoti è funzione di molti parametri tra cui alcuni legati al sensore (risoluzione spettrale e radiometrica, posizione delle bande), e altri alle condizioni di ripresa (quota, risoluzione geometrica, caratteristiche dell'atmosfera interposta).
Gli spettri raccolti, ricampionati sulle lunghezze d'onda del Thematic Mapper e integrati con i dati telerilevati, possono migliorarne la classificazione poiché costituiscono la verità a terra che consente di interpretare le riflettanze ottenute da satellite attribuendole univocamente alle diverse unità territoriali.

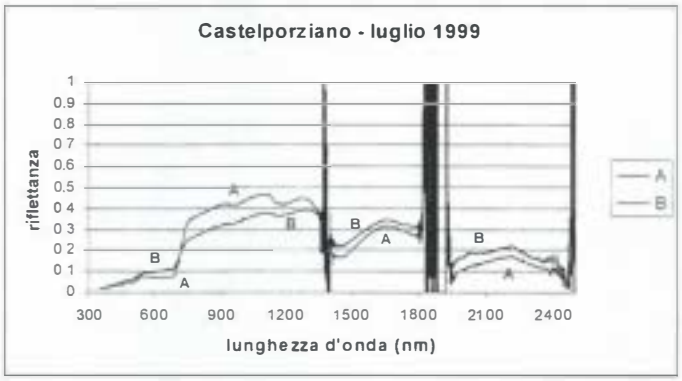


Figura 4 – Strato erbaceo in località Casale delle Antilopi;
A= Strato con dominanza di graminacee, B= Strato con graminacee e piante spinose.

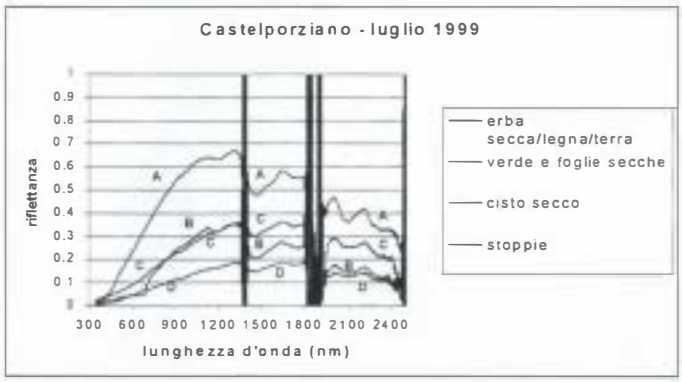


Figura 5 – A=stoppie, B=prato verde con foglie secche, C=prato misto (erba secca, legna e terra), D=cisto secco.

Studi di bioindicazione e biomonitoraggio

Danno visibile fogliare

Severi sintomi di danno fogliare tipico indotto dall'ozono sono apparsi sin dal primo periodo di campionamento in tutte le piante del kit ma con un'intensità maggiore nel clone NC-S come riportato da Heagle et al., 1993 [19] (Fig. 5). Il 37.7% dei cloni NC-S mostrava dal 90 al 100% di foglie danneggiate, assegnato alla classe di danno C5. Il restante 62% delle piante evidenziava un'intensità di danno ascrivibile alla classe C4. Il clone NC-R presentava anch'esso chiara evidenza di danno fogliare, in particolare il 50% delle piante apparteneva alla classe C2 e l'altro 50% alla classe C3. Nel secondo periodo di campionamento si è mantenuta elevata l'intensità dell'alterazione macroscopica sia nel clone sensibile che nel clone resistente. Durante i successivi periodi di campionamento, progressivamente è

diminuita l'intensità del danno fogliare in entrambi i cloni (Fig. 6). La progressiva diminuzione della percentuale di foglie danneggiate dal primo al quinto periodo di campionamento, probabilmente, può essere messa in relazione alla diminuzione delle concentrazioni di ozono per i più bassi valori di temperatura e irraggiamento solare che caratterizzano il passaggio dalla stagione estiva a quella autunnale.

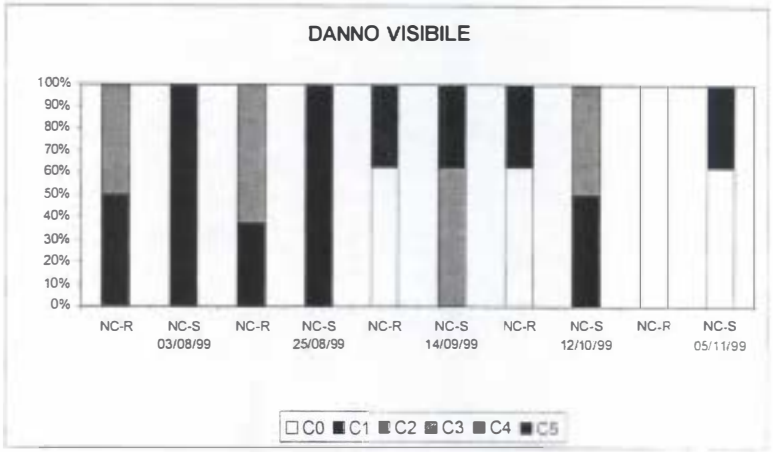


Figura 6 – Valutazione del danno visibile fogliare in cloni *Trifolium repens* secondo il protocollo sperimentale ICP-Crops, 1999 (37) nel sito di Castelporziano relativa a 5 periodi di campionamento

Attività perossidasica

Al termine del primo e del secondo periodo di esposizione, l'attività perossidasica, nel clone NC-R, è risultata costante. Il clone NC-S ha mostrato livelli significativamente più alti di questo enzima rispetto al clone NC-R, in entrambi i punti di campionamento (Fig. 7). La differenza più elevata di attività perossidasica tra i due cloni si è verificata nel primo periodo di campionamento (40%). I risultati dimostrano ancora una volta l'importanza dell'attività perossidasica come biomarker precoce di alterazione nelle piante sottoposte all'azione di inquinanti atmosferici come l'ozono [20, 21].

Figura 7 – Attività perossidasica in cloni *Trifolium repens* nel sito di Castelporziano relativa ai due periodi di campionamento

Contenuto in clorofilla *a*

Sia nel primo che nel secondo periodo di campionamento sono state evidenziate differenze significative nel contenuto di clorofilla *a* che ha mostrato valori più bassi nel clone sensibile (Fig. 8). Viene, quindi, confermata l'azione degradativa che l'ozono esercita sui pigmenti fotosintetici, osservata anche su altre specie vegetali [22, 23].

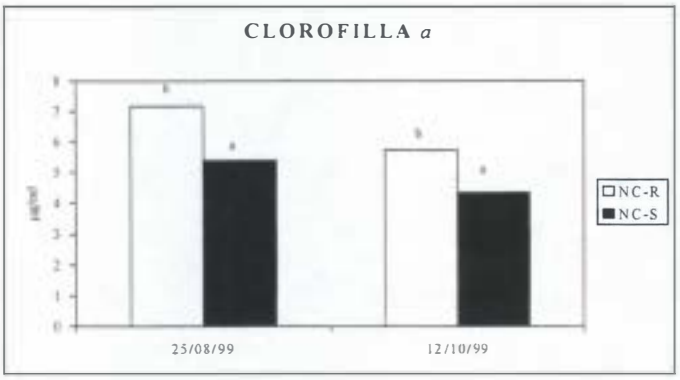


Figura 8 – Contenuto di clorofilla *a* in cloni *Trifolium repens* nel sito di Castelporziano relativa ai due periodi di campionamento

Scambi gassosi fogliari

Per quanto riguarda l'attività fotosintetica, sono state osservate differenze significative tra i cloni nel primo e quarto periodo di campionamento in corrispondenza dei quali il clone NC-S ha mostrato livelli più bassi di fotosintesi (Fig. 9). In particolare, il primo campionamento effettuato in data 03/08/99 ha evidenziato una differenza in percentuale tra NC-R e NC-S pari al 28% (19,78 µmol $CO2/m^2s$ nel clone NC-R; 14,36 µmol$CO2/m^2s$ nel clone NC-S). La diminuzione della fotosintesi netta in piante esposte all'ozono è stata riscontrata anche da altri autori sia su specie agrarie che forestali [24]. L'ozono potrebbe agire indirettamente limitando la disponibilità di CO_2 a causa della chiusura stomatica o direttamente, distruggendo ed inattivando la RubisCO, come è stato proposto da Nie et al., 1993 [25], facendo diminuire la capacità del mesofillo di fissare la CO_2.

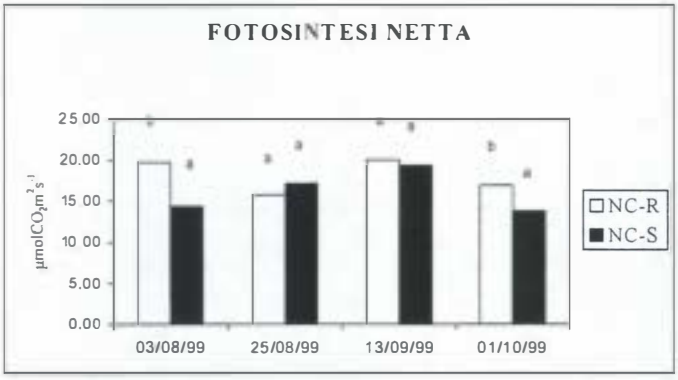


Figura 9 – Fotosintesi netta valutata in cloni Trifolium repens nel sito di Castelporziano relativa ai 4 periodi di campionamento.

CONCLUSIONI

Gli indici di vegetazione elaborati da immagini Landsat si sono rivelati utili per la caratterizzazione strutturale e funzionale della vegetazione presente nella Tenuta di Castelporziano. Questi dati hanno evidenziato la differente sensibilità delle principali tipologie vegetazionali riconosciute per la Tenuta alla variabilità delle condizioni climatiche tipiche di tale ambiente mediterraneo. Si può quindi affermare che l'approccio di analisi sviluppato nel corso di cinque anni di ricerca costituisce un utile strumento per il monitoraggio dello stato funzionale della vegetazione in relazione ai principali stress ambientali.

Gli studi condotti a differente scala (dati satellitari e di campo) si sono rivelati utili nella loro integrazione per meglio interpretare le risposte delle specie che maggiormente contribuiscono alla costituzione delle principali tipologie vegetazionali.
Le ricerche di biomonitoraggio hanno consentito di definire i livelli critici dell'ozono troposferico che possono fornire utili informazioni per la valutazione del danno sulla vegetazione naturale al fine di salvaguardare l'elevata diversità di specie presenti in un territorio. Infatti, l'impatto dell'ozono sulle comunità vegetali si realizza non solo attraverso un'influenza sulla crescita e la produttività delle piante ma anche attraverso cambiamenti nella composizione in specie e relativa perdita di biodiversità.
E' comunque indispensabile condurre una approfondita analisi dei risultati e delle considerazioni finali formulate dai diversi gruppi di ricerca coinvolti nel Progetto di Monitoraggio per inquadrare ed integrare in maniera più completa i dati acquisiti dal nostro laboratorio nell'ambito del Gruppo di Lavoro Atmosfera e di quello Vegetazione.

BIBLIOGRAFIA

[1] JARVIS P.G., 1995. Scaling processes and problems. Plant, Cell and Environment, 18: 1079-1089.
[2] MANES F., ANSELMI S., CANFORA E., GIANNINI M., 1998. Remote sensing analysis of mediterranean ecosystem canopies and upscaling studies - The European Symposium on Aerospace Remote Sensing. Conference on Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology. London, 22-26 September 1997. Proceedings, EUROPTO, 3222: 246-252.
[3] GRIGNETTI A., SALVATORI R., CASACCHIA R. AND MANES F., 1997. Mediterranean vegetation analysis by multi-temporal satellite sensor data. Int. J. Remote Sensing, 18 (6): 1307-1318.
[4] MANES F., BLASI C., ANSELMI S., GIANNINI M. - A multiscale study to analyze the response of vegetation to climatic conditions. International Symposium Global Change an Protected Areas, L'Aquila 8-13 settembre 1999. In stampa.
[5] FORMAN, R.T.T. & GORDON M.,1986. Landscape ecology- Jhon Wiley & Sons ed.
[6] SKARBY L., RO-POULSONH., WELLBURN FAM, SHEPPARD LJ., 1998.Impacts of ozone on forests: a European perspective. New Phytologist 139:109-122.
[7] ALLEGRINI I., CORTIELLO M., MANES F., TRIPODO P., 1994. Phisico-chemical and biological monitoring as integrated tools in evaluating tropospheric ozone in urban and semi-rural areas. The science of the total environment 141: 75-85.
[8] MILLAN M., SALVADOR R., MANTILLA E., ARTINANO B., 1996. Meteorology and photochemical air pollution in suthern Europe: Experimental results from EC research project. Atmospheric environment 30: 1909-1924.
[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] TUCKER C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8: 127-150
[11] UN/ECE ICP-Crops 1999. Experimental Protocol for the ICP-Crops, 1999 Season. Institute of Terrestrial Ecology. Centre fo Ecology & Hydrology.
[12] SCALET M., FEDERICO R., GUIDO M.C., MANES F., 1995. Peroxidase activity and polyamine changes in response to ozone and simulated acid rain in Aleppo Pine needles. Environ. Experim. Bot. 35: 417-425.
[13] WELLBURN A. R., 1994. The spectral determination of chlorofills *a* and *b* as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. J. Plant Physiol. 144: 307-313.
[14] CASACCHIA R., SALVATORI R., BOGLIOLO M.P., POLI U., MANES F., GIANNINI M.A., GIANNINI M., SILLI V. - Monitoraggio delle qualità ambientale nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano: studi di bioindicazione attiva e di dati telerilevati da satellite per l'analisi delle principali tipologie vegetazionali. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC); V Report Tenuta Presidenziale di Castelporziano. In stampa.
[15] CASACCHIA R., GUERRINI A., PETRANGELI A., SALVATORI R., IPPOLITI M., MATINO A., POLI U., ROCCHI V., CALISI A., CANFORA E., MANES F, 1996 - Analisi delle immagini telerilevate, indagini di campo e studi di bioindicazione: ricerche di base e dati di monitoraggio. Progetto di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, 1996. Creazione

di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC). III° Seminario Tenuta Presidenziale di Castelporziano, 14 giugno 1996, pp. 50-60.

[16] MANES F., DONATO E., SILLI V., DE LILLIS M., PIGNATTI S., 1997 - La rinnovazione del bosco sempreverde e caducifoglie nell'area di Castelporziano: studio ecofisiologico. Progetto di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, 1997. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC). IV Report Tenuta Presidenziale di Castelporziano, pp. 255-262.

[17] MANES F., SEUFERT G. AND VITALE M., 1997 - Ecophysiological studies of Mediterranean plant species at the Castelporziano Estate. Atmos. Environ., Vol.31, n° S1: 51SI-60SI.

[18] LEVITT J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Water, Radiation, Salt and Other Stresses, Vol. II, 2nd Edition, Academic Press, New York.

[19] HEAGLE A.S., MILLER J.E. AND SHERRILL D.E., AND RAWLINGS J.O., 1993. Effects of ozone and carbon dioxide mixtures on two clones of white clover. New Phytol. 123: 751-762.

[20] CASTILLO F. J., 1986. Extracellular peroxidases as markers of stress? In: Grepping H., Penel c., Gaspar T. H., Molecolar and Physiology aspects of plant peroxidases. Univ. Of Geneva, Switzerland: pp. 419-430.

[21] MANES F., FEDERICO R., CORTIELLO M. AND ANGELINI R., 1990. Ozone induced increase of peroxidase activity in Tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. Burley 21) leaves. Phytopath. Medit. 29: 101-106.

[22] KANGASJARVI J., TALVINEN J., UTRIAINEN M., KARJALAINEN R., 1994. Plant defence system induced by ozone. Plant, Cell and Environment 17: 783-794.

[23] ASTORINO G., MARGANI I., TRIPODO P., MANES F., 1995. The response of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Lit to different dosages of the anti-ozonant ethylenediurea (EDU) in relation to chronic treatment with ozone. Plant Science 111: 237-248.

[24] SALAM M. A., & SOJA G., 1995. Bush bean (*Phaseolus vulgaris* L) leaf injury, photosynthesis and stomatal functions under elevated ozone levels. Water, air and Soil Pollution 85: 1533-1538.

[25] NIE G. Y., TOMASEVIC M., BAKER N.R., 1993. Effects of ozone on the photosynthetic apparatus and leaf proteins during leaf development in wheat. Plant, Cell and Environment 16: 643-551.

GRUPPO DI LAVORO	**ATMOSFERA**
TITOLO DELLA RICERCA	Rilevamento di Traffico e di Livelli di Inquinamento Atmosferico lungo i Confini della Tenuta Presidenziale di Castelporziano
RESPONSABILE	Dott. L. Lepore, Dott. S. Merolli
UNITA' OPERATIVE	ISPELS – DIPIA – Laboratorio Inquinamento Chimico Aria - Roma ENEA – AMB - C.R. Frascati – Roma ENEA – C.R. S.Teresa – La Spezia
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	L. Lepore, G. Scalisi, I. Ventrone, P. Di Filippo, P. Avino, F. Sallusti M. Andreozzi, S. Trobbiani, S. Merolli, S. Polenta, S. Rea, D. Meloni, S. Cannarsa, M. Zanardi, D. Bacciola,

INTRODUZIONE

Il monitoraggio della tenuta di Castelporziano effettuato negli ultimi cinque anni, ha consentito di evidenziare i caratteri salienti dei fenomeni legati all'inquinamento atmosferico sul territorio della tenuta. In particolare dalle precedenti campagne sperimentali è emerso il contributo delle sorgenti locali alle concentrazioni di inquinanti primari.
Le sorgenti locali sono costituite dal traffico lungo le strade che costeggiano la tenuta per la maggior parte del suo perimetro e che sono intensamente trafficate vista la loro funzione di collegamento tra i centri di Roma, Ostia e Pomezia.
Il contributo di tali sorgenti all'inquinamento all'interno della tenuta è stato a suo tempo messo in evidenza da alcune campagne per il rilevamento del benzene che hanno interessato l'intera superficie della tenuta ed hanno consentito di osservare la forte differenza tra le concentrazioni di tale inquinante in prossimità del confine e quelle presenti nella zona più interna della tenuta.
Sulla base di queste constatazioni, per evidenziare il contributo locale all'inquinamento mediante correlazioni tra traffico stradale ed inquinamento atmosferico, si è ritenuto significativo progettare quattro campagne stagionali per il rilevamento dei flussi di traffico veicolare lungo le strade che costeggiano la tenuta, in concomitanza con misure di inquinamento atmosferico effettuate con laboratori mobili. Le quattro campagne sono state effettuate rispettivamente la prima dal 8 al 14 marzo 1999, la seconda dal 31 maggio al 6 giugno 1999, la terza dal 22 al 28 luglio, la quarta dal 13 al 19 dicembre. Nella prima campagna è stato possibile attrezzare un solo laboratorio mobile dislocato in località Spagnoletta e quindi in prossimità della via Cristoforo Colombo. Nella seconda e terza campagna sono stati impiegati due laboratori mobili, uno dislocato in località Spagnoletta e l'altro a Tor Paterno a circa 300 m dalla via Litoranea e nella quarta campagna è stato impiegato un laboratorio mobile in località Spagnoletta.

PARTE SPERIMENTALE

Nel contesto delle campagne di misura finalizzate a stabilire la correlazione tra l'intensità del traffico ed i livelli degli inquinanti si è ritenuto necessario procedere ad una classificazione dei termini sorgente mediante rilevamenti del flusso veicolare che tenessero in considerazione le varie tipologie dei mezzi di trasporto, suddivisi in motoveicoli, autoveicoli, mezzi pesanti. I rilevamenti per classi di veicolo sono stati effettuati lungo tutte le arterie principali di traffico adiacenti la tenuta, dalle 7 alle 20, per una durata di 13 ore al giorno (arco di tempo all'interno del quale è concentrata la maggior parte del traffico connesso all'attività lavorativa), per cinque giorni alla settimana. I rilevamenti dei flussi di traffico sono stati effettuati mediante conteggio da parte di operatori dislocati lungo le strade su ambedue le carreggiate.

Nel presente lavoro sono riportate le correlazioni tra livelli di inquinamento e volumi di traffico rilevati.
Mediante i due laboratori mobili impiegati sono state effettuate misure di concentrazioni orarie degli inquinanti primari quali ossidi di carbonio, idrocarburi non metanici, benzene, PTS ed IPA. Contemporaneamente sono stati rilevati i principali parametri meteorologici e la concentrazione oraria di ozono.
L'analisi dei dati si è basata sullo studio delle correlazioni tra i valori dei rilevamenti di traffico relativi alle singole strade e le misure di concentrazione oraria degli inquinanti primari effettuate dai laboratori mobili in prossimità di queste vie di comunicazione. I dati sono stati "filtrati" per tenere conto della direzione del vento associata alla misura, in modo da creare insiemi di dati compatibili.
Come elemento discriminante ai fini della correlazione tra livello dell'inquinante ed intensità del traffico si è assunta la direzione del vento rispetto alla direttrice che unisce il punto di misura e il punto più vicino della strada, schematizzata come sorgente lineare. Sulla scorta di questa considerazione si è operata una suddivisione del set di dati in sottoinsiemi caratterizzati dall'angolo tra la direzione del vento e la direttrice prima indicata (vedi fig. 1) . Detti intervalli corrispondono a 4 condizioni fondamentali che possono essere così classificate :

1. Condizione favorevole: si ha quando il vento è diretto dalla sorgente al punto di misura.
2. Condizione neutra favorevole: si ha quando la direzione del vento è all'interno dei settori delimitati dagli angoli 45° e 90° - 45° e - 90° rispetto alla direttrice di riferimento.
3. Condizione neutra sfavorevole: si ha quando la direzione del vento è all'interno dei settori delimitati dagli angoli 90° e 135° e - 90° e - 135° rispetto alla direttrice di riferimento.
4. Condizione sfavorevole: si ha quando la direzione del vento è all'interno del settore compreso tra gli angoli 135° e - 135°.

Sugli insiemi di dati ottenuti con il criterio su esposto si è effettuato il calcolo dei coefficienti di correlazione tra il numero totale di veicoli transitati nell'arco di una ora ed il valore medio della concentrazione oraria degli inquinanti primari rilevati.

DISCUSSIONE

Correlazioni

Il calcolo dei coefficienti di correlazione sui dati raggruppati nelle classi prima indicate. relativi alle misure effettuate in località Spagnoletta, a distanza di circa 30 m dalla strada, ed ai volumi di traffico lungo la Cristoforo Colombo, ha evidenziato una dipendenza non univoca del coefficiente di correlazione dalla classe di direzione presa in esame. Infatti i valori più elevati, relativi all'ossido i carbonio ed agli idrocarburi non metanici, sono stati registrati sia con provenienza di vento dal settore favorevole che con provenienza del vento dai settori neutri del lato est. In particolare si ha un valore molto elevato (0.99) in corrispondenza alla direzione del vento proveniente dal settore neutro favorevole est. (Vedi tab. 1)
Nella quarta campagna il vento ha spirato prevalentemente dal quadrante sfavorevole e neutri sfavorevoli non consentendo pertanto una valutazione significativa dei coefficienti di correlazione.
In località Tor Paterno non è stata rilevata alcuna correlazione tra i dati di inquinamento e quelli di traffico. Ciò è da attribuirsi verosimilmente alla posizione di Tor Paterno abbastanza lontana dalla strada Litoranea (circa 400 m) ed il cui piano di campagna risulta inferiore a quello stradale Tuttavia si evidenzia una buona correlazione tra gli andamenti degli IPA e del PM10 in contrasto con l'andamento del benzene (fig.4).
In tabella 3 sono riportati i valori riassuntivi dei volumi di traffico rilevati nelle quattro campagne stagionali. Nelle fig. 2 e 3 sono riportati a titolo di esempio gli andamenti dei flussi di traffico e degli inquinanti primari in due casi particolari.

Misure di ozono

I risultati delle campagne di marzo, giugno, luglio, dicembre 1999 sono mostrati in tab. 2.
I valori medi delle concentrazioni orarie variano tra 58.6 microg/m3 a marzo, 67.9 a giugno, 76.6 a luglio, 28.7 a dicembre. I valori massimi sono rispettivamente 163.6, 154.0, 172, 67.5 microg/m3.
I valori registrati testimoniano la presenza di concentrazioni significative di ozono già dal mese di marzo cui hanno fatto seguito valori ancora maggiori nei mesi di maggio, giugno e luglio. Valori sensibilmente inferiori si registrano a dicembre (fig. 5).
La normativa di riferimento per la concentrazione di ozono in atmosfera (Decreto del Ministero dell'Ambiente 16/5/99) specifica i livelli di protezione della popolazione ed i livelli di protezione della vegetazione. Dai risultati delle misure effettuate nel corso del 1999 fino al mese di luglio si riscontrano superamenti di uno dei due livelli di protezione della vegetazione (65 microg/m3 per la media su 24 ore).

Nei mesi di giugno e luglio tali superamenti si verificano in non meno del 50% dei giorni di misura. Nessun superamento si verifica a dicembre (fig. 6).
Il livello di protezione della vegetazione relativo alla media oraria (200 microg/m3) non viene mai raggiunto.
I grafici dell'andamento temporale dei valori orari mostrano di norma la fase di crescita diurna con un picco di valore superiore a 100 microg/m3 nelle ore pomeridiane seguita da una rapida diminuzione al di sotto di 20 microg/m3 nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino.
Si sono verificati tuttavia anche episodi di alti livelli notturni di ozono. Tra il 9 e 10 marzo la concentrazione in aria di ozono risulta sempre superiore a 70 microg/m3; analogamente tra il 22 e 23 luglio non scende sotto 80 microg/m3.
L'episodio di marzo può essere messo in relazione con le condizioni micrometeorologiche che hanno luogo il 9 marzo, giorno nel corso del quale non si instaura il regime di brezza dai quadranti occidentali, ma permane vento di velocità compresa tra 3 e 4 m/s dai quadranti sudorientali.
Nei giorni 8 e 11 marzo, infatti, la concentrazione di ozono si riduce nel corso del pomeriggio mentre si instaura una circolazione da ovest. Il 9 marzo, invece, il vento non muta sensibilmente di direzione nel corso del giorno ed i livelli di ozono rimangono alti (fig. 7).
Allo stesso modo l'episodio di alti livelli di ozono che si presenta tra il 22 e 23 luglio (fig. 8) nelle ore notturne è associato alla persistenza di vento da quadranti meridionali.
Secondo i risultati degli studi effettuati a Castelporziano [1] apporti significativi di ozono si verificano in condizioni di instabilità dell'atmosfera
La formazione in area costiera di alti livelli di ozono al suolo che seguono di regola un ciclo diurno molto marcato è un fenomeno generale nella regione del Mediterraneo. La causa sta nella circolazione atmosferica a mesoscala che si instaura tra il mare e la costa, caratterizzata da trasporto orizzontale dovuto alla brezza e subsidenza verticale in area costiera [2].

CONCLUSIONI

I valori delle concentrazioni di inquinanti primari sono risultati sistematicamente poco elevati e non si sono discostati da quelli registrati nelle precedenti campagne di misura.
Lo studio dei coefficienti di correlazione, nel caso di località Spagnoletta, dimostra una significativa dipendenza delle concentrazioni di inquinanti primari dai flussi veicolari lungo la strada adiacente, confermando quanto emerso da precedenti campagne di misura delle concentrazioni di benzene lungo i confini e all'interno della tenuta.
I valori particolarmente elevati dei coefficienti di correlazione con il vento proveniente dai quadranti est lasciano ipotizzare un contributo all'inquinamento in località Spagnoletta dovuto al traffico veicolare lungo la via Pontina. Tale ipotesi è suffragata dal valore del coefficiente di correlazione tra il traffico sulla via Pontina e i livelli di inquinamenti in località Spagnoletta con la direzione del vento compresa nel quadrante favorevole della via Pontina coincidente con il quadrante neutro favorevole est di Spagnoletta. Tuttavia la conferma di tale ipotesi si potrà avere solo quando saranno disponibili tutti i dati relativi alle quattro campagne di misura programmate.
E' in corso di messa a punto un modello di diffusone atmosferica per la valutazione delle concentrazioni dei principali inquinanti lungo i bordi e all'interno della tenuta, a partire dalle sorgenti di emissione lungo le strade di confine, ricavate dai volumi di traffico misurati, assunti come significativi dei livelli medi stagionali. La verifica dell'attendibilità dei dati ricavati dal modello verrà eseguita utilizzando la tecnica della dosimetria passiva ormai disponibile per i principali inquinanti.

BIBLIOGRAFIA

[1] Allegrini I. et al.Misura di ozono in prossimità del suolo: rilevamento della dinamica dello strato limite planetario. Progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta di Castelporziano. Seminario tematico G.d.l Atmosfera 22 Novembre 1995
[2] Millan M.M. et al. Photooxidant dynamics in the Mediterranean Basin in summer: results from European research projects. Journal of Geophisycal Research 102, D7,8811-8823, 20 Aprile 1997
[3] Merolli. S. et al. Rilevamento delle concentrazioni di benzene aerodisperso nella tenuta presidenziale di Castelporziano. Progetto di monitoraggio ambientale della tenuta presidenziale di Castelporziano. Rapporto 1997

	I COLOMBO (8-14 Marzo 1999)		II COLOMBO (31 Maggio/6 Giugno 1999)		III COLOMBO (22/28 Luglio 1999)	
CLASSE	CO	NMHC	CO	NMHC	CO	NMHC
F	0.71	0.63			0.71	0.72
NF					0.25	0.26
NS			-0.3	0.1	-0.04	
S	-0.78	-0.63	0.3	0.1		
NFE	0.99	0.99				
NFW	-0.1	-0.2				
NSE	0.5	-0.1				
NSW	-0.4	0.09				

	I PONTINA (8-14 Marzo 1999)		III PONTINA (22/28 Luglio 1999)		II TOR PATERNO (31 Maggio/6 Giugno 1999)	
CLASSE	CO	NMHC	CO	NMHC	IPA	BENZENE
F	0.7	0	0.41	0.53	-0.07	0.01
NF	0.03	-0.5	0.40	0.56	-0.3	0.3
NS	-0.2	0.18	-0.73	-0.67	-0.8	-0.7
S			-0.24	-0.18	-0.56	-0.6
NFE						
NFW						
NSE						
NSW						

Legenda: Classi di direzione del vento:

F Favorevole
NF Neutra Favorevole
NS Neutra Sfavorevole
S Sfavorevole
NFE Neutra Favorevole Est
NFW Neutra Favorevole Ovest
NSE Neutra Sfavorevole Est
NSW Neutra Sfavorevole Ovest

Tabella 1 – Coefficienti di correlazione traffico – inquinanti secondo la classe di direzione del vento

8-14 MARZO 1999

MEDIA ORARIA 58.6 MIN 10.8 MAX 163.6 MEDIANA

M(24h) 58.6

NUMERO DI ORE [O3] > 50 53%
[O3] > 80 28%
[O3] > 100 16%
[O3] > 130 4%

2 GIORNI SU 7 VIENE SUPERATO IL LIMITE DI 65 microg/m3

1-10 GIUGNO 1999

MEDIA ORARIA 67.9 MIN 10.0 MAX 154.0 MEDIANA 70.2

M(24h) 67.1

NUMERO DI ORE [O3] > 50 64%
[O3] > 80 38%
[O3] > 100 20%
[O3] > 130 4%

5 GIORNI SU 10 VIENE SUPERATO IL LIMITE DI 65 microg/m3

21-28 LUGLIO1999

MEDIA ORARIA 78.1 MIN 5.9 MAX 172.2 MEDIANA 80.5

M(24h) 76.6

NUMERO DI ORE [O3] > 50 73%
[O3] > 80 52%
[O3] > 100 23%
[O3] > 130 8%

6 GIORNI SU 7 VIENE SUPERATO IL LIMITE DI 65 microg/m3

10-20 DICEMBRE 1999

MEDIA ORARIA 28.7 MIN 7.0 MAX 67.5 MEDIANA 25.6

M(24h) 25.6

NUMERO DI ORE [O3] > 50 15%

Tabella 2 – Spagnoletta – concentrazione di ozono in aria (microg/m3)

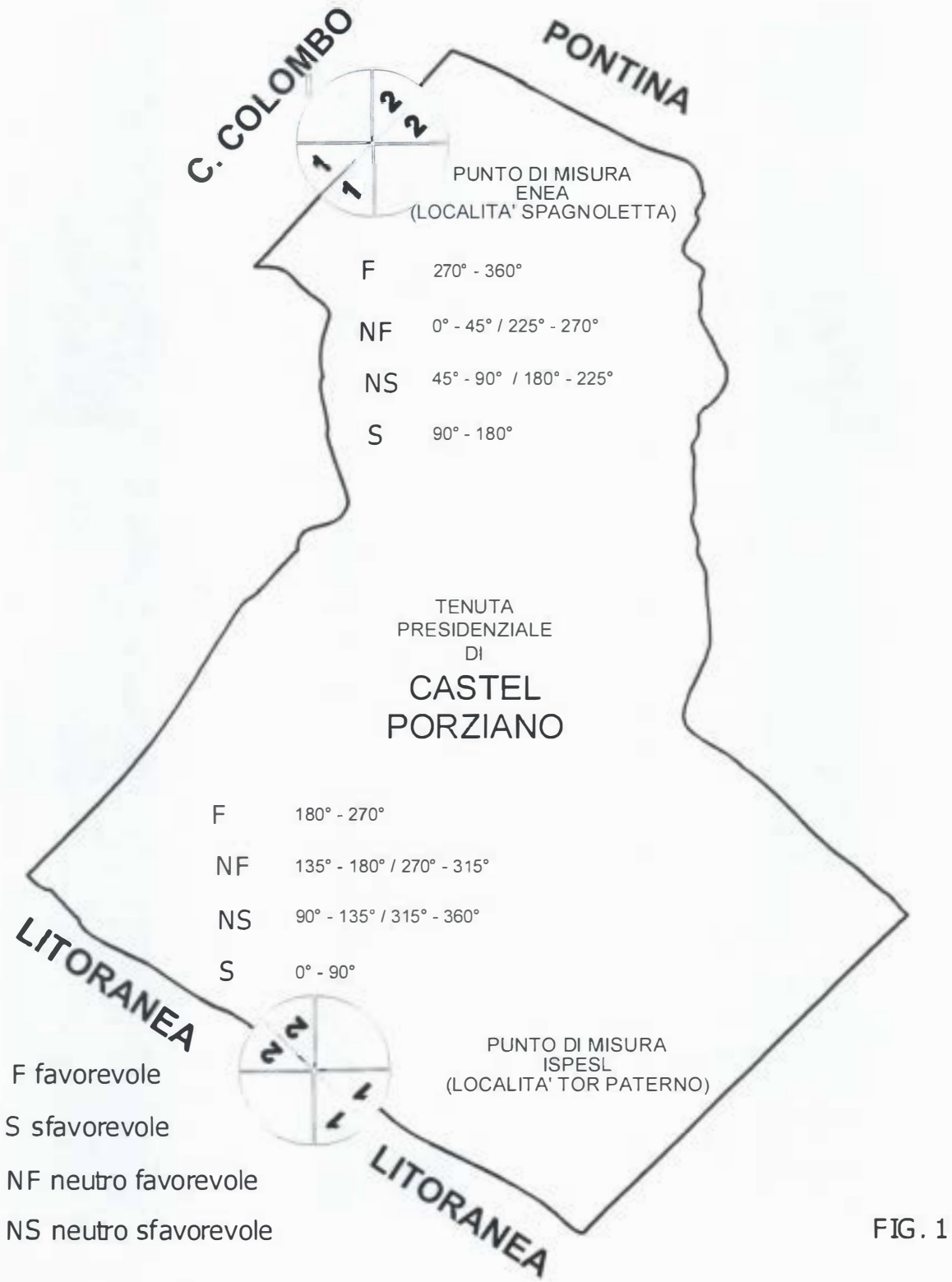


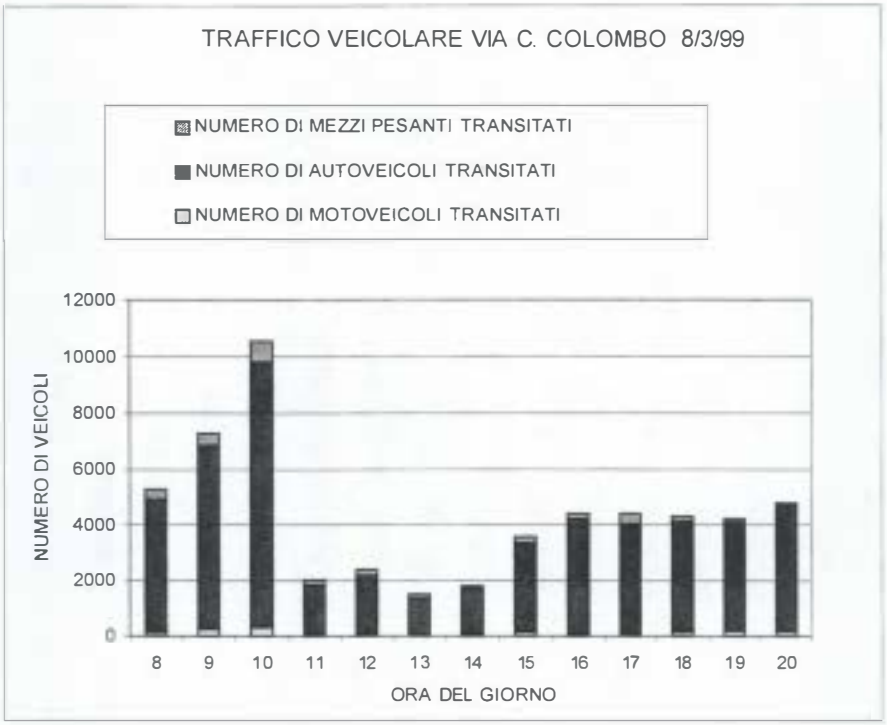
Figura 1 – Suddivisione del set di dati in sottoinsiemi caratterizzati dall'angolo tra la direzione del vento e la direttrice che unisce il punto di misura e il punto più vicino della strada

CAMPAGNE		I 8/3-14/3			II 31/5-6/6		
Traffico orario		min	max	med	min	max	med
COLOMBO	auto	531	9480	3752	480	7050	3528
	moto	6	462	154	12	1029	352
	M.P.	21	910	207	0	606	185
PONTINA	auto	2040	12000	4297	111	5316	3517
	moto	3	234	52	6	582	160
	M.P.	24	870	397	0	831	364
LITORANEA	auto	287	1065	592	0	3292	1071
	moto	0	51	15	0	1620	233
	M.P.	0	150	45	0	132	41

CAMPAGNE		III 22/7-28/7			IV 8/12-15/12		
Traffico orario		min	max	med	min	max	med
COLOMBO	auto	999	9750	3825	990	7515	3762
	moto	45	669	287	12	264	99
	M.P.	12	426	144	24	360	134
PONTINA	auto	2148	6114	4094	750	4470	3147
	moto	51	342	146	0	84	25
	M.P.	30	663	287	18	846	350
LITORANEA	auto	741	1764	1171	348	1107	667
	moto	24	189	95	0	45	14
	M.P.	3	117	45	0	108	46

LEGENDA: Auto – autoveicoli; Moto – motoveicoli; M.P. – mezzi pesanti

Tabella 3 – Tabella riassuntiva del rilevamento del traffico



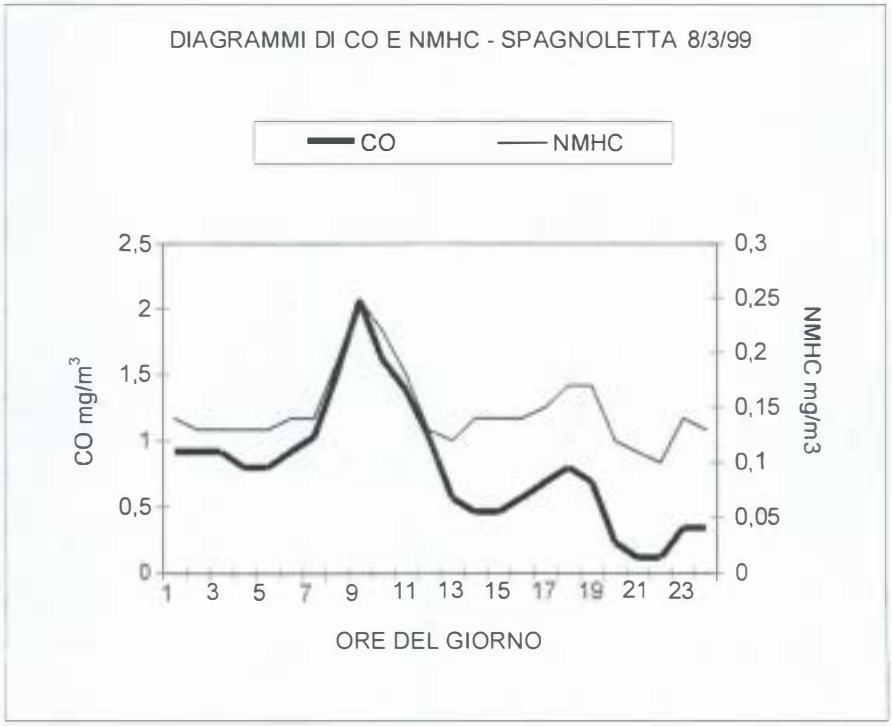
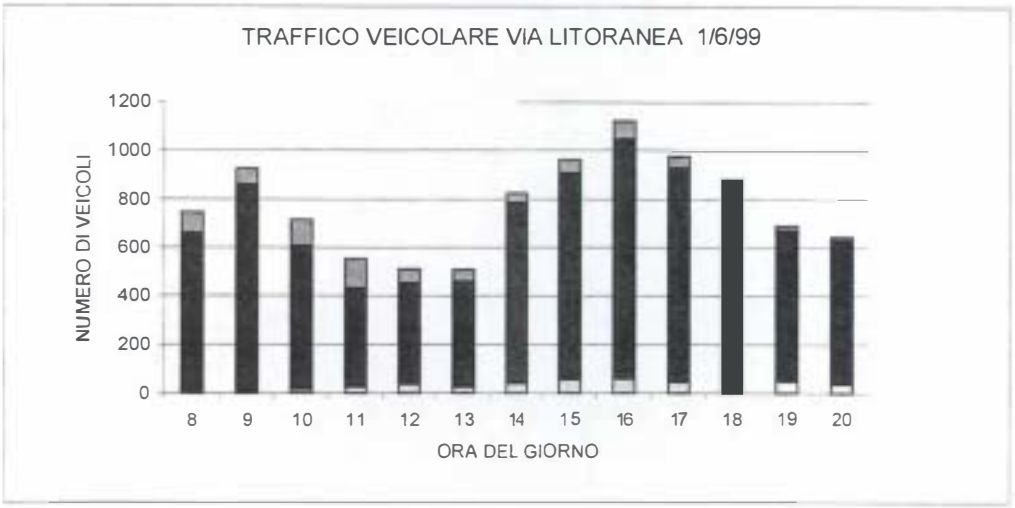


Figura 2 – Andamenti dei flussi di traffico e degli inquinanti CO e NMHC



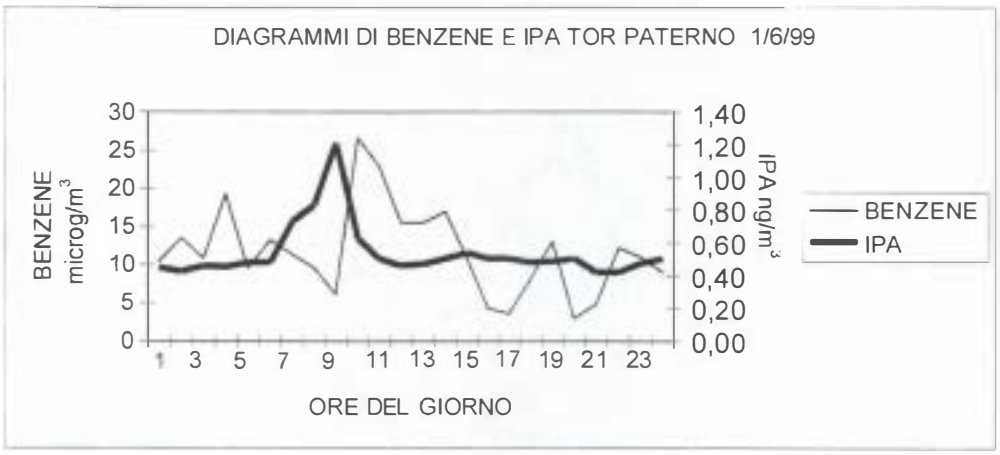


Figura 3 – Andamenti dei flussi di traffico e degli inquinanti benzene e IPA

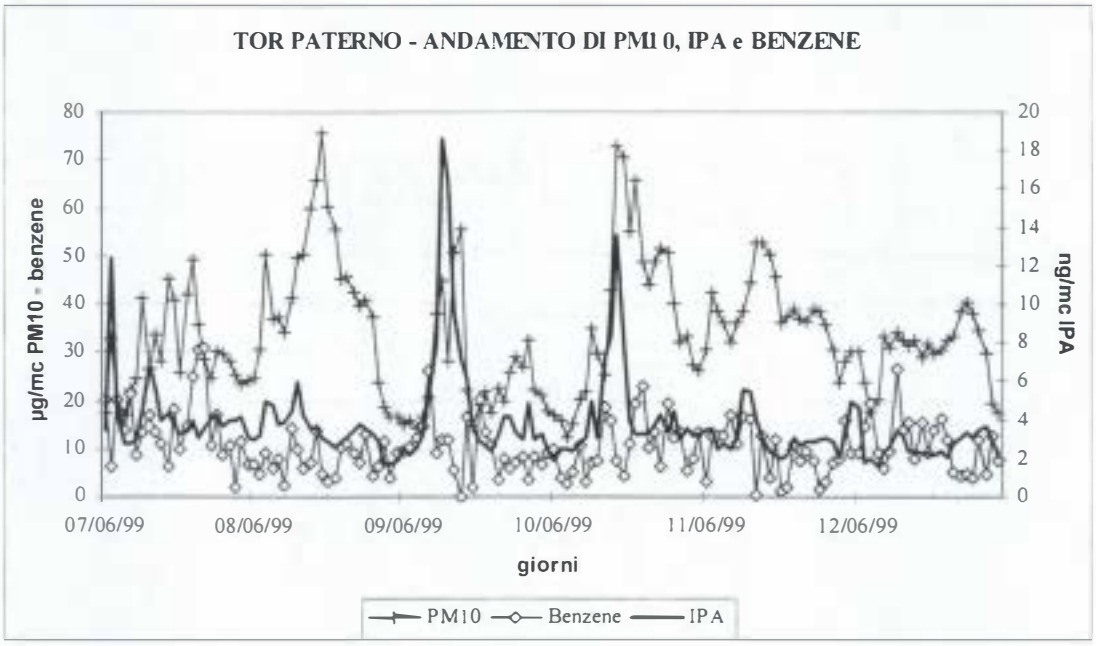


Figura 4 – Confronto tra gli andamenti di IPA, PM10 e Benzene

CASTELPORZIANO – CONCENTRAZIONI ORARIE DI OZONO

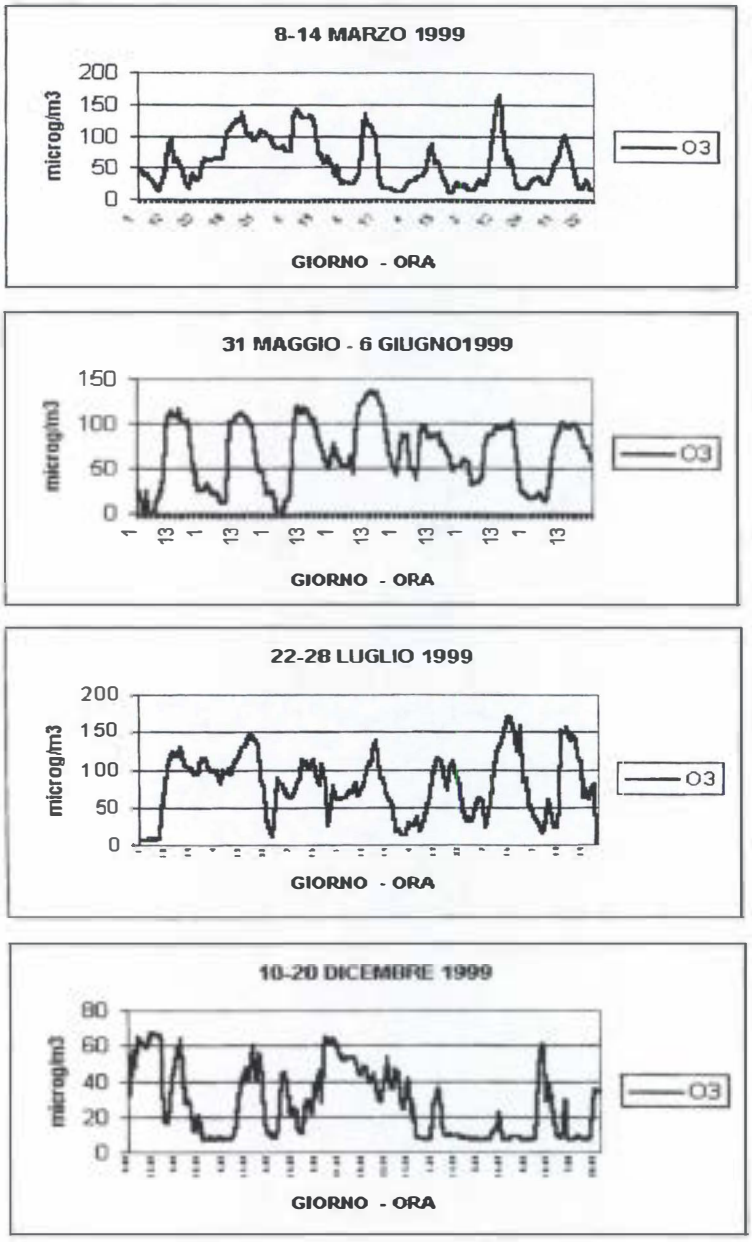
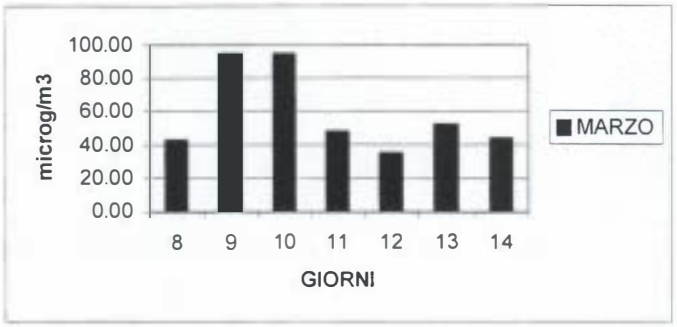
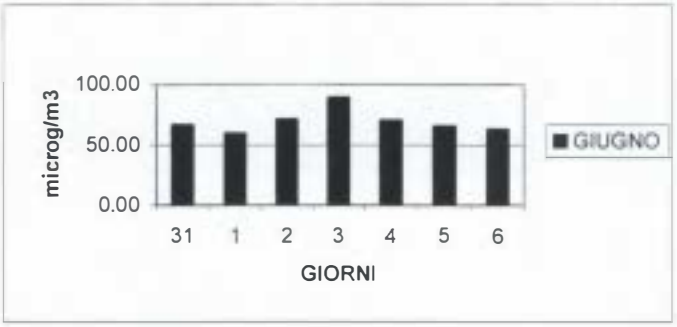
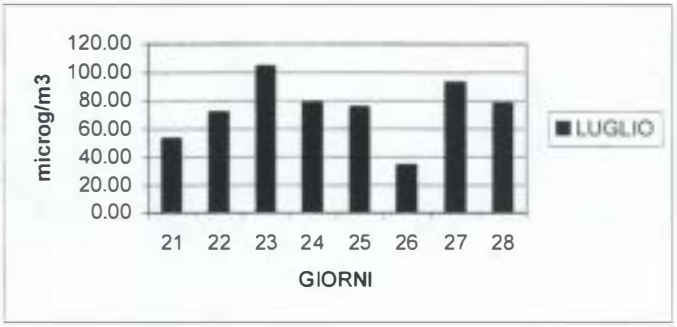


Figura 5 – Concentrazioni orarie di Ozono a Castelporziano







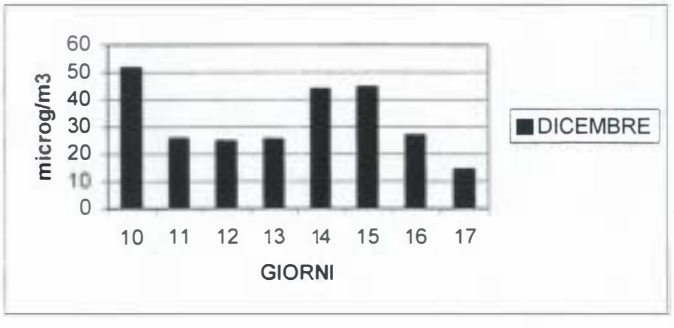


Figura 6 – Concentrazioni giornaliere di Ozono

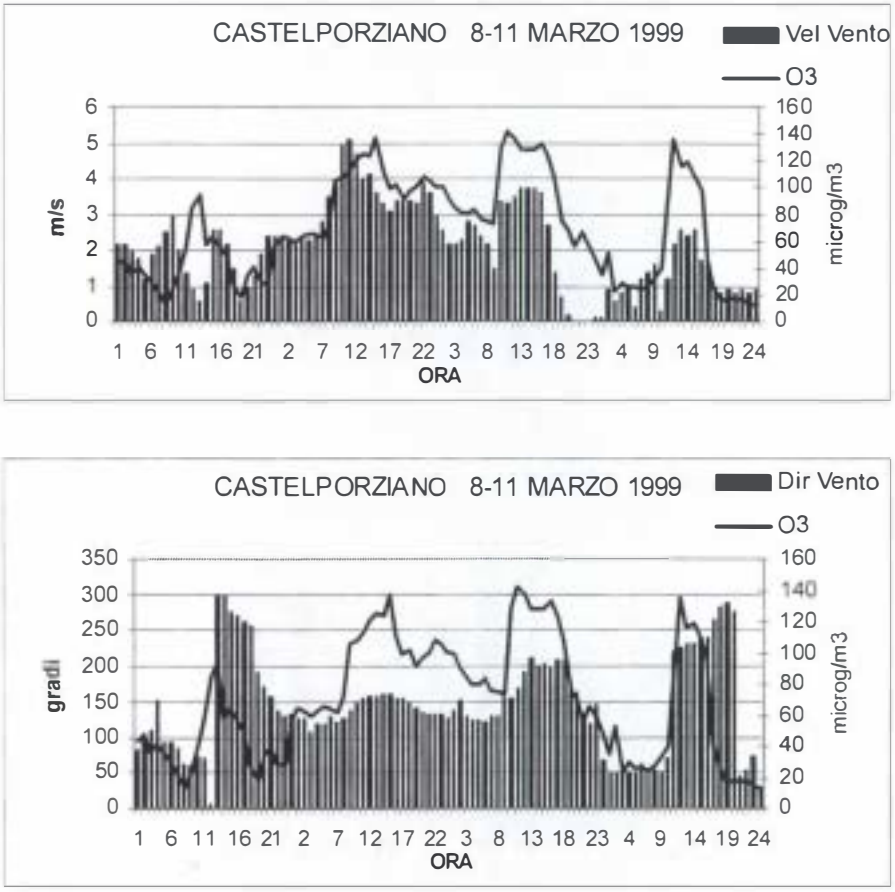


Figura 7 – Castelporziano – episodi di alti livelli di Ozono

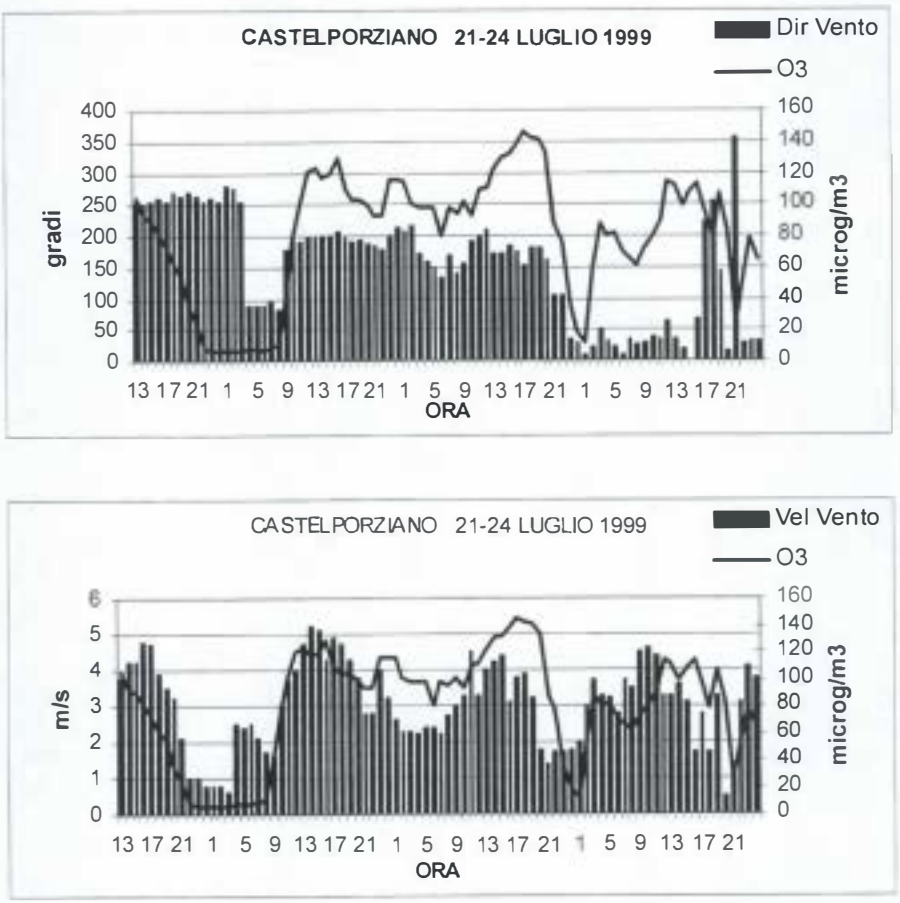


Figura 8 – Castelporziano – Episodi alti livelli di ozono

GRUPPO DI LAVORO	**ATMOSFERA**
TITOLO DELLA RICERCA	I Metalli Pesanti nel Particolato Atmosferico Totale
RESPONSABILE	Prof. L. Morselli
UNITA' OPERATIVA	Ministero dell'Ambiente - Università di Bologna ENEA amb-cat-fral C.R. Bologna
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	L. Morselli, B. Brusori, M. Cecchini, P. Olivieri, D. Silingardi

INTRODUZIONE

Per particolato atmosferico si intendono le particelle presenti in atmosfera con dimensioni comprese tra 0.001 μm e 100 μm, generate mediante processi chimici, fisici e biologici che avvengono sulla superficie terrestre o nell'atmosfera stessa.
I metalli pesanti sono presenti in atmosfera sotto forma di particolato aerotrasportato; le dimensioni delle particelle a cui sono associati i metalli in tracce e la loro composizione chimica dipendono fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione [1].
Le sorgenti del particolato atmosferico possono essere di tipo naturale (polveri, emissioni vulcaniche, incendi, spray marino) o di tipo antropogenico (centrali termoelettriche, traffico veicolare, inceneritori, fumi industriali)
I principali processi responsabili della formazione dal particellato sospeso sono:

1. processi di combustione da cui ha origine materiale particolato la cui composizione varia notevolmente in funzione dei parametri di combustione ed in particolare del tipo di combustibile utilizzato;
2. processi di dispersione in seguito a frammentazione di particelle liquide e solide che portano alla formazione di particolato di dimensioni maggiori al μm (frazione grossolana)
3. processi di conversione che originano particelle di piccole dimensioni attraverso reazioni di condensazione tra sostanze gassose e particellato (frazione fine) [2].

E' noto che molti metalli tossici ed i loro composti sono associati al particolato fine e ciò è molto importante da un punto di vista ambientale sia per gli effetti sull'uomo, attraverso la frazione inalabile, sia per il fatto che tali particelle sono chimicamente reattive e possono venire trasportate dalla sorgente, per lunghe distanze, sino ad aree remote [2,3] provocando fenomeni di inquinamento in zone non fortemente interessate da attività antropogeniche come la Tenuta Presidenziale di Castelporziano.
La Tenuta di Castelporziano rappresenta, infatti, un recettore in cui processi di immissione diretta di tipo antropogenico sono trascurabili per cui i principali fattori responsabili di un eventuale inquinamento dell'atmosfera sono quelli legati ai processi di trasporto a breve e lunga distanza di inquinanti provenienti dalle zone esterne alla Tenuta, e quelli connessi con le condizioni metereologiche locali che influenzano direttamente l'apporto di inquinanti all'interno della Tenuta.
Nel 1998 è stato effettuato uno studio sul contenuto di metalli pesanti nel particolato atmosferico totale (PTS) in due zone interne della Tenuta allo scopo di caratterizzare l'atmosfera in due stazioni che per la loro posizione geografica risultano influenzate in modo diverso dall'apporto di inquinanti provenienti dall'esterno [4].
Durante la campagna del Luglio 99, effettuata nello stesso periodo di quella precedente, sono stati raccolti campioni di PTS in Località Tor Paterno, corrispondente ad una delle stazioni del 98, ed in Località Castello.
Lo scopo di tale campionamento è stato quello di:

- ✓ caratterizzare, dal punto di vista della qualità dell'aria, per quanto riguarda i metalli pesanti, una zona della Tenuta in cui sono presenti attività umane, infatti in località Castello, situata al centro della Tenuta, e nelle immediate vicinanze, si trovano la maggior parte degli uffici, la caserma della Guardia Forestale, i giardini della Tenuta, le serre oltre ad attività di altro tipo;

- ✓ confrontare il contenuto di metalli pesanti nel PTS della stazione di Tor Paterno con quello relativo al 1998, al fine di poter vedere una eventuale variabilità stagionale (annuale). La stazione di Tor Paterno si trova in una zona interna della Tenuta, a circa 300 metri in linea d'aria dal mare ed è influenzata dal regime di brezza marina.

PARTE SPERIMENTALE

Campionamento

In entrambe le stazioni il campionamento ha avuto durata settimanale (da mercoledì a mercoledì) comprendendo anche un fine settimana e ciò al fine di valutare se l'aumento del traffico veicolare dal venerdì alla domenica influenza o meno la qualità dell'aria in Tenuta.
Per il campionamento del particolato totale è stato utilizzato un campionatore ZAMBELLI, costituito da una pompa di aspirazione (flusso 20 l/min.) che convoglia l'aria verso un sistema di bocchettoni in cui sono alloggiati i filtri per la raccolta del campione. Il campionatore è stato programmato per un campionamento automatico giornaliero.
Sono stai utilizzati filtri di nitrato di cellulosa della porosità di 0.45 μm (Millipore) precedentemente trattati [5].
I campioni prelevati sono stati trasportati nel laboratorio dell'ENEA di Bologna dove sono stati sottoposti a mineralizzazione e quindi analizzati per il contenuto in metalli pesanti.

Procedura analitica

Per ottimizzare la procedura analitica sono stati eseguiti in precedenza diversi studi sulle metodologie di mineralizzazione dei filtri [6,7,8,9] e sulla determinazione strumentale della concentrazione dei metalli pesanti [9,10].
Per quanto riguarda la mineralizzazione dei filtri è stata utilizzata la seguente procedura:

- ➢ digestione in bomba teflonata con una miscela costituita da 10 cc di HNO_3+2 cc HF per 5 ore a 150°C;
- ➢ la procedura viene ripetuta utilizzando una miscela acida fresca per un tempo di digestione di 2 ore;
- ➢ entrambe le soluzioni sono portate a volume in un pallone da 100 cc in PE, quindi il campione viene trasferito in una bottiglia sempre in PE e conservato a 4°C sino al momento dell'analisi strumentale.

Tale metodologia è quella che nelle prove preliminari, con un materiale di riferimento (NIST), ha dato le
Sono stati utilizzati reagenti Merck Suprapur ed acqua MilliQ allo scopo di minimizzare ogni possibile contaminazione dovuta ai prodotti chimici utilizzati
L'analisi strumentale è stata eseguita mediante Spettrofotometria di Assorbimento Atomico (AAS) con fornetto di grafite per Cd, Cr, Cu, Ni e Pb, con fiamma per lo Zn utilizzando uno strumento Perkin Elmer mod. 2100.
Per alcuni elementi Cd, Ni e Pb i valori ottenuti sono risultati molto vicini al limite di rilevabilià strumentale ed in particolare per il Cd la maggior parte dei campioni era inferiore a tale limite, come si è verificato anche nei campioni dell'anno precedente.
Allo scopo di poter quantificare il contenuto di tali metalli nei campioni è stata adottata una procedura di preconcentrazione strumentale utilizzando AAS - preconcentrazione per multiple injection GF-AAS - [9,10].
Con tale tecnica la preconcentrazione è realizzata aumentando il volume (da 10 μL a 50 μL) ed il numero di iniezioni (da 1 a 2 per ottenere un fattore di preconcentrazione FP=10, da 1 a 4 per avere FP=20) del campione rispetto al volume ed al numero di iniezioni degli standard utilizzati per ottenere la retta di calibrazione. Il programma termico viene impostato in modo che dopo ogni iniezione, ad eccezione dell'ultima, vengano ripetuti gli step di evaporazione e pretrattamento termico, in modo che l'evaporizzazione del campione avvenga solo alla fine.

RISULTATI E DISCUSSIONE

In Figura 1 sono riportate le concentrazioni relative di PTS raccolto nelle due stazioni di Castello e Tor Paterno in funzione del giorno della settimana in cui è stato prelevato il campione.
In Tabella 1 e Figure 2-3 sono riportati i risultati ottenuti relativamente ai metalli pesanti nei campioni di TPS per la Stazione di Castello; in Tabella 2 e Figure 4-5 quelli per la stazione di Tor Paterno.

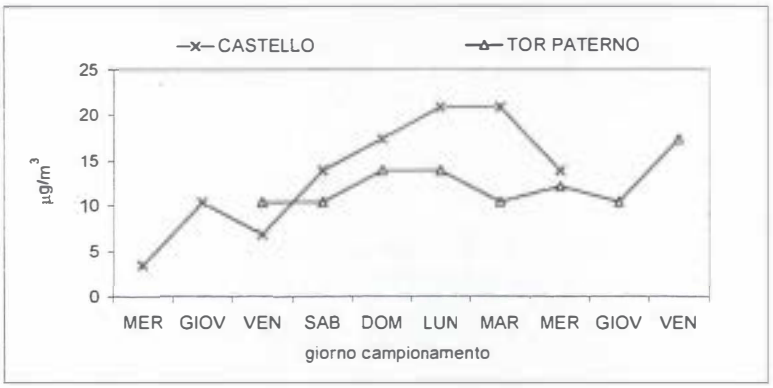


Figura 1 - Andamento della concentrazione del particolato nelle due stazioni di campionamento

La maggior quantità di particolato totale (PTS) trovata nella stazione di Castello rispetto a Tor Paterno probabilmente è dovuta a fenomeni di risospensione delle particelle di polvere a causa della maggior attività umana presente in questa zona della Tenuta.

LOCALITÀ CASTELLO

Data campionamento	Giorno	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
28.07.99	MER	0.57	14.41	11.00	3.60	3.35	200
29.07.99	GIO	0.77	15.19	25.52	14.39	7.24	2020
30.07.99	VEN	0.81	22.27	28.30	12.95	4.07	1524
31.07.99	SAB	0.58	15.02	31.88	8.80	6.81	231
01.08.99	DOM	0.55	18.23	29.23	9.85	5.05	208
02.08.99	LUN	0.84	18.92	37.09	25.74	5.39	302
03.08.99	MAR	2.24	14.64	13.19	2.24	4.50	117
04.08.99	MER	0.49	12.85	18.34	4.72	3.58	29
	MEDIA	**0.86**	**16.44**	**24.32**	**10.28**	**5.00**	**579**

Tabella 1 - Concentrazione (ng/m^3) dei metalli pesanti nei campioni di PTS raccolti in Località CASTELLO

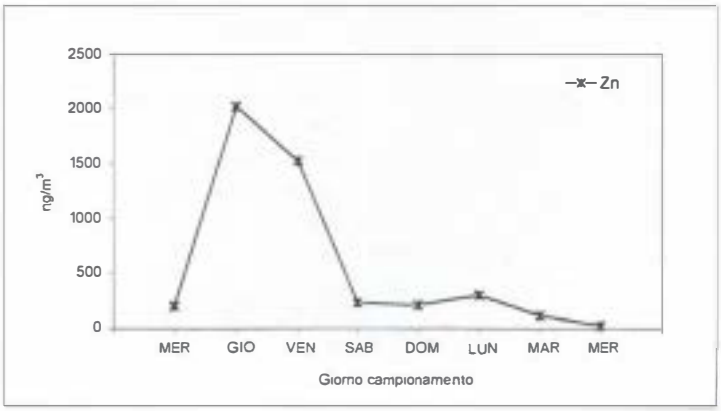


Figura 2 - Andamento dello Zinco

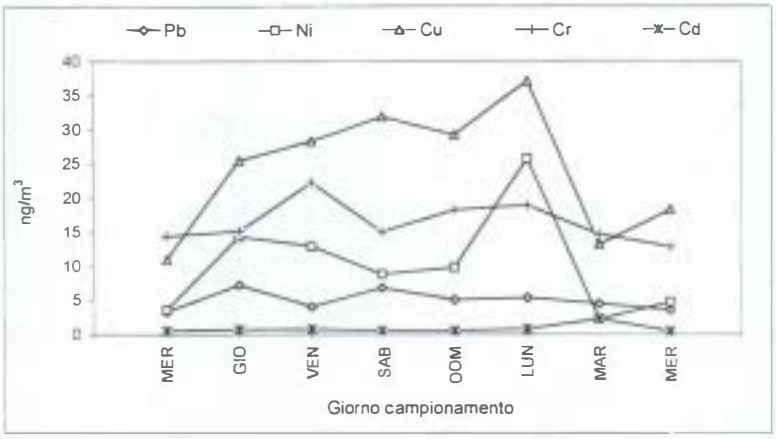


Figura 3 – Andamento del Cd, Cr, Cu, Ni e Pb

LOCALITÀ TOR PATERNO

Data campionamento	Giorno	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
06.08.99	VEN	0.30	22.74	31.57	28.02	3.13	50.6
07.08.99	SAB	0.24	24.52	18.29	16.42	2.60	52.0
08.08.99	DOM	0.41	21.83	35.18	11.31	8.57	79.1
09.08.99	LUN	0.94	39.44	41.15	63.74	11.22	151.7
10.08.99	MAR	0.34	19.79	15.34	14.29	6.77	142.9
11.08.99	MER	0.12	11.71	17.70	6.42	6.77	118.5
12.08.99	GIO	0.30	22.07	21.82	37.65	6.30	136.0
13.08.99	VEN	0.12	43.94	14.47	27.68	5.14	184.7
	MEDIA	**0.34**	**25.76**	**24.46**	**25.69**	**6.28**	**114.4**

Tabella 2 - Concentrazione (ng/m^3) dei metalli pesanti nei campioni di PTS raccolti in Località TOR PATERNO

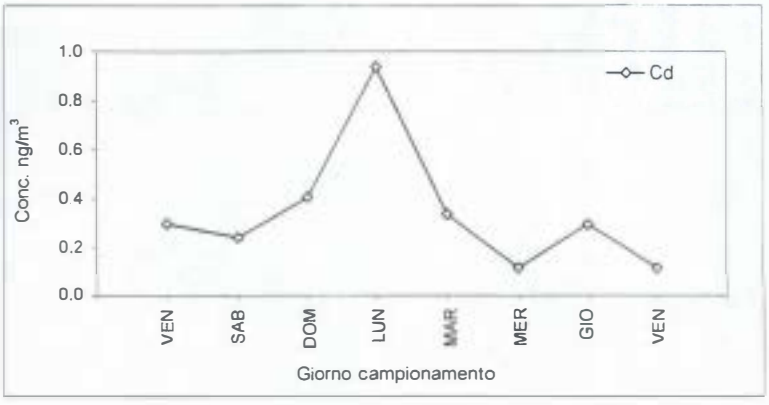


Figura 4 – Andamento del Cadmio

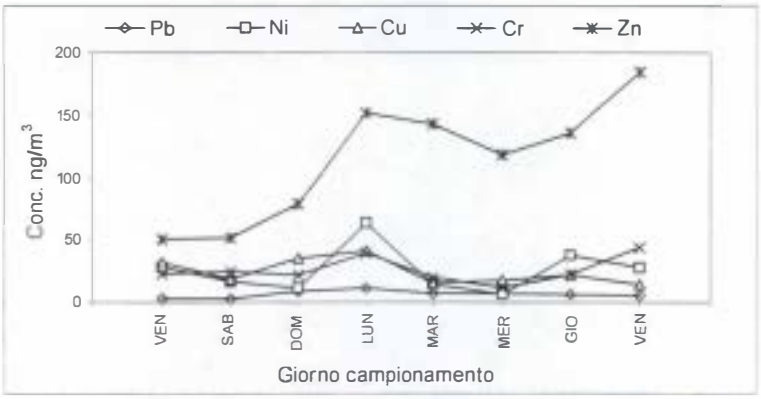


Figura 5 – Andamento del Cr, Cu, Ni, Pb e Zn

I risultati ottenuti mettono in evidenza come la concentrazione dei metalli sia dello ordine di grandezza nelle due stazioni prese in esame, ad esclusione dello Zn che risulta presente in concentrazione maggiore a Castello rispetto a Tor Paterno. In particolare si possono notare, a Castello, due massimi consecutivi estremamente elevati, dovuti probabilmente a fenomeni locali. Anche il Cd risulta presente in quantità sensibilmente superiori a Castello rispetto a Tor Paterno.
In Figura 6 sono confrontati gli andamenti dei vari metalli, in funzione del giorno di campionamento, nelle due stazioni considerate

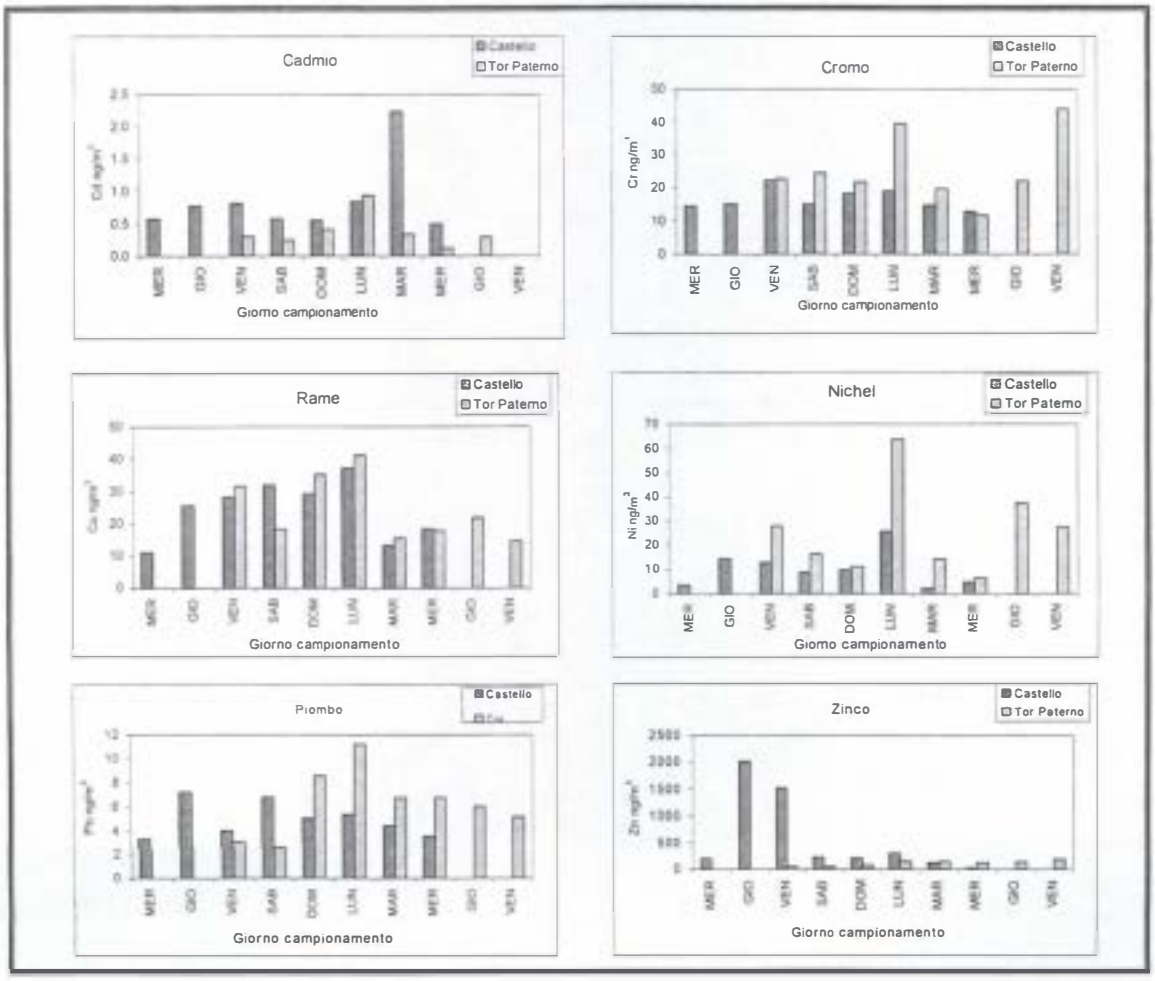


Figura 6 – Confronto degli andamenti dei metalli nelle stazioni campionate.

Ad eccezione di Cd e Zn la concentrazione dei metalli risulta maggiore a Tor Paterno rispetto a Castello con picchi massimi al lunedì, mentre a Castello, tenendo conto dell'anomalia dello Zn, non si evidenziano particolari andamenti. La maggior concentrazione riscontrata nella stazione di Tor Paterno, situata in una zona interna della Tenuta, dove non si svolgono attività particolari può essere spiegata considerando il fatto che essa si trova non lontano dalla strada litoranea che collega Roma con il mare, strada particolarmente frequentata, e che durante il periodo di campionamento la direzione prevalente del vento era da Sud-Ovest, per cui si possono ipotizzare fenomeni di inquinamento da traffico veicolare.
Per la stazione di Tor Paterno è stato possibile seguire un confronto con i valori di concentrazione dei metalli ottenuti nella campagna del 1998, i dati sono riportati in Figura 7.

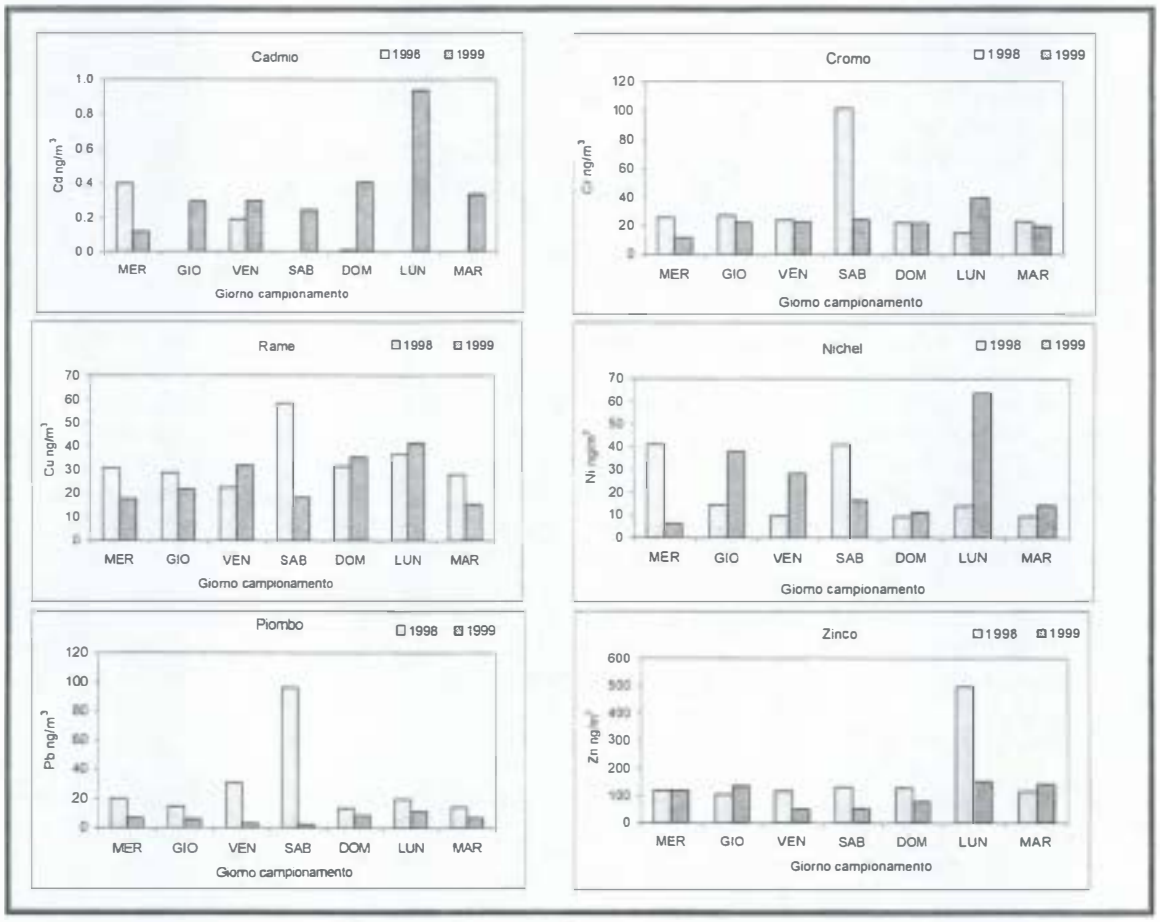


Figura 7 – Confronto degli andamenti dei metalli nella stazione di Tor Paterno per il 1998 e il 1999.

La Figura 7 mette in evidenza come la concentrazione di Pb, Cu, Cr e Zn sia inferiore nel 1999 rispetto all'anno precedente, mentre per quanto riguarda il Cd ed il Ni si ottengono valori superiori, questo non è necessariamente dovuto ad una maggior concentrazione di questi metalli in atmosfera quanto ad un miglioramento metodologico nella loro determinazione analitica, infatti sia il Cd sia il Ni sono stati determinati utilizzando la metodologia di preconcentrazione strumentale multiple injection GF-AAS precedentemente riportata.
I dati del 1999 non presentano, a differenza di quelli dell'anno precedente, dei picchi di concentrazione in corrispondenza del fine settimana.

CONCLUSIONI

Dall'osservazione dei dati sperimentali, relativi alle concentrazioni in aria, esiste una maggior presenza, seppur limitata, esclusi il Cadmio e lo Zinco, di tutti i metalli pesanti in studio nell'atmosfera della località Tor Paterno rispetto alla località Castello, sebbene l'esame dei dati sul particolato totale, nei giorni di campionamento contemporaneo delle due stazioni, indichino una concentrazione di quest'ultimo superiore a Castello.

Questo fatto è legato ad una presenza anomala a Castello di Zinco, con picchi di concentrazione Giovedì 29 e Venerdì 30 Luglio di un fattore 10 più elevati rispetto a Tor Paterno ed in ogni caso rilevanti rispetto agli altri metalli.
Poichè Castello si trova in un'area in cui viene svolta un'attività antropica superiore al resto della tenuta, ovvero nelle vicinanze della stazione sono presenti servizi ed infrastrutture, è possibile ipotizzare una contaminazione casuale per i due metalli Cadmio e Zinco, tra cui la più probabile è collegata alle attività agriculturali, essendo tali metalli presenti in concimi, ammendanti, correttivi ecc..
La presenza di concentrazioni in atmosfera, a volte saltuarie, di contaminanti può trarre origine da fenomeni di tipo locale, dovuti a particolari attività di conduzione della tenuta, alla presenza di visitatori, a condizioni di traffico veicolare più intenso rispetto alla norma.
Anche se di rilevanza non generale, a quest'ultimo si può attribuire la presenza contemporanea di picchi di concentrazione di tutti i metalli a Tor Paterno il Lunedì; a Castello invece, si riscontra un picco di concentrazione per Nichel e Rame il Lunedì, mentre per il Cadmio il picco si presenta il martedì e Piombo e Cromo mostrano escursioni di valori meno evidenti.
Quanto sopra è attribuibile alle caratteristiche diverse dei siti di campionamento, Castello all'interno della tenuta a Nord, Tor Paterno nelle adiacenze della litoranea a Sud, per cui sono più probabili fenomeni di trasporto degli inquinanti da traffico veicolare.
A ciò si aggiunge la direzione prevalente del vento che, provenendo da Sud-Ovest, favorirebbe tali contributi: direzione e velocità del vento selezionano le sorgenti di provenienza e condizionano le modalità di dispersione.
Un confronto con i dati pregressi è possibile solo per la stazione di Tor Paterno, per cui esistono i dati della campagna di monitoraggio relativa al Luglio '98.
E' stato effettuato un confronto tra un set di dati del'98 con uno del '99, evidenziando i giorni della settimana, allo scopo di individuare un effetto "week end". Per il Piombo e lo Zinco, in entrambi i casi a confronto, il massimo rispettivamente del Sabato e del Lunedì, che compariva nei dati '98, non viene riscontrato per il '99, mentre per il Nichel ed il Rame si osserva uno spostamento del picco di concentrazione dal Sabato, nel '98, al Lunedì, nel '99. Per il '99 un incremento della concentrazione del Lunedì rispetto alla Domenica si osserva per Piombo, Rame e ancora più evidentemente per il Cromo.
Il Cadmio presenta valori notevolmente più elevati nel '99, con un deciso picco il Lunedì.
Riassumendo si osserva un calo di concentrazione nel '99 di Piombo, Rame. Cromo e Zinco rispetto all'anno precedente, probabilmente come risultato delle strategia di diminuzione delle emissioni, i massimi di concentrazione tendono a spostarsi dal Sabato alla fine del "week end".

BIBLIOGRAFIA

[1] National Research Council, *Acid deposition. Atmospheric processes in Eastern North America*, National Academy Press, Washington 1983.
[2] D.A. Lundgren, D. Hlaing *Aerosol Science and Technology*, 1996, 25, 353-357.
[3] S.Fuzzi *Il ciclo del particolato atmosferico*, Atti del VI Convegno Nazionale "Inquinamento dell'aria e tecniche di riduzione", 1996.
[4] L. Morselli, L. Barilli, P. Olivieri, M. Cecchini, R. Francaviglia, R. Aromolo, V. Di Carlo, L. Gataleta *I metalli pesanti nel particolato atmosferico totale e nelle deposizioni umide e secche*, Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta di Castelporziano - Rapporto 1998
[5] C.M.Castellani, S. Sassi, E. Trevossoi, G. Vicini *Descrizione delle linee di prelievo e delle metodiche di analisi per la validazione dei dati di qualità dell'aria detreminati mediante un sistema non automatico relativamente a particelle totali sospese ed a elementi in tracce*, Rapporto ENEA – Dipartimento Ambiente RT/AMB/93/01, 1993.
[6] L. Morselli, M. Cecchini, E. Grandi, A. Iannuccilli, L. Barilli, P. Olivieri, *Chemosphere*, 38, 899, 1998.
[7] L. Morselli, L. Barilli, P. Olivieri, E. Tabellini, A. Toschi, *Progetto di Monitoraggio ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1997.*
[8] L. Morselli, L. Barilli, P. Olivieri, M. Cecchini, R. Aromolo, V. Di Carlo, R. Francaviglia, L. Gataleta, *Annali di Chimica*, 89, 739, 1999.
[9] L. Morselli, L. Barilli, P. Olivieri e M. Cecchini *I metalli pesanti nelle deposizioni secche e umide. Procedure di campionamento ed analisi ai fini del calcolo dei carichi critici* XV Congresso Nazionale di Chimica Analitica, Addaura - Mondello (Palermo), 17 Settembre-1 Ottobre 1999
[10] B.Brusori *I metalli pesanti nelle deposizioni atmosferiche secche e umide.* Tesi di laurea Università degli studi di Bologna, (1999)

GRUPPO DI LAVORO	**ATMOSFERA**
TITOLO DELLA RICERCA	I Metalli Pesanti nelle Deposizioni Atmosferiche Dry Risultati di un Trienno di Monitoraggio per la Valutazione della Qualità Ambientale
RESPONSABILE	Dott.ssa R. Francaviglia
UNITA' OPERATIVE	ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali - Università degli Studi di Bologna
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	R. Francaviglia, R. Aromolo, V. Di Carlo, L. Gataleta, L. Morselli

INTRODUZIONE

L'origine dei metalli pesanti che alterano la qualità dell'ambiente è riconducibile a quattro principali fonti, sia naturali, quali il substrato pedogenetico, che antropiche quali le attività industriali, civili ed agricole [1].
I metalli originati dal substrato pedogenetico si possono definire inquinanti geochimici, ma i fenomeni di contaminazione del suolo, attribuibili al materiale originario ed in grado di produrre danni biologici, sono di norma limitati ad aree ristrette.
I fanghi di depurazione delle acque reflue industriali contengono metalli pesanti di tipo e quantità variabili secondo le lavorazioni e la dimensione delle industrie. Spesso il metallo pesante presente in concentrazioni maggiori è lo Zn, seguito da Cu, Pb, Cr e Ni. Le fonderie, le industrie elettrogalvaniche, i processi di fotoincisione, di vulcanizzazione ed, in genere, tutti quelli che utilizzano l'elettrolisi sono tra le maggiori fonti di emissione di metalli pesanti quali Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd e Hg. Gli stessi aerosol ed i fumi di alcune importanti industrie, come le fonderie e le raffinerie, sono un'altra fonte di inquinamento industriale.
I metalli pesanti provenienti dalle attività civili si ritrovano nella fase gassosa dei combustibili utilizzati per il riscaldamento, nei fumi degli inceneritori od in seguito al traffico veicolare. Per combustione dei carburanti e dei lubrificanti si diffondono prevalentemente Pb e Cd, mentre dal consumo dei pneumatici si liberano soprattutto Cd e Zn. I metalli pesanti derivanti dai prodotti utilizzati quotidianamente dall'uomo e quelli derivanti dalla corrosione delle tubature si raccolgono nelle acque di scarico e si concentrano quindi nei fanghi di depurazione.
Alcune attività tipicamente agricole possono costituire una fonte di inquinamento di metalli pesanti per i suoli. Più del 10 % dei fungicidi e degli insetticidi utilizzati anni fa apportavano Cu, Hg, Mn, Pb e Zn. I liquami suini contenevano notevoli quantità di Zn e Cu, che un tempo entravano nella dieta alimentare come integratori e si accumulavano nelle feci. Infine gli stessi concimi chimici contengono Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn, che derivano sia dalle materie prime sia dai processi industriali. Tra questi i perfosfati risultano particolarmente indiziati per il loro possibile apporto di Cd e Pb.
I metalli pesanti e i loro composti, raggiunta l'atmosfera, si associano con il particolato atmosferico e sono trasportati al suolo con le deposizioni dry (per diffusione e moti Browniani del particolato, sedimentazione ed impatto), le deposizioni wet (precipitazioni atmosferiche incluso il washout ed il rainout) e le acque meteoriche che dilavano le deposizioni dry sulla vegetazione (stem flow). L'importanza di un approccio integrato [2, 3] risiede nel fatto che le chiome degli alberi agiscono da collegamento tra le deposizioni atmosferiche umide e secche ed il suolo che, a sua volta, riceve anche l'acqua di dilavamento delle chiome (stem flow). Infatti, le acque di precipitazione che raggiungono il suolo attraverso le chiome possono arricchirsi di alcuni elementi cationici, tra cui i metalli pesanti, rispetto alla concentrazione delle piogge, ma buona parte del materiale che arriva al suolo con l'acqua di dilavamento deriva direttamente dalle particelle depositate in forma secca sulla vegetazione. Studi preliminari indicano comunque che i valori di concentrazione delle deposizioni secche sono superiori, come ordine di grandezza, anche di oltre un fattore 100 rispetto a quelli delle acque di dilavamento.

Infatti con le deposizioni secche si raccoglie tutto il particolato che ricade al suolo, mentre per le acque di dilavamento si deve tenere conto della capacità di trattenuta del materiale depositato, che dipende dal tipo di chioma e di fogliame degli alberi. Le concentrazioni delle deposizioni umide sono invece paragonabili a quelle delle acque di dilavamento.
Una volta rimosse le forme di inquinamento, l'atmosfera e le acque si decontaminano in termini relativamente brevi; il terreno invece, pur possedendo un elevato potere di autodepurazione, rimane contaminato per tempi assai più lunghi. Le informazioni deducibili da una stima dei metalli pesanti che raggiungono il suolo con i suddetti meccanismi, sono quindi cruciali per la valutazione della qualità di un ambiente, in quanto le particelle a cui tali metalli sono associati sono chimicamente reattive e possono essere trasportate dalla sorgente, per lunghe distanze, fino ad aree remote e non interessate da attività antropiche come la Tenuta Presidenziale di Castelporziano.
Con lo scopo di valutare l'impatto ambientale che sorgenti esterne hanno sulla Tenuta stessa, lo studio è stato indirizzato alla determinazione dei metalli pesanti nelle deposizioni atmosferiche dry, in particolare Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn.

PARTE SPERIMENTALE

Per il campionamento delle deposizioni *dry* è stato utilizzato un campionatore Das (Dry Deposition on Acquatic Surface) che espone all'atmosfera una superficie surrogata costituita da uno strato di acqua di area pari a 0.0531 m^2. Più precisamente il DAS (Figura 1) è formato da un recipiente in cui l'acqua viene mantenuta ad un livello costante di 2 cm per la raccolta delle deposizioni dry, ed equipaggiato con un sensore di pioggia che chiude automaticamente il recipiente in caso di pioggia. Precedenti esperienze hanno evidenziato una maggiore efficacia -pari a circa tre volte- dell'acqua come superficie surrogata, rispetto ad una superficie solida, nella cattura del materiale particellare [3, 4].
Il campionatore è situato all'interno della Tenuta in località Tor Paterno e i prelevamenti si riferiscono al periodo febbraio 1997 - dicembre 1999. Le determinazioni analitiche dei metalli, previa mineralizzazione in ambiente acido (HNO_3) dei filtri e del residuo secco del filtrato, sono state eseguite mediante spettrometria al plasma (ICP).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Data la disponibilità di una serie triennale di dati di monitoraggio, è stata eseguita una valutazione approfondita dei flussi dei metalli pesanti nelle deposizioni dry. Va comunque evidenziato prima di tutto che nessuno dei metalli considerati ha presentato un andamento spiccatamente crescente o decrescente durante il periodo considerato, come risulta dalla Tabella 1. Cr, Ni, Pb e Zn hanno avuto il massimo assoluto nel 1998, Cd e Cu nel 1999. In particolare i valori massimi sono stati riscontrati in febbraio-marzo 1998 per Pb e Zn, in novembre 1998 per Ni e Cr e in settembre 1999 per Cd e Cu.
Analizzando i flussi mensili delle deposizioni dry, mediamente Pb e Zn hanno presentato un massimo in febbraio-marzo (con il 12 e il 19 % del flusso di deposizione totale FDT media annuale) e uno a luglio (11 % del FDT). Il primo massimo è però dovuto in massima parte al picco del 1998, che non è stato riscontrato negli altri anni. Sempre nel 1998, i flussi dei due metalli si sono attestati su valori molto elevati da gennaio a maggio-giugno.
Cd e Cu hanno avuto in media un primo massimo in settembre (20 e 15 % del FDT) seguito da altri picchi in febbraio-marzo (12-13 % del FDT) e giugno-luglio (10-12 % del FDT). Tendenzialmente i due metalli presentano un andamento paragonabile, con massimi assoluti in settembre 1999.
Cr e Ni hanno presentato mediamente un massimo in novembre (21 e 16 % del FDT) e uno in marzo (20 e 14 % del FDT), con andamenti medi di deposizione abbastanza corrispondenti. Il massimo assoluto è stato riscontrato in novembre 1998, ma anche la deposizione di dicembre dello stesso anno è stata molto elevata.
Lo Zn è il metallo presente in quantità superiore rispetto agli altri metalli, di 2-4 volte rispetto a Cr, Ni, Pb e Cu, di circa 120 volte rispetto al Cd (Figura 3).
Rispetto a studi preliminari effettuati nel 1997 nello stesso sito [2, 3, 6], dal 1998 si è avuto un aumento dei flussi di deposizione di Cr e Ni che, ad eccezione del picco del rame del 1999 dovuto in larga parte al valore di settembre 1999 di cui si è già accennato, hanno superato mediamente quelli di Pb e Cu. Il fenomeno potrebbe essere spiegato dall'aumento delle emissioni dovute all'uso di oli combustibili e carbone nelle centrali termo-elettriche ed all'incenerimento di rifiuti.
Di particolare rilevanza è stato l'aumento della deposizione di Cd e Cu che si è verificato in settembre del 1999, e che è da ritenere un indicatore di sorgente di emissione con una notevole potenzialità di

contaminazione. Le cause probabili sono i trattamenti anticrittogamici su terreni adiacenti alla Tenuta (per il rame), ma anche la combustione di oli e carbone nelle centrali termo-elettriche e l'incenerimento di rifiuti, come nel caso di Cr e Ni.
Dal confronto con l'altro sito di campionamento all'interno della Tenuta in località Castello, per il quale è iniziato il monitoraggio durante il 1999, il flusso di deposizione totale dello Zn e del Pb è lievemente superiore a Castello, mentre Cr, Ni e Cu risultano superiori a Tor Paterno.
Ulteriori approfondimenti potranno derivare dalla prosecuzione del monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, e dallo studio delle correlazioni tra le concentrazioni dei metalli pesanti e la direzione del vento prevalente durante il periodo di campionamento.
I risultati descritti, unitamente a quelli riportati in questo ed altri report relativamente ai metalli pesanti in altre matrici ambientali quali il particolato atmosferico (PM10, PTS), il suolo e le acque di dilavamento della chioma degli alberi, consentiranno di definire una metodologia di studio da esportare ad altre realtà.

BIBLIOGRAFIA

[1] Sequi P., La chimica del suolo, Patron Editore, 1988.
[2] Aromolo R., Benedetti A., Fiorelli F., Francaviglia R., Gataleta L., Marchionni M., Morselli L. Approccio metodologico allo studio integrato dei metalli pesanti nell'ambiente. Atti della Conferenza Organizzativa Inquinamento del suolo da metalli pesanti, pag. 8. Sassari, 6-7 maggio, 1999.
[3] Francaviglia R., Morselli L., Benedetti A., Aromolo R., Gataleta L., Marchionni M.. Studio integrato sulla presenza dei metalli pesanti in un'area protetta. VI Congresso Nazionale di Chimica Ambientale SCI, Rimini, 6-8 giugno, 2000.
[4] Morselli L., Cecchini M., Grandi E., Iannuccilli A., Barilli L., Olivieri P., Heavy metals in atmospheric surrogate dry deposition, Chemosphere, 38, 899-907, 1998.
[5] Morselli L., Barilli L., Olivieri P., Cecchini M., Aromolo R., Di Carlo V., Francaviglia R., Gataleta L., Heavy metals determination in dry surrogate depositions. Characterization of an urban and a natural site. Annali di Chimica, 89, 739-746, 1999.
[6] Morselli L., Barilli L., Olivieri P., Cecchini M., Francaviglia R., Aromolo R., Di Carlo V., Gataleta L., I metalli pesanti nel particolato atmosferico totale e nelle deposizioni umide e secche. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1998.

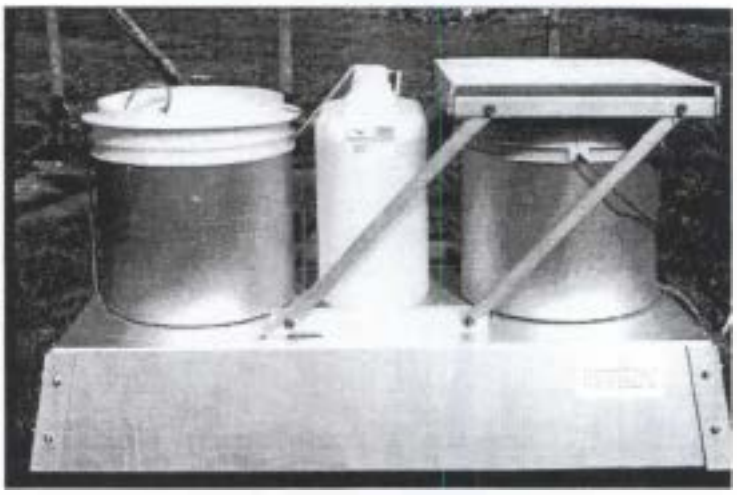


Figura 1 - Campionatore DAS

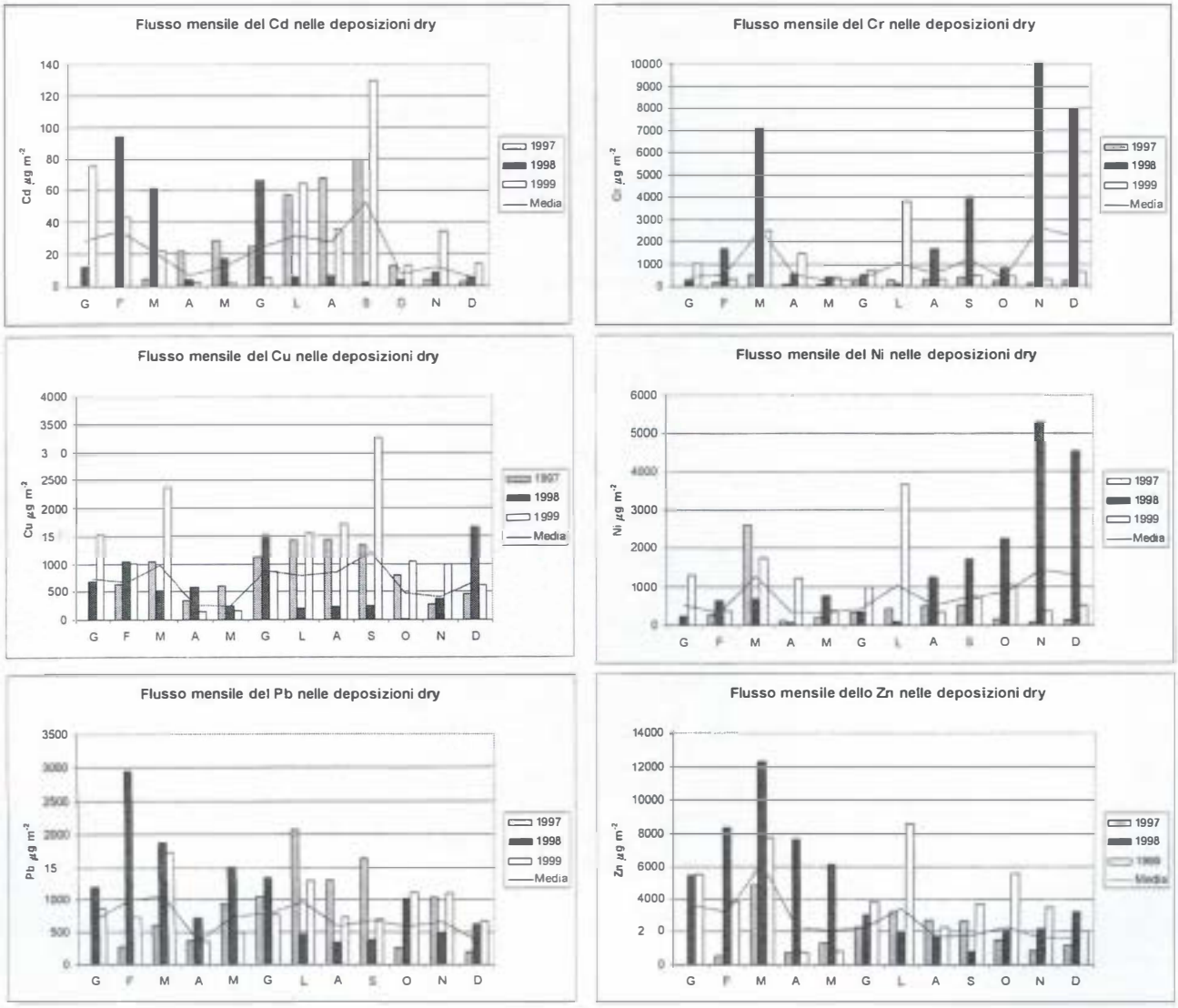


Figura 2 - Andamento mensile del flusso dei metalli pesanti nelle deposizioni dry.

Anni	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1997	303	2713	9439	5355	9718	21917
1998	287	**35316**	7332	**17875**	**12946**	**55150**
1999	**442**	12459	**15227**	12688	10527	48358
Media	265	12728	8184	9108	8470	32271

Tabella 1 - Flussi annuali dei metalli pesanti nelle deposizioni dry in $\mu g\ m^{-2}$.

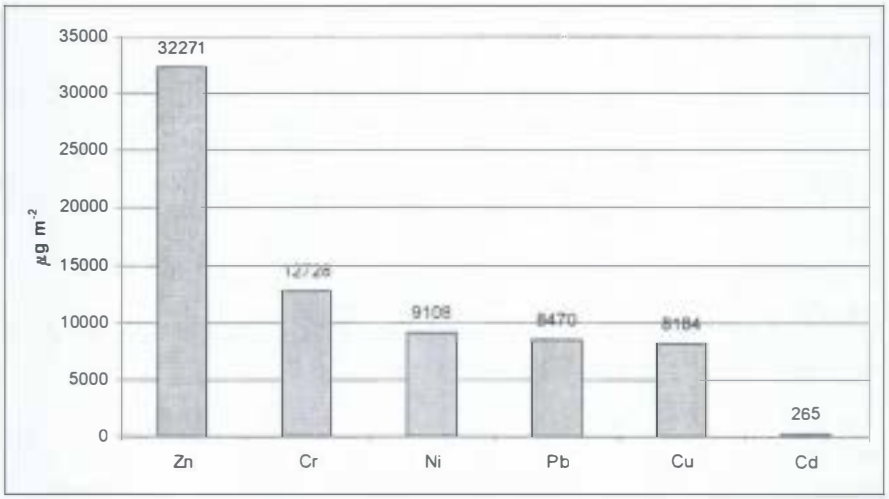


Figura 3 - Flussi medi annuali dei metalli pesanti nelle deposizioni dry di Tor Paterno.

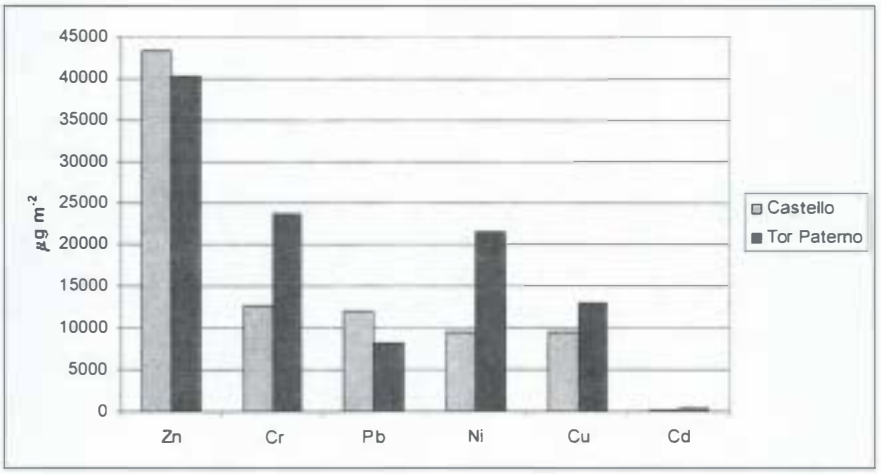


Figura 4 - Confronto tra le stazioni di Castello e Tor Paterno (1999).

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
UNITA' OPERATIVA	Università degli Studi di Bologna – Ministero dell'Ambiente – Roma

CONCLUSIONE

Questo capitolo conclude praticamente le ricerche di cinque anni di monitoraggio dell'atmosfera utilizzando i più diversi sistemi di controllo e di indagine:

- Telerilevamento allo scopo di analizzare il territorio per rilevare la frammentazione e i cambiamenti nel tempo degli Habitat dovuti anche al degrado causato dagli inquinanti atmosferici;
- Monitoraggio dei macroinquinanti (CO, SO_2, NMHC, NO_x, O_3,) e dei microinquinanti (metalli pesanti, PTS, PM10, PAN, benzene e IPA) con mezzi mobili in campagne stagionali diversificate negli anni;
- Caratterizzazione del materiale particellare sospeso con la determinazione della concentrazione dei metalli pesanti;
- Studio di un modello di formazione dell'Ozono con l'individuazione delle sorgenti e delle modalità di trasporto degli inquinanti o dei precursori in Tenuta;
- Studio delle deposizioni secche e umide finalizzato al calcolo dei flussi e alla mappatura delle eccedenze di acidità rispetto al Carico Critico inteso come la quantità limite di inquinante che un ecosistema può tollerare.

L'inserimento dei dati nel SITAC ha comportato una banca dati con un inventario dei diversi contaminanti ed il loro range di presenza per un confronto diretto con altre realtà ambientali: aree urbane o aree protette quali la Tenuta di Castelporziano.

L'aspetto significativo risulta però essere la creazione di mappe georeferenziate contenenti numerosi indicatori ambientali che ben si possono correlare con altri comparti ambientali.

Gli strumenti di indagine adottati hanno già comportato integrazione dei risultati ottenuti da altri G.d.L. quali ad esempio la distribuzione dei metalli pesanti nei diversi comparti ambientali, l'influenza dell'impatto antropico dovuto al traffico veicolare delle arterie che circondano la Tenuta ed influenti sulla qualità dell'atmosfera stessa, la correlazione tra indici di stress idrico e biomassa con la presenza dell'ozono (a livelli superiori ai limiti previsti per il 50% dei dati nei mesi di giugno e luglio) causa di degrado della vegetazione.

Di certo il quinquennale Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano e relativo SITAC non potrà terminare con una semplice acquisizione dei dati, sarà utile un tempo per l'elaborazione e per la formulazione di uno sviluppo futuro.

I primi criteri che sorgono per uno sviluppo futuro del monitoraggio dell'atmosfera in tenuta sono:

- Inquinamento e caratterizzazione della qualità dell'atmosfera. La creazione di una struttura fissa di monitoraggio in continuo con una prima elaborazione dati dei principali inquinanti quali indicatori della qualità dell'atmosfera per la loro valenza di aggressività chimica e la loro pericolosità (O_3, SO_x, NO_x, Cl^-, CO, PM10, PM5, PM2,5, IPA) e con campagne studio per inquinanti traccianti della contaminazione come benzene e metalli pesanti.
- Caratterizzazione delle deposizioni secche e umide che comporta un primo aspetto di interazione e verifica del rischio in relazione alla vulnerabilità del territorio.
- Campagne di telerilevamento e studio dei trends dei vari indici di stress idrico, biomassa,....

Occorre una progettualità nuova, avanzata che si colleghi parimenti con indicatori ambientali del suolo, idrogeologia, vegetazione, fauna e impatto antropico.

PROGETTO DI MONITORAGGIO
AMBIENTALE DELLA TENUTA
PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

TENUTA DI CASTELPORZIANO
RAPPORTO 1999

GRUPPO DI LAVORO

SUOLO

Responsabile: Prof. Paolo Sequi

UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI

ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma
Sezione di Nutrizione Azotata e Microbiologia del Suolo
A. Benedetti , F. Alianiello, M. Marchionni, F. Fiorelli, F Baroccio

ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro - Roma
M. Villarini, C Riccardi

ISSDS - Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo- Firenze
M. Pagliai, O. Grasselli, N. Vignozzi

Tenuta Presidenziale di Castelporziano
A. Tinelli

Università degli Studi di Bologna - Ministero dell'Ambiente
L. Morselli

GRUPPO DI LAVORO	**SUOLO**
TITOLO DELLA RICERCA	Studio e Gestione del Ciclo della Sostanza Organica del Suolo in Ambiente Mediterraneo ed Uso di Indicatori Biochimici di Impatto Ambientale
RESPONSABILE	Prof. P. Sequi
UNITA' OPERATIVE	ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma ISPESL - Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente - Roma ISSDS - Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo - Firenze Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma Università degli Studi di Bologna / Ministero dell'Ambiente - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Benedetti, M. Marchionni, F. Fiorelli, F. Alianiello, F. Baroccio, M. Villarini, C. Riccardi, M. Pagliai, O. Grasselli, N. Vignozzi, A. Tinelli, L. Morselli

INTRODUZIONE

Il suolo è il comparto ambientale che tipicamente interagisce con tutti gli altri ed è per sua natura il nodo degli equilibri ambientali. Esemplificazione delle interazioni che si possono realizzare tra il comparto suolo e gli altri comparti sono le collaborazioni che il G.d.L. Suolo ha intrapreso con gli altri G.d.L. nel corso del Progetto di Monitoraggio ed in particolare nel 1999, impegnandosi nella elaborazione dei dati raccolti precedentemente e nella stesura dei lavori, alcuni dei quali tuttora in corso (Tabella 1).
La Presentazione dei risultati del Progetto al Presidente della Repubblica avvenuta al Quirinale il 19 marzo 1999 ha costituito una propizia occasione per ulteriori interscambi con i ricercatori degli altri gruppi di lavoro, fornendo nuovi spunti sia di approfondimento di indagine, per cui si auspica un proseguimento del lavoro oltre il quinquennio previsto dal Progetto, che di elaborazione integrata dei risultati. Da questo interscambio di conoscenze sono emersi risultati di cui si riporta di seguito qualche esempio.

Collaborazione con il G.d.L. **ATMOSFERA** (L. Morselli, R. Francaviglia, L. Gataleta)

- *Approccio metodologico allo studio integrato dei metalli pesanti nell'ambiente*
- *Valutazione interdisciplinare della vulnerabilità all'acidificazione e della qualità dei suoli nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano*

Collaborazione con il G.d.L. **FAUNA** (S. Focardi, D. Monetti)

- *Effetto del rooting del cinghiale (Sus scrofa majori* De Beaux e Festa, 1927*) sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo in ambiente mediterraneo*

Collaborazione con il G.d.L. **IMPATTO ANTROPICO** (A. Tinelli, F. A. Biondi, C. Di Dio, N. Miclaus, M.T. Ceccherini)

- *Carta geopedologica*
- *Effetto del pascolo degli animali domestici e selvatici sulla fertilità fisica, chimica e biologica del suolo*
- *Effetto dell'inquinamento da traffico veicolare su attività e diversità microbiche del suolo*

Collaborazione con il G.d.L. **VEGETAZIONE** (M. Bianco, P. Tescarollo)

- *Influenza delle caratteristiche chimiche del suolo sulla vegetazione*

Collaborazione con il G.d.L. **SITAC** (A.B. Della Rocca, A. Folletto)

- Realizzazione delle carte tematiche relative alla fertilità fisica, chimica e biologica dei suoli ed agli inquinanti per la Tenuta di Castelporziano

Tabella 1 – Tematiche affrontate dal G.d.L. Suolo in collaborazione con gli altri G.d.L.

SUOLO E ATMOSFERA

Con il GdL Atmosfera sono stati condotti studi dell'impatto sul suolo dovuto all'acidificazione da deposizioni atmosferiche.
Il monitoraggio ambientale negli anni 1992-97 ha consentito di determinare l'eccedenza delle deposizioni rispetto ai carichi critici di acidità. Per definizione il carico critico (CL) è la quantità di una data sostanza che un comparto ambientale può tollerare senza che si verifichino effetti negativi. Comunemente il CL esprime una quantità di sostanza inquinante, riferita ad una superficie e ad un intervallo temporale, ed è un concetto applicabile alla maggior parte degli inquinanti atmosferici. Il termine eccedenza sta ad indicare l'eccesso delle deposizioni atmosferiche rispetto ai carichi critici. I carichi critici sono suddivisi in 5 classi con livello crescente di sensibilità: >2000, 1000-2000, 500-1000, 200-500 e 0-200 eq H^+ ha^{-1}. Le eccedenze delle deposizioni sono invece divise in 6 classi con livello crescente di eccedenza: <0, 0-200, 200-500, 500-1000, 1000-2000 e >2000 eq H^+ ha^{-1} $anno^{-1}$.
La qualità del suolo ed il suo eventuale stato di degrado sono stati caratterizzati prevalentemente tramite parametri chimici (contenuto di sostanza organica e relativi parametri di umificazione per verificare la capacità del suolo di conservare la fertilità biologica) ed indicatori biochimici, che consentono di rilevare eventuali situazioni di alterazione essendo sensibili rilevatori di stress (rapporto percentuale tra il carbonio della biomassa microbica e il carbonio organico totale TOC, che rappresenta un controllo interno dell'ecosistema suolo, e respirazione specifica della biomassa). L'eccedenza di acidità delle deposizioni atmosferiche rispetto ai carichi critici rientra nelle prime tre classi, con i minori apporti nell'area a Macchia Mediterranea e Lecceta e quelli maggiori nell'area a Pineta. Quest'ultima risulta dunque la più vulnerabile sotto quest'aspetto; il metabolismo dei microrganismi del suolo appare inoltre alterato il che determina un aumento nella vulnerabilità dell'ecosistema Pineta (Aromolo *et al.*, 1999a).
Per quanto riguarda i metalli pesanti apportati al suolo con le deposizioni atmosferiche, dalle analisi condotte nei siti di monitoraggio permanente in collaborazione con l'U.O. dell'I.S.P.E.S.L., è risultato che la copertura vegetale può presentare un forte potere di ritenzione di questi inquinanti, essendo la concentrazione dei metalli pesanti nelle acque meteoriche che dilavano gli alberi in studio di 1-2 ordini di grandezza inferiore a quella delle deposizioni secche (Aromolo *et al.*, 1999b). Tuttavia è stato rilevato un arricchimento in metalli pesanti nelle acque di dilavamento di *Quercus ilex*, molto evidente per il piombo, in corrispondenza dei siti nelle località Ortaccio e Spagnoletta, adiacenti alle vie ad alto scorrimento veicolare Pontina e Cristoforo Colombo, rispetto a siti più interni alla Tenuta e quindi meno esposti (figura 1). Anche nel suolo, per quanto riguarda il piombo, si rileva una concentrazione più elevata nelle località maggiormente esposte al traffico stradale, quali Ortaccio e Spagnoletta (figura 2).

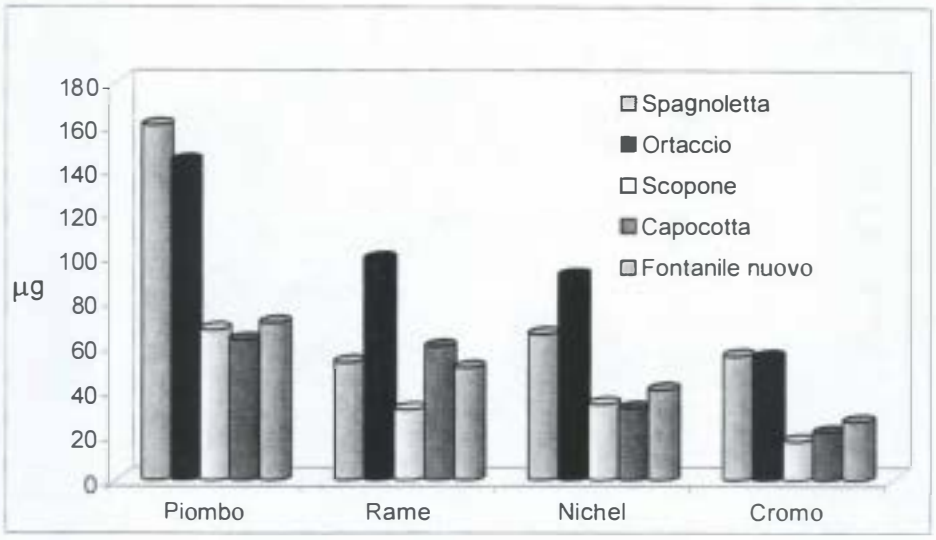


Figura 1 - Contenuto medio di metalli pesanti nelle acque di lavaggio degli alberi, in cinque siti oggetto di studio.

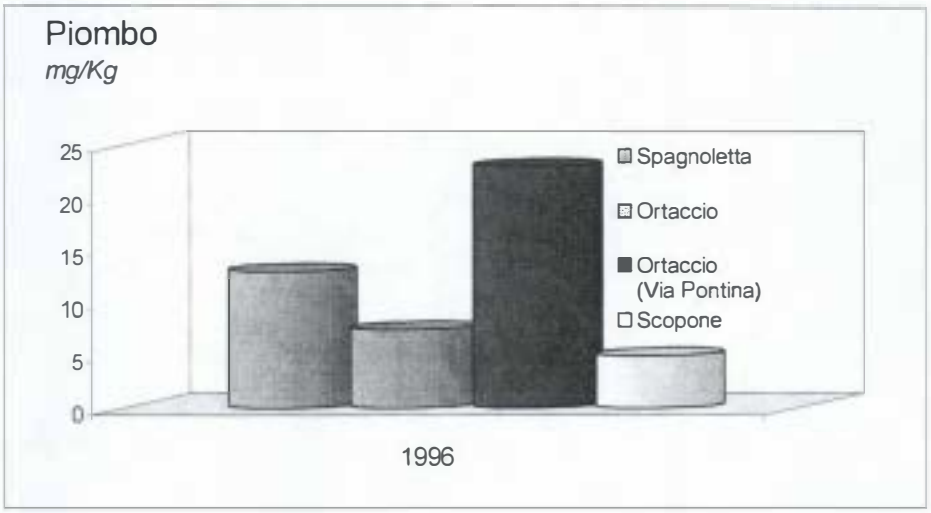


Figura 2 - Concentrazione di piombo nel suolo in differenti siti della Tenuta.

Sebbene il contenuto in metalli pesanti dei terreni analizzati risulti entro i valori comunemente riscontrati nei suoli italiani, tuttavia sembra opportuno sottolineare come in particolare nell'area dell'Ortaccio, limitrofa alla Via Pontina, si verifichi un incremento rilevante dal 1995 al 1996 del Ni, del Mn e del Pb (Pinzari *et al.*, 1998).
In particolare, il piombo ha mostrato un notevole aumento della sua concentrazione, soprattutto nel campione prelevato a ridosso del muro di recinzione che separa la Tenuta dalla Via Pontina (figura 3). Questo sito risulta sicuramente più coinvolto dai fenomeni di *fall-out* rispetto ad altri più interni alla Tenuta.

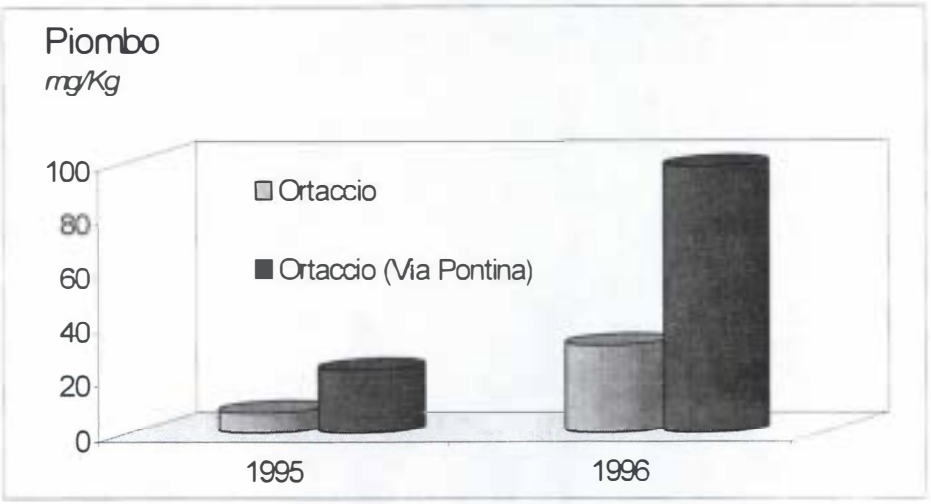


Figura 3 - Concentrazione di piombo in due suoli a confronto: uno più esposto all'inquinamento da scarichi veicolari, prossimo alla Via Pontina, ed uno meno esposto; si noti l'aumento nel tempo.

Dallo studio del turnover della sostanza organica nei siti dell'Ortaccio, si può affermare che tale sito non mostra attualmente particolari carenze dal punto di vista della sostanza organica del suolo ed i valori dei parametri di umificazione, inoltre, garantiscono una sufficiente stabilizzazione delle frazioni estraibili della sostanza organica. Tuttavia, nel caso del terreno limitrofo alla Via Pontina, si è constatato un decremento nella umificazione nello strato superficiale 0-20 cm; infatti la notevole attività mineralizzante della biomassa microbica potrebbe essere riconducibile alla maggiore presenza di metalli pesanti, che sarebbero in grado di indurre uno stato di iperattività metabolica. Tale elemento potrebbe determinare, a lungo termine, il depauperamento delle risorse organiche del suolo, come in effetti già emerge dal confronto dei valori di sostanza organica dei due terreni in esame (Trinchera *et al.*, 1997)
La multidisciplinarietà di questi studi ha permesso la valutazione integrata dell'ecosistema di cui la vulnerabilità all'acidificazione o all'inquinamento da metalli pesanti e la qualità del suolo rappresentano solo qualche esempio. La definizione di indici di qualità ambientale ricavati da quest'interdisciplinarietà costituisce un modello di monitoraggio "esportabile" ad altri ecosistemi naturali o protetti nelle zone costiere.

SUOLO E FAUNA

Essendo Castelporziano un'area protetta dove sono presenti popolazioni di numerose specie della fauna selvatica mediterranea, sono stati sviluppati studi integrati tra G.d.L. Suolo e G.d.L. Fauna per valutare l'impatto del rooting del cinghiale (*Sus scrofa majori* De Beaux e Festa, 1927) sulla vulnerabilità del suolo. A seguito di un'accurata mappatura delle attività dei cinghiali, sono stati effettuati rilievi in sei transetti confrontabili per caratteristiche pedologiche e vegetazionali, interessati da alto, medio e basso rooting. Sui campioni di suolo si è quindi proceduto alla determinazione di parametri fisici nonché di micromorfologia mediante analisi di immagine, parametri chimici (sostanza organica, C e N organici) biochimici (cinetiche di mineralizzazione) e microbiologici (dosaggio della biomassa totale, attività ecc.). È stato evidenziato (Pagliai et al., 1998) che a livello di parametri fisici il "rooting" dei cinghiali distrugge la struttura del terreno e favorisce la rapida decomposizione dei materiali organici. Dalle sezioni sottili ricavate dai campioni di suolo indisturbati dei siti di controllo (non interessati dall'attività della fauna selvatica) è ben visibile un sistema di pori interconnessi, che origina una buona areazione del terreno e accumuli di sostanza organica che ingloba e cementa i granuli di quarzo (sabbia). Le immagini ricavate dai siti interessati dal rooting dei cinghiali mostrano invece, specialmente nella parte superficiale, che la degradazione del suolo è evidente in quanto il terreno appare disaggregato, con granuli di quarzo totalmente sciolti, con presenza di larghi spazi vani e assenza pressoché totale di accumuli di sostanza organica (figura 4).
Relativamente alle caratteristiche chimiche, biochimiche e microbiologiche, la differente intensità di pascolamento suggerisce l'ipotesi che il diverso contenuto di sostanza organica del suolo possa costituire uno degli elementi discriminanti per la scelta delle zone da lasciar pascolare ai cinghiali. Tuttavia, dai dati ottenuti emerge che il rooting può essere ritenuto, laddove particolarmente intenso, responsabile del

degrado degli orizzonti organici, rendendoli di fatto indistinguibili fra loro. Ciò sembra dovuto ad un'accelerazione del turnover della sostanza organica del suolo, che indirizza i meccanismi metabolici della biomassa microbica principalmente verso la mineralizzazione del materiale organico, a scapito di quei processi lenti e complessi che portano alla formazione della sostanza umica del suolo. L'andamento cinetico riscontrato per i siti meno degradati suggerisce che i microrganismi procedono verso la sintesi di strutture organiche macromolecolari, quali le sostanze umiche, che si stratificano nell'orizzonte più profondo, contrariamente a ciò che avviene nei siti maggiormente sottoposti al rooting, che mostrano una più limitata capacità di "conservazione" di materia ed energia, e quindi una maggiore vulnerabilità ambientale a livello della fertilità biologica. Il confronto degli indici biochimici conferma quanto sopra esposto, individuando nei siti disturbati una più elevata attività metabolica a parità di biomassa attiva (Trinchera *et al.*, 1997).
D'altra parte, se l'attività di scavo è di tipo occasionale (Benedetti *et al.*, 1997), si devono considerare gli effetti positivi di questa 'lavorazione' del terreno:
produce l'interramento dei residui di materiale organico che pervengono in superficie, sicché l'intimo contatto con il suolo ne facilita la degradazione; ciò è benefico, poiché favorisce il turnover della sostanza organica e quindi la disponibilità di nutrienti, in particolare nel caso delle lettiere stratificate di consistente spessore che offrono resistenza ai microrganismi decompositori, quali quelle di leccio e di pino già individuate in precedenza (Benedetti *et al.*, 1995);
può avere un ruolo importante, se non arriva a distruggere la struttura, nel mantenimento della porosità del suolo, indispensabile per l'infiltrazione dell'acqua, l'aerazione e per lo sviluppo ed approfondimento delle radici.

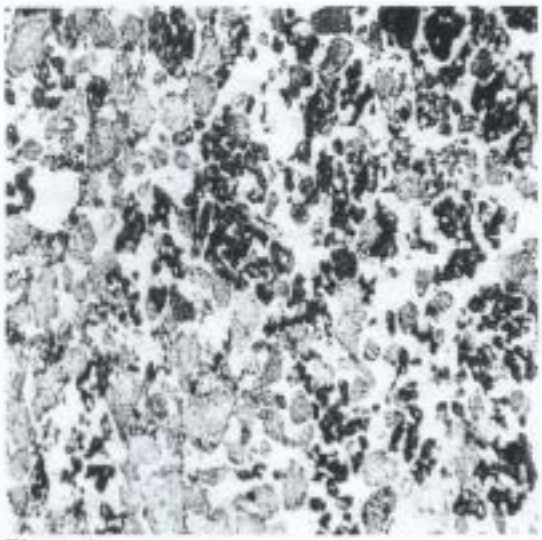


Figura 4*a*

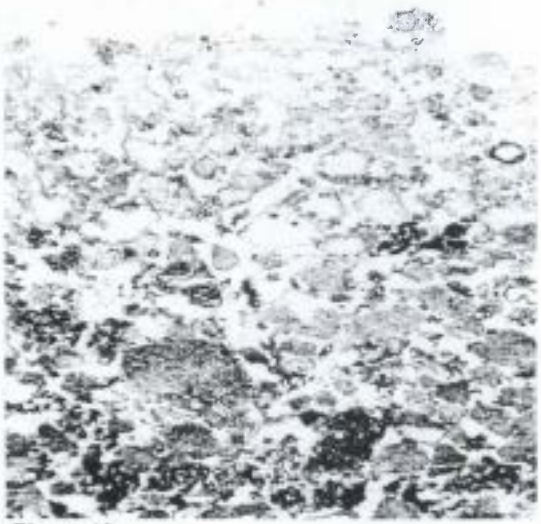


Figura 4*b*

Figura 4 – Microfotografie di sezioni sottili verticalmente orientate, preparate dallo strato superficiale (0-5 cm) di un suolo forestale sabbioso, rappresentativo della Tenuta di Castelporziano. In *a*, suolo indisturbato, le parti bianco-trasparenti rappresentano i pori, i granuli di quarzo sono di colore grigio, mentre le parti di colore scuro rappresentano i materiali organici. In *b*, suolo interessato dal "rooting" dei cinghiali, è visivamente apprezzabile la struttura a granulo singolo nello strato più superficiale e la scomparsa, in questo strato, della sostanza organica evidenziando così condizioni strutturali degradate.

Nell'ambito della stessa collaborazione sono state svolte altre indagini sul suolo (Benedetti *et al.*, 1998), in aree interessate dallo scavo dei cinghiali, per la valutazione di un eventuale impatto sulla fertilità biologica. A questo scopo si è fatto uso di indici biochimici di sofferenza della biomassa microbica del suolo.
Benché i suoli studiati siano risultati mediamente sofferenti (i cerchietti variano dal giallo al rosso e l'assenza di sofferenza dovrebbe essere rappresentata dal verde), seppure con una certa variabilità, non è possibile stabilire una relazione diretta tra attività del cinghiale ed alterazione delle proprietà biochimiche del suolo.

L'indagine condotta suggerisce, comunque, la probabilità di una relazione tra intensità di scavo elevata degli animali e degrado della qualità del suolo. Infatti, sulla carta dell'intensità di scavo del suolo nella Tenuta di Castelporziano che ha fornito il Gruppo Fauna (figura 5), dove l'intensità di scavo è più elevata (colore grigio scuro) si nota a volte una sofferenza maggiore del suolo (cerchietti neri).

Figura 5 - Carta dell'intensità di scavo del suolo operato dai cinghiali.

SUOLO E IMPATTO ANTROPICO

Dal G.d.L. Impatto Antropico sono state attivate numerose ricerche che hanno permesso di valutare il livello di vulnerabilità e sensibilità dei suoli utilizzati per le attività antropiche - che rappresentano circa il 10% dell'intera superficie territoriale della Tenuta - quali le colture agrarie e il pascolo di equini e bovini di razza maremmana allevati secondo il sistema brado integrale.
L'impatto antropico su questi suoli appare molto elevato, pertanto è necessario attivare un'azione continua di monitoraggio, coordinato con il G.d.L. Suolo, per definire interventi mirati a rimuovere le cause di sfruttamento intenso e diminuire quindi il livello di "stress dei suoli".
Riguardo al fenomeno dell'incendio, attraverso la "Mappa degli incendi" curata dal G.d.L. Impatto Antropico sono state evidenziate le aree maggiormente colpite e quindi a maggiore rischio. Il G.d.L. Suolo ha condotto studi nei siti disturbati dal fuoco soprattutto per valutarne l'impatto sulle attività della biomassa microbica e sulle caratteristiche della sostanza organica nonché sulla capacità di 'resilienza' del sistema.
Le indagini condotte hanno mostrato uno stato di stress a livello del suolo espresso dalla sua incapacità di conservare le riserve organiche e quindi la fertilità biochimica (valori di biomassa microbica fortemente ridotti e, in corrispondenza, attività mineralizzante spinta).
Il monitoraggio in questo caso si inquadra in un più complesso quadro di gestione che vede specifiche azioni per la prevenzione degli incendi ed interventi di riqualificazione ambientale per recuperare le aree percorse dal fuoco. Per un monitoraggio sistematico sono stati effettuati campionamenti di suolo in siti incendiati nei quali sarebbe interessante tornare a distanza di tempo per valutarne la ripresa delle condizioni fisiologiche normali.

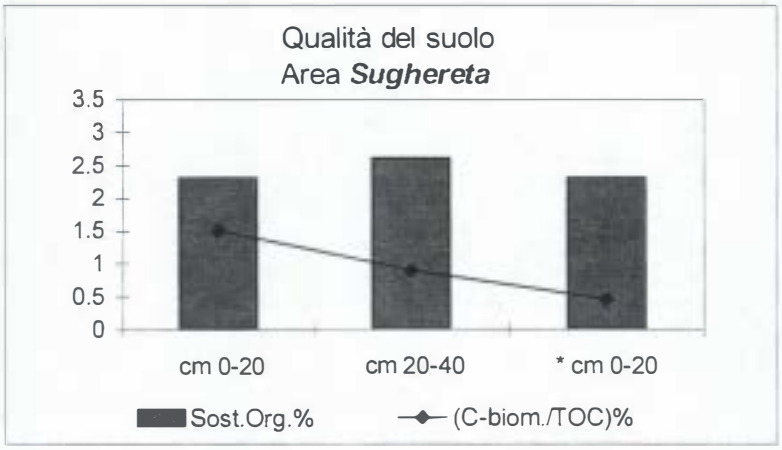


Figura 6 - Dotazione di sostanza organica ed andamento di un indicatore dello stato fisiologico del suolo a due diverse profondità. *Sito interessato da un incendio.

STUDIO INTEGRATO DELL'AREA DI SPAGNOLETTA

(G.d.L.: Suolo, Atmosfera, Vegetazione ed Impatto Antropico)

Altro esempio di lavoro integrato condotto nel 1999 è quello della lettura ed interpretazione interdisciplinare dei dati relativi ad un sito, modello interpretativo da poter applicare ad altre aree. Si porta ad esempio la scheda elaborata per la località Spagnoletta in collaborazione tra i G.d.L. Suolo, Impatto Antropico, Vegetazione ed Atmosfera.

Il suolo di quest'area, in posizione morfologica pianeggiante, in superficie ha tessitura franco-sabbiosa, senza scheletro. Negli orizzonti profondi sono presenti caratteri plinthici che provocano la cementazione degli aggregati a causa della presenza di concrezioni di Fe-Mn e ossidi che rappresentano uno strato molto compatto, di difficile penetrazione per le radici delle giovani piante. La resistenza alla penetrazione radicale è molto più accentuata nel periodo arido, quindi in estate, anche per la scarsa capacità a trattenere l'acqua.

Dal punto di vista pedologico questo sito costituisce un sistema fragile, essendo caratterizzato da un suolo tronco - causato dallo spianamento naturale della duna - con l'orizzonte A di neoformazione molto esiguo: dopo i primi centimetri si incontrano già caratteristiche tipiche dell'orizzonte B. Si tratta quindi di un suolo "geneticamente" povero.

Il pH estremamente acido, intorno a 5, probabilmente imputabile alla copertura vegetale (in prevalenza sughereta), condiziona negativamente l'attività microbica che dovrebbe contribuire alla formazione del suolo mediante la degradazione della lettiera.

La sostanza organica risulta pari al 2,4% nei primi 40 centimetri di profondità, valore non troppo elevato per una situazione vegetazionale di tipo forestale, con un maggiore quantitativo nello strato profondo piuttosto che in quello superficiale, probabilmente a causa di un incendio nel quale l'area è stata coinvolta in passato. La sostanza organica "sciolta" dal calore è presumibilmente colata verso il basso, dato peraltro osservato in simili circostanze da altri autori.

Al di sotto dei 40 cm invece la sostanza organica presente è probabilmente di origine antica, migrata con ferro e alluminio ed ivi rimasta indecomposta.

I valori di C-biomassa (corrispondenti a 190 e 138 mg/Kg, rispettivamente per il primo e per il secondo strato) non risultano particolarmente bassi. Il rapporto percentuale C-biomassa/TOC indica invece una situazione di probabile disturbo soprattutto a carico dello strato più profondo (valori pari rispettivamente ad 1,5 e 0,9%).

In un altro punto di campionamento nella stessa località molte osservazioni tendono a concordare rispetto all'azione di un incendio avvenuto in questo sito nel recente passato. Corrispondentemente a bassi valori di C-biomassa (59 mg C/Kg di suolo nello strato cm 0-20) si hanno valori relativamente elevati di attività mineralizzante. L'area mostra uno stato di stress evidenziabile nell'incapacità di conservare le riserve organiche e quindi la sua fertilità biochimica. Sia il basso valore dell'indice percentuale C-biomassa/TOC che l'alto valore del quoziente metabolico q(CO_2) indicano una situazione di instabilità per la comunità microbica.

Nella stessa area invece l'osservazione di un sito soggetto al pascolo dei cinghiali (rooting), non rileva problemi particolari riguardo ai valori di sostanza organica e a quelli degli indici di umificazione. Anche per ciò che concerne la respirazione specifica della biomassa, che si dimostra un indicatore di stress ambientale molto preciso, non si riscontra un danno effettivo.
Si può invece mettere in evidenza una distribuzione della biomassa microbica in modo più uniforme tra i due strati e ciò è chiaramente correlabile all'attività di scavo che opera una diluizione della frazione organica e quindi una ridistribuzione mediata della biomassa. Il "controllo interno" dello stato fisiologico del suolo rivela una migliore stabilità dello strato profondo rispetto a quello superficiale, comunque al di sotto del valore di normalità.
Relativamente alla struttura del suolo, in generale si può osservare un disturbo in quanto non sono riconoscibili pori regolari. In particolare, nel segmento di massimo rooting sono presenti larghi spazi vani mentre, nel segmento di minimo sono maggiormente presenti accumuli di sostanza organica e tendenza alla formazione di aggregati. Nonostante la necessità di una verifica nel tempo di questi dati, appare evidente che una corretta gestione del territorio deve tenere in considerazione anche il carico della fauna selvatica (cinghiali) per evitare che un carico eccessivo inneschi fenomeni di degrado del suolo, con possibili riflessi negativi sulla rinnovazione del bosco.
Per quanto riguarda l'inquinamento del suolo da metalli pesanti, sono da segnalare rame e cadmio di cui si osserva un arricchimento a livello di ambedue gli strati analizzati (0-20 e 20-40 cm) per il primo elemento (rispettivamente 157 ed 84 ppm) e al livello dello strato più profondo per il secondo elemento (0,51 ppm) rispetto ai valori medi desunti dalla letteratura, pari a 30 ppm per il rame e 0,35 ppm per il cadmio.
Riguardo alla vulnerabilità all'acidificazione dovuta alle deposizioni atmosferiche, in quest'area distinguiamo due differenti zone: una caratterizzata dalla presenza di querceti in cui il carico critico è più elevato e le eccedenze delle deposizioni sono relativamente basse; un'altra caratterizzata invece dalla presenza di praterie e rimboschimenti a pino, in cui il carico di acidità è più basso rispetto a quello dei querceti mentre le eccedenze sono più alte, determinando quindi una situazione di maggiore rischio potenziale.
L'ipotesi di un disturbo causato dall'incendio viene confermata anche dalle osservazioni sulla vegetazione, costituita da specie vegetali poco esigenti (sughera ed erica), con Cerro e Farnetto che indicano un'associazione tendenzialmente acidofila, nonché specie bulbose e rizomatose e in particolare *Cistus salvifolius* come incendio-indicatrice (ne aumenta la germinazione dei semi nel postincendio,) che evidenziano la pirofilia. Si tratta di una sughereta in fase di rigenerazione, con vegetazione in ricostituzione e copertura inferiore a quella che si dovrebbe incontrare in un consorzio naturale. Poiché il bosco di sughera in genere può avere due tipi di evoluzione, verso la lecceta o verso la cerreta acidofila, si ipotizza di trovarsi di fronte ad un paraclimax del bosco di Cerro.
Questo modello di lettura integrata dei risultati ha fornito suggerimenti molto interessanti per la gestione della Tenuta; sono infatti emersi possibili problemi legati alla presenza del cinghiale nella zona che essendo stata colpita da incendio è di per sé vulnerabile, pertanto dovrebbe essere tutelata nei prossimi anni al fine di evitare l'innesco di un degrado irreversibile della fertilità del suolo.

ATTIVITÀ IN CORSO

Siti di monitoraggio permanente

Nel corso del 1999 sono proseguiti gli studi nei cinque siti permanenti di monitoraggio Sughereta, Farnete, Scopone, Capocotta e Fontanile della Dogana. Le due Unità Operative ISNP ed ISPESL si sono impegnate rispettivamente nel completamento delle analisi biochimiche e microbiologiche e della sostanza organica relative ai siti permanenti, nonché della concentrazione degli inquinanti nelle acque di lavaggio delle piante d'alto fusto e nel suolo sottochioma.
In particolare è stata continuata la raccolta delle acque meteoriche di dilavamento degli alberi ad alto fusto, mediante un sistema semplice e costantemente aperto già descritto in precedenza (Rapporto di Castelporziano 1997), ai fini di un'analisi integrata dei metalli pesanti nei diversi comparti ambientali che consenta una più corretta valutazione del loro impatto sull'ambiente.
I metalli pesanti associati al particolato atmosferico vengono trasportati al suolo direttamente con le deposizioni secche ed umide nonché mediante il dilavamento della vegetazione.
L'analisi delle acque di dilavamento continua a non mostrare concentrazioni di metalli potenzialmente tossiche, tuttavia il loro apporto non deve ritenersi trascurabile poiché una parte degli inquinanti presumibilmente è ritenuta dalla vegetazione, con possibili effetti negativi su questa ed inoltre, essendo

l'apporto costante, la tossicità potrebbe manifestarsi in maniera repentina non appena fosse raggiunto un valore soglia di concentrazione.
Nella tabella 2 sono raccolti i dati relativi alle acque dilavanti che si vanno ad aggiungere a quelli presentati nel precedente Rapporto (1998). Le analisi della concentrazione dei metalli pesanti nelle acque sono state eseguite dall'U.O. dell'I.S.P.E.S.L.
Si deve precisare che per maggiore esattezza si è preferito cambiare alcuni dei toponimi dei siti di monitoraggio, pur restando i siti medesimi.

Data di campionamento	*Sughereta*	*Famete*	*Scopone*	*Capocotta*	*Fontanile della Dogana*
16/11/98	nd	nd	nd	nd	nd
03/12/98	3	1,5	nd	1	1,5
12/12/98	1	1	1	1	1,9
22/12/98	nd	nd	nd	nd	nd
08/01/99	nd	nd	nd	nd	nd
12/02/99	nd	nd	nd	nd	nd
09/03/99	1	1	1	nd	1
25/03/99	1	1	1	1	1
31/03/99	nd	nd	nd	nd	nd
15/04/99	nd	nd	nd	nd	nd
20/04/99	0,2	0,5	1,5	0,6	0,5
31/08/99	6,3	4,1	2,1	0,9	0,9
08/09/99	1	0,1	0,2	0,2	8,5
20/09/99	1,2	1,1	0,2	2,8	2
28/09/99	1,1	0,4	0,2	0,2	0,5
06/10/99	nd	0,9	nd	nd	1,1
20/10/99	6,9	2	6,5	0,4	1,8
29/10/99	1,2	1,1	0,4	0,5	0,2
08/11/99	2,9	0,4	0,3	0,4	1,1
17/11/99	0,15	nd	nd	0,55	0,05
06/12/99	0,3	nd	nd	nd	nd
21/12/99	1,25	0,8	nd	0,25	0,1
07/01/00	0,05	nd	nd	nd	nd

Tabella 2a - Concentrazioni di **piombo** nelle acque di dilavamento degli alberi in studio.

Data di campionamento	*Sughereta*	*Famete*	*Scopone*	*Capocotta*	*Fontanile della Dogana*
16/11/98	nd	nd	nd	nd	nd
03/12/98	0,01	0,01	nd	nd	nd
12/12/98	0,01	0,01	0,01	0,01	0,025
22/12/98	nd	nd	nd	0,04	nd
08/01/99	nd	nd	nd	nd	nd
12/02/99	nd	nd	0,03	nd	nd
09/03/99	0,01	0,01	0,03	nd	0,01
25/03/99	0,5	0,01	0,03	0,03	0,01
31/03/99	nd	nd	0,02	nd	nd
15/04/99	nd	nd	0,06	0,04	nd
20/04/99	nd	nd	nd	nd	nd
31/08/99	0,038	0,033	0,086	0,001	0,011
08/09/99	nd	nd	nd	0,01	0,01
20/09/99	0,019	nd	nd	0,064	0,005
28/09/99	nd	nd	nd	nd	0,014
06/10/99	nd	nd	nd	nd	0,022
20/10/99	0,067	0,003	0,085	nd	0,024
29/10/99	nd	nd	nd	nd	nd
08/11/99	nd	0,017	nd	nd	nd
17/11/99	nd	nd	nd	nd	nd
06/12/99	nd	nd	nd	nd	nd
21/12/99	nd	nd	nd	nd	nd
07/01/00	nd	nd	nd	nd	nd

Tabella 2 b - Concentrazioni di **cadmio** nelle acque di dilavamento degli alberi in studio.

Data di campionamento	*Sughereta*	*Famete*	*Scopone*	*Capocotta*	*Fontanile della Dogana*
16/11/98	nd	nd	nd	nd	nd
03/12/98	3	1	nd	0,5	1
12/12/98	0,25	0,5	0,5	0,5	1,5
22/12/98	0,7	0,3	0,1	0,9	0,6
08/01/99	nd	nd	nd	nd	nd
12/02/99	3,6	0,7	4	1,3	0,3
09/03/99	0,5	1	4	nd	0,5
25/03/99	0,6	1	4	0,9	0,5
31/03/99	0,3	1,5	0,2	nd	nd
15/04/99	nd	1,1	1,2	0,4	0,3
20/04/99	nd	nd	nd	nd	nd
31/08/99	0,54	0,84	0,27	0,3	nd
08/09/99	nd	nd	0,2	0,1	0,03
20/09/99	0,96	0,73	0,54	0,2	0,05
28/09/99	0,3	nd	nd	0,005	0,007
06/10/99	nd	0,032	nd	nd	0,17
20/10/99	2,04	0,182	2,51	0,05	0,077
29/10/99	nd	nd	0,029	0,028	nd
08/11/99	0,044	0,022	0,037	nd	nd
17/11/99	0,125	0,061	0,39	0,215	0,022
06/12/99	0,002	0,003	0,002	0,01	nd
21/12/99	0,295	0,035	nd	0,016	nd
07/01/00	0,013	0,003	0,037	0,083	nd

Tabella 2 c - Concentrazioni di **cromo** nelle acque di dilavamento degli alberi in studio.

Data di campionamento	*Sughereta*	*Famete*	*Scopone*	*Capocotta*	*Fontanile della Dogana*
16/11/98	nd	nd	nd	nd	nd
03/12/98	4	0,5	nd	1	1,5
12/12/98	1	1	1	0,6	1,4
22/12/98	nd	6	0,3	nd	nd
08/01/99	nd	nd	nd	nd	nd
12/02/99	3,3	7,7	2,3	9,5	14,1
09/03/99	0,5	0,9	2,3	nd	1
25/03/99	1	0,9	2,3	1	1
31/03/99	7,7	nd	8,4	4,1	0,8
15/04/99	3,3	5,8	nd	2,8	2,9
20/04/99	nd	nd	nd	nd	nd
31/08/99	15,3	3,5	5,9	4	6,1
08/09/99	nd	nd	1,2	3,3	3
20/09/99	3	2,8	1,5	1,8	2,65
28/09/99	0,9	3,3	6,9	2,1	8,2
06/10/99	nd	3,2	nd	nd	6,4
20/10/99	4,8	0,3	4	1,4	4,1
29/10/99	7,6	3,7	6	6,5	0,3
08/11/99	0,3	2,2	5,9	5,7	3,8
17/11/99	0,7	3,4	14,8	5,3	11,2
06/12/99	2,3	2,4	5,4	2,1	3,7
21/12/99	7,5	0,6	10,9	1,9	5,5
07/01/00	0,5	0,2	1,25	nd	1,75

Tabella 2 d - Concentrazioni di **nichel** nelle acque di dilavamento degli alberi in studio.

Data di campionamento	*Sughereta*	*Famete*	*Scopone*	*Capocotta*	*Fontanile della Dogana*
16/11/98	nd	nd	nd	nd	nd
03/12/98	3	0,4		1	1,8
12/12/98	1,1	1	1	1	1,5
22/12/98	nd	nd	nd	nd	nd
08/01/99	nd	nd	nd	nd	nd
12/02/99	6	3	3	3	1
09/03/99	1	1,1	3	nd	1,5
25/03/99	0,7	1,1	3	1	1,5
31/03/99	6	5	2	nd	1
15/04/99	1	1	1	1	1
20/04/99	10	3	5	8	10
31/08/99	48	55	30	33	25
08/09/99	13	19	44	15	18
20/09/99	22	17	9	31	52
28/09/99	15	18	19	32	17
06/10/99	nd	30	nd	nd	19
20/10/99	75	12	24	8	8
29/10/99	6	8	6	11	7
08/11/99	9	14	11	11	8
17/11/99	6,5	4,5	6,2	7	4,4
06/12/99	6,3	6	4,2	6,6	4,3
21/12/99	2,9	0,9	2,3	3,2	0,7
07/01/00	4,3	2,5	2,5	4,4	1,1

Tabella 2 e - Concentrazioni di **rame** nelle acque di dilavamento degli alberi in studio.

I risultati preliminari dello studio di questi siti rilevano già alcune tendenze. Nel sito di 'Sughereta', il campionamento del suolo effettuato a distanza crescente dal fusto dell'albero (A,B,C, distanti circa cm 50-60) e in tre differenti direzioni (1ª: NW, 2ª: ESE, 3ª: SSW) (figura 7), rivela maggiore stress per la microflora nelle direzioni 1ª e 3ª; la 2ª direzione potrebbe godere di migliore esposizione (ESE) e protezione dal vento.
Sebbene non si rilevi una prevalenza netta nella direzione del vento dall'andamento annuale precedente a quello del prelievo dei campioni (Bollettino Agroclimatico di Castelporziano 1997), sembra che il settore ESE sia tra quelli meno esposti e quindi meno investito dalle deposizioni atmosferiche.

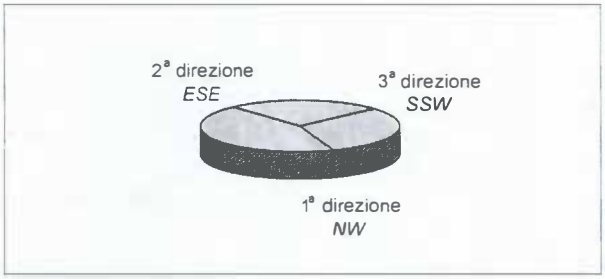


Figura 7 - Direzioni di campionamento del suolo sottostante la chioma di un albero di *Quercus ilex*.

La respirazione specifica della biomassa (qCO_2) (figura 8) ed il 'controllo interno' dato dal C della biomassa come percentuale del C organico totale, danno entrambi una indicazione preliminare della possibilità di un danno o di un cambiamento delle condizioni, almeno per le direzioni 1 e 3; nella direzione 2 il controllo interno rivela una migliore condizione in prossimità del fusto dell'albero; il parametro mostra valori al di sotto della norma (1-4) per quasi tutti i punti esaminati: ciò può costituire un preallarme per la conservazione delle risorse organiche e quindi della fertilità del suolo, prima che possa essere evidenziata una perdita del contenuto totale della sostanza organica (figura 9).

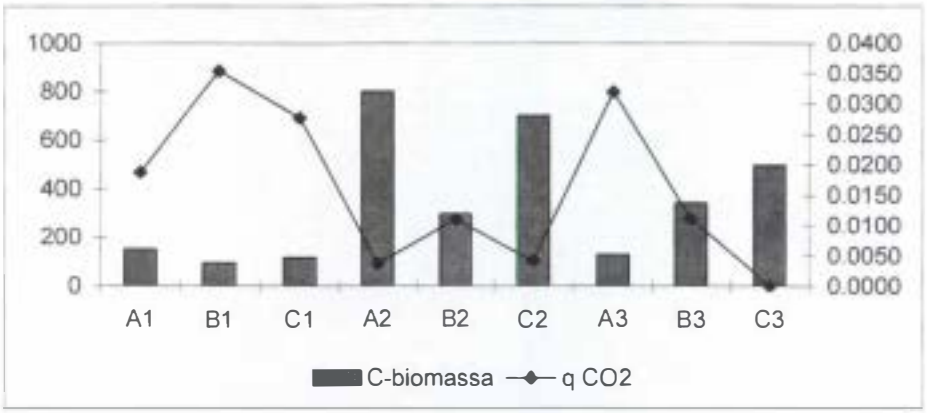


Figura 8 - Andamento degli indicatori biochimici $C_{biomassa}$ e $q\ CO_2$ a distanza crescente dal fusto dell'albero (A<B<C) e in tre differenti direzioni (1, 2, 3).

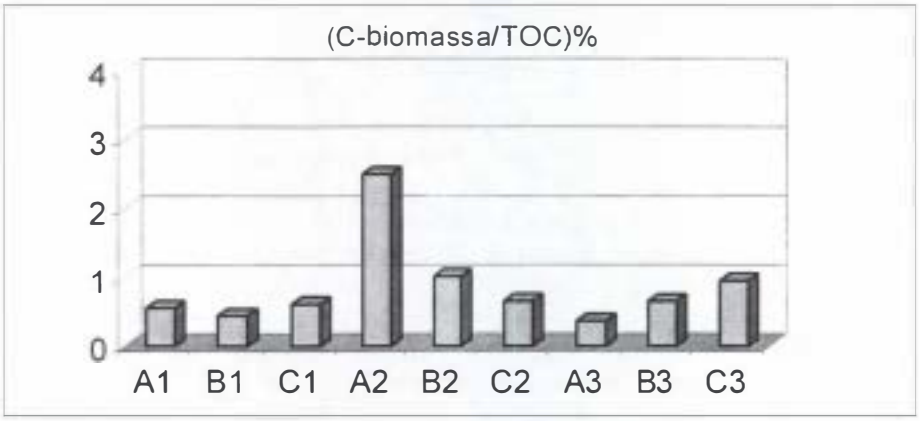


Figura 9 - Andamento dell'indicatore biochimico (C-biomassa/TOC)% a distanza crescente dal fusto dell'albero (A<B<C) e in tre differenti direzioni (1, 2, 3).

L'applicazione del quoziente metabolico (qCO_2) come indice di stress da metalli pesanti nel suolo, in questo sito non rileva una perdita di efficacia microbica nella conservazione delle risorse organiche. Le concentrazioni di metalli pesanti (dati forniti dalla Unità Operativa dell'ISPESL) non sembrano essere correlate a stress per la biomassa, sebbene lungo la direzione 3 la biomassa tenda a diminuire in corrispondenza di maggiore concentrazione di metalli pesanti. La figura 10 mette chiaramente in evidenza per i metalli pesanti valori di concentrazione tendenzialmente più alti a distanze minori dal fusto, fuorché nella prima direzione, dove molto probabilmente la causa si può ascrivere alla pendenza del terreno dall'albero verso il bordo della chioma. Effettivamente appare che l'albero, funzionando da collettore per l'acqua meteorica che dilava la chioma, determini la concentrazione degli inquinanti alla sua base.

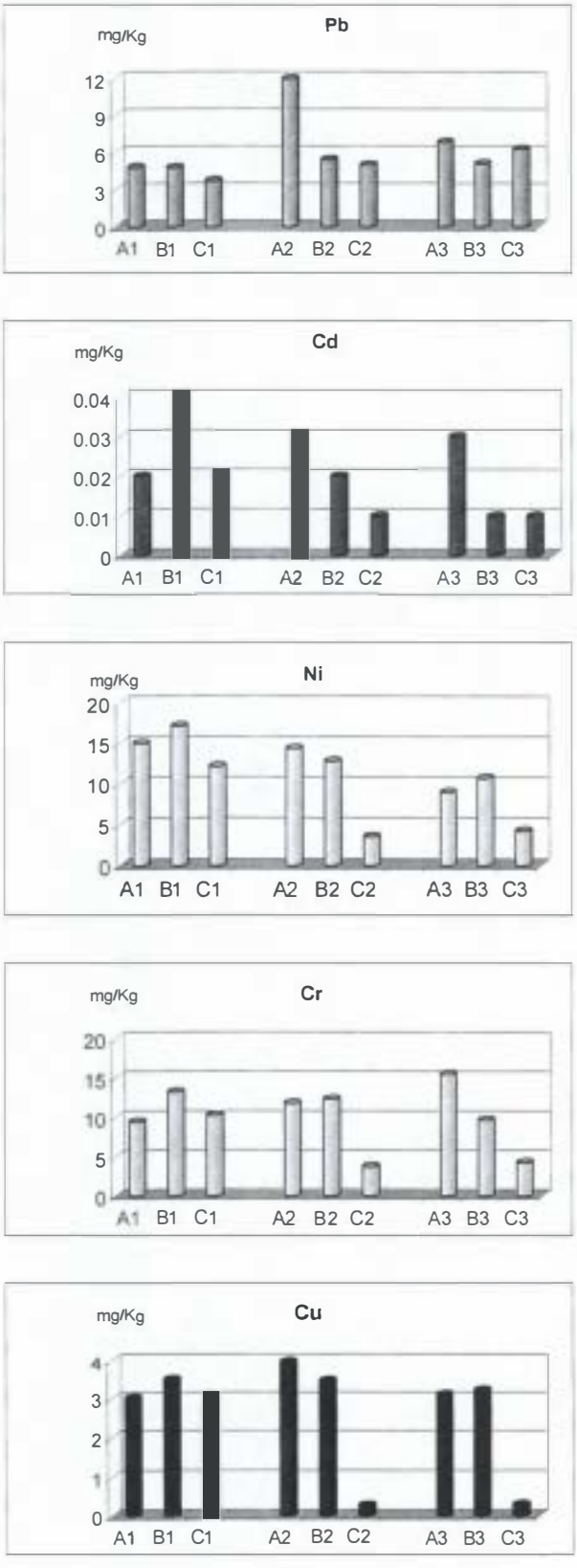


Figura 10 - Concentrazione di metalli pesanti nello strato superiore del suolo (cm 0-20) a distanza crescente dal fusto dell'albero (A<B<C) e in tre differenti direzioni (1, 2, 3).

La presenza nel suolo di concentrazioni di metalli pesanti ancora entro i limiti di normalità ma che vanno aumentando nel tempo, soprattutto nelle zone limitrofe alle vie ad alto scorrimento veicolare, ha mostrato un possibile ruolo nell'accelerazione del turnover della sostanza organica. Lo studio delle comunità microbiche nel suolo di questi siti, realizzato dall'ISSDS nell'ambito del G.d.L. Impatto Antropico, ha peraltro confermato osservazioni avanzate dal G.d.L. Suolo in anni precedenti (Trinchera *et al.*, 1997).
Tale studio, condotto sulla comunità eubatterica globale e a livello della popolazione batterica ammonio ossidante autotrofa, la quale mostra un'estrema sensibilità al disturbo e svolge un ruolo fondamentale nel ciclo dell'azoto, ha rilevato modificazioni nella struttura delle popolazioni. Le modificazioni, di lieve entità, non riguardano il numero delle specie (richness) bensì la distribuzione relativa delle specie nell'ambito della popolazione. Si ipotizza una relazione con l'aumentata disponibilità di azoto in forma ammoniacale derivante dai processi di ammonificazione dei composti organici, in qualche modo imputabili allo stress da metalli pesanti, o altrimenti derivante dalle deiezioni degli animali che pascolano nell'area. La prosecuzione della collaborazione in questo studio potrà dare spiegazioni più esaurienti.
Sono altresì proseguite le attività di monitoraggio nei siti permanenti per la valutazione della vulnerabilità del territorio della Tenuta all'acidificazione con il G.d.L. Atmosfera e della qualità dei suoli allo scopo di identificare eventuali rischi e/o processi di degradazione in atto.
L'area rimboschita a Pino domestico nella zona di Cerasolo, in posizione centrale rispetto alla Tenuta, è risultata vulnerabile a causa dell'eccedenza delle deposizioni atmosferiche in confronto al carico critico di acidità, nonché allo stato di alterazione rilevato a carico della fisiologia del suolo (Aromolo *et al.*, 1999a).
L'approccio multidisciplinare del monitoraggio potrà consentire l'analisi integrata di metalli pesanti e nitrati, essenzialmente, nei diversi comparti ambientali nonché la realizzazione di una carta degli inquinanti per il territorio della Tenuta.

Carta geopedologica della Tenuta
Per la realizzazione della carta geopedologica della Tenuta, in collaborazione con il G.d.L. Impatto Antropico, il G.d.L. Suolo ha curato per altri 10 profili di suolo le analisi delle concentrazioni degli elementi C (metodo Springer & Klee), N (metodo Kjeldahl), nonché Fe e Al amorfi (metodi ufficiali di analisi chimica del suolo) (tabella 3).

Numero identificativo campione	Località	Profondità orizzonte	TOC %	SO %	N %	Fe (g/Kg)	Al (g/Kg)
18	Trafusa	0-5 cm	2,3	3,9	0,21	9,8	2,1
		5-33 cm	1,4	2,4	0,14	8,4	2,0
		33-50 cm	0,7	1,1	0,08	6,3	2,0
		50-85 cm	0,6	1,1	0,08	5,2	2,3
		85-105 cm	0,3	0,6	0,04	3,8	2,7
19	Cannucceto	0-3 cm	6,3	10,9	0,29	5,1	0,6
		3-28 cm	0,9	1,6	0,06	8,4	0,6
		28-42 cm	0,7	1,2	0,05	7,3	0,8
		42-65 cm	0,5	0,9	0,04	6,4	1,3
		65-168 cm	0,6	1,0	0,05	6,2	3,2
20	Scoponcino	0-25 cm	0,8	1,4	0,04	4,1	0,5
		25-30 cm	0,5	0,8	0,03	6,9	0,8
		30-75 cm	0,3	0,5	0,02	9,6	0,7
		75-95 cm	0,3	0,5	0,03	7,2	0,9
		95 cm ed oltre	0,2	0,3	0,02	4,2	0,8
21	Ortaccio	0-4 cm	4,5	7,8	0,42	6,6	2,0
		4-18 cm	2,2	3,7	0,23	6,6	2,1
		18-58 cm	1,4	2,4	0,16	5,9	2,0
		58-92 cm	0,7	1,1	0,10	3,9	1,5
		92-144 cm	0,4	0,6	0,06	2,2	1,9
22	F Figurella di sotto	0-5 cm	3,6	6,2	0,20	18,6	1,0
		5-30 cm	0,9	1,5	0,06	14,1	1,1
		30-80 cm	0,4	0,7	0,03	4,6	1,1
		80-100 cm	0,3	0,5	0,02	2,1	1,1
		100-122 cm	0,2	0,3	0,01	2,8	1,1
		122-140 cm	0,1	0,2	0,01	5,3	1,1
23	Riserva chiesola	0-4 cm	3,5	6,0	0,17	5,6	1,4
		4-13 cm	0,7	1,3	0,05	6,5	1,4
		13-37 cm	0,5	0,9	0,04	5,3	1,1
		37 cm ed oltre	0,1	0,2	0,01	1,1	0,4
24	Riserve nuove	0-4 cm	1,6	2,8	0,13	4,3	0,7
		4-46 cm	0,5	0,9	0,05	4,4	0,8
		46-246 cm	0,1	0,1	0,01	3,7	0,5
		246 cm ed oltre	0,1	0,2	0,02	8,1	1,0
25	Casalaccio	0-5 cm	1,6	2,7	0,13	1,7	0,6
		5-42 cm	0,5	0,9	0,05	1,7	0,5
		42-60 cm	0,4	0,7	0,04	1,9	1,5
		60-130 cm	0,3	0,6	0,03	1,8	1,3
26	Tenuta di Capocotta	0-4 cm	5,3	9,1	0,32	2,4	0,5
		4-30 cm	0,8	1,4	0,06	2,7	0,5
		30-50 cm	0,5	0,9	0,05	1,7	0,5
		50-87 cm	0,4	0,6	0,03	2,5	0,9
		87-100 cm	0,4	0,6	0,03	1,0	0,3
27	Tenuta di Capocotta	0-5 cm	4,4	7,7	0,24	0,9	0,5
		5-35 cm	0,6	1,0	0,04	0,8	0,3
		35-95 cm	0,1	0,1	0,01	0,7	0,3
		95-105 cm	0,2	0,3	0,02	3,2	0,7

Tabella 3 - Dati analitici relativi ai nuovi dieci profili aperti per la realizzazione della carta geopedologica.

Nella figura 11 si mostra la dotazione in sostanza organica del primo orizzonte di tali profili.

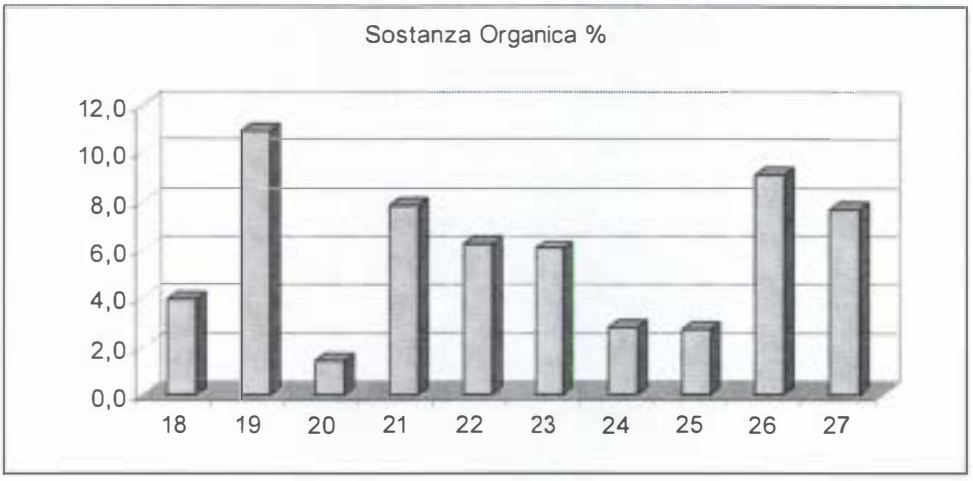


Figura 11 - Dotazione in sostanza organica dell'orizzonte superficiale di suolo nei nuovi dieci siti presi in esame.

Carte tematiche

In collaborazione con il SITAC i nuovi dati prodotti devono essere inseriti per il completamento dell'informazione relativa al comparto suolo, anche in vista della realizzazione delle carte tematiche riguardanti la fertilità fisica, chimica e biologica del territorio in esame.

Collaborazione con G.d.L. Vegetazione

In corso di elaborazione, unitamente al G.d.L. Vegetazione, sono altresì i dati riguardanti la caratterizzazione chimica dei suoli di Castelporziano per trovare le correlazioni esistenti con le diverse formazioni vegetali. Le diversità, com'è ragionevole presumere, dovrebbero essere funzione del substrato pedologico e del tipo di copertura vegetale. Così anche le proprietà biologiche dei suoli, dipendendo dalla componente fisica e dallo stato nutrizionale.

Si vuole inoltre verificare se a livello del suolo si hanno condizioni per cui si rileva una tendenza per l'evoluzione delle formazioni forestali verso il bosco misto (cerreta) o il bosco sempreverde (lecceta).

Valorizzazione delle biomasse di rifiuto

Infine, relativamente al recupero e alla valorizzazione ambientale dei rifiuti prodotti nella Tenuta, per illustrare le attività svolte dal G.d.L. Suolo in collaborazione con i G.d.L. Atmosfera e G.d.L. Impatto Antropico, si mostra il seguente schema:

Una delle finalità dell'attività di ricerca condotta dal gruppo Suolo è quella di produrre ammendanti di qualità, per il miglioramento della fertilità del suolo, da materiali di scarto prodotti in quantità nella Tenuta, e tradurre quindi i rifiuti in risorsa.
L'attività è a buon punto essendo già in progettazione un impianto pilota per il compostaggio.

CONCLUSIONI

L'insieme degli studi interdisciplinari condotti dal G.d.L. Suolo ai fini gestionali in un'area naturale sensibile hanno fornito criteri generali applicabili anche ad altre realtà territoriali. Mediante il Progetto di Monitoraggio relativamente al suolo, è possibile individuare nella Tenuta zone vulnerabili nei confronti della fertilità fisica, chimica e biologica per cause diverse.

1) In tutte le zone limitrofe ad arterie di grande scorrimento come le vie Pontina e Cristoforo Colombo è stato riscontrato un progressivo aumento della concentrazione di metalli pesanti e pertanto sarebbe opportuno proseguire il monitoraggio con campionamenti annuali per il rilevamento di questi elementi.
2) Nei seminativi è stata evidenziata una perdita della fertilità globale rispetto alle zone di ripristino ambientale (gli stessi ex-seminativi). Sarebbe opportuno proseguire negli anni il monitoraggio degli investimenti colturali al fine di inserire nei futuri piani di gestione il possibile ritiro temporaneo dai seminativi o comunque l'individuazione di forme di utilizzazione del suolo meno aggressive, con ridefinizione degli interventi di concimazione.
3) Lo studio condotto sull'effetto del rooting dei cinghiali conferma che un numero troppo elevato di animali può compromettere la fertilità del suolo, accelerando i processi di mineralizzazione della sostanza organica con conseguente degrado nel tempo della fertilità. Anche per questi siti sarebbe opportuno con prelievi annuali controllare almeno i valori del carbonio organico e della respirazione del suolo.
4) L'analisi delle acque di lavaggio delle piante d'alto fusto nei cinque siti permanenti, ha permesso di monitorare l'impatto dell'inquinamento atmosferico sul suolo e sulle piante individuando nelle località di Ortaccio e Spagnoletta una situazione di maggiore vulnerabilità all'inquinamento da metalli pesanti rispetto alle stazioni più interne alla Tenuta.
5) Nei siti forestali è stata evidenziata una stretta correlazione tra qualità del suolo, funzionalità dell'ecosistema microbiologico e copertura vegetale. Tale aspetto dovrebbe essere tenuto in particolare considerazione qualora si voglia procedere a rimboschimenti; infatti la pineta, impiantata

artificialmente, ha comportato una progressiva acidificazione del suolo e modificato profondamente la sua vita microbiologica.

Va infine rilevato che l'area sulla quale insiste la Tenuta presenta connotazioni intrinseche di vulnerabilità legate al tipo di substrato pedologico, al clima tipicamente mediterraneo, alla storia pregressa del sito (essendo stata una zona di bonifica), e attualmente per la sua condizione di "isola" naturale inserita in un contesto altamente antropizzato.

Tutto questo denuncia l'esigenza assoluta di una continua azione di monitoraggio della qualità del suolo, considerato quale comparto essenziale dell'ambiente, a fini di conservazione e ripristino.

BIBLIOGRAFIA

[1] Aromolo R., Benedetti A., Fiorelli F., Francaviglia R., Gataleta L., Marchionni M., Morselli L. (1999a): Valutazione interdisciplinare della vulnerabilità all'acidificazione e della qualità dei suoli della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. V Congresso Nazionale di chimica ambientale. Atti del Congresso. Lerici, Villa Marigola 8-11 giugno 1999.

[2] Aromolo R., Benedetti A., Fiorelli F., Francaviglia R., Gataleta L., Marchionni M., Morselli L. (1999b): Approccio metodologico allo studio integrato dei metalli pesanti nell'ambiente. Conferenza organizzativa: Inquinamento del suolo da metalli pesanti. Riassunti dei Lavori. Università degli studi di Sassari, 6-7 maggio 1999.

[3] Benedetti A., Alianiello F., Dell'Orco S., Pinzari F., Trinchera A. (1995): Valutazione dell'impatto di differenti fattori xenobiotici sulla fertilità del suolo. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Atti II Seminario anno 1995: pp. 70-85.

[4] Benedetti A., Fiorelli F., Marchionni M., Focardi S.., Monetti D. (1998): Effetto del rooting del cinghiale (*Sus scrofa* L.) sulle caratteristiche chimiche e biologiche del suolo in ambiente mediterraneo. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1998: pp. 147-155.

[5] Benedetti A., Monetti D., Fiorelli F., Marchionni M., Focardi S. (1997): Suolo e cinghiale (*Sus scrofa* L.): un esperimento. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Seminario Tematico G.D.L. Fauna - Università La Sapienza di Roma 25 ottobre 1997.

[6] Bollettino Agroclimatico di Castelporziano 1997, a cura di R. Moretti – Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma.

[7] Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo – Ministero delle Politiche Agricole e Forestali – D.M. 13 settembre 1999 - Suppl. ordinario G. U. n. 248 del 21 ottobre 1999 Serie generale.

[8] Pagliai M., Grasselli O., Vignozzi N. (1998): Valutazione dell'impatto antropico sulle qualità fisiche del suolo mediante l'analisi d'immagine. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1998: pp. 174-180.

[9] Pinzari F., Trinchera A., Benedetti A. (1998): Studio della fertilità biologica di un pascolo inquinato da metalli pesanti. Atti XV Convegno Nazionale della Società di Chimica Agraria. Patron Editore, 169-178.

[10] Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1997.

[11] Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1998.

[12] Trinchera A., Pinzari F., Benedetti A., Riccardi C. (1997): Turnover della sostanza organica del suolo in aree sottoposte ad inquinamento da metalli pesanti nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1997: pp. 129-136.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Sig. Renato Maturilli per la raccolta dei campioni di acque di dilavamento nei siti di monitoraggio permanente ed il Sig. Alberto Alianiello per il campionamento, lo stoccaggio e la preparazione dei campioni di suolo.

PROGETTO DI MONITORAGGIO
AMBIENTALE DELLA TENUTA
PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

TENUTA DI CASTELPORZIANO
RAPPORTO 1999

GRUPPO DI LAVORO

IDROGEOLOGIA

Responsabile: Dott. Gilberto Busuoli

UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI

ISNP - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma
G. Mecella, P. Scandella, F. Fricano, N. Di Blasi, R. Moretti, M. C. Pizzoferrato

ENEA AMB C. R. Casaccia - Roma
M. Bucci, U. Brandimarte, M. Grillini

ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro - Roma
F. Silvestri, M. Pecci, A. Marino, F. Damiani, G. Di Filippo, D. Fratarcangeli, E. Mosca Goretta

GRUPPO DI LAVORO	**IDROGEOLOGIA**
TITOLO DELLA RICERCA	Studio Idrogeologico delle Caratteristiche Fisiche e Chimiche delle Acque Sotterranee e Superficiali
RESPONSABILE	Dott. G. Busuoli
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	ENEA AMB C.R. Casaccia - Roma

INTRODUZIONE

Delle quattro Unità Operative che costituiscono il Gruppo di Lavoro Idrogeologia facenti capo rispettivamente all'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente), all'ISNP (Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante) , all'ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro) ed alla Università degli Studi "Roma Tre", solo tre hanno presentato relazioni di aggiornamento delle attività (ENEA, ISNP e ISPESL). La tipologia dei lavori, che sono in ogni caso proseguiti per tutti nel periodo 1998 – '99, comporta infatti significativi aggiornamenti solo in presenza di nuovi dati che, per gli Istituti citati, provengono dalle reti di monitoraggio delle acque superficiali e sotterrane e dalle stazioni di rilevamento dei parametri meteo-climatici.

In particolare l'U.O. dell'ISNP ha proseguito la raccolta e l'elaborazione dei dati climatologici misurati in continuo dalle stazioni meteorologiche automatiche installate al centro della Tenuta e in località Tor Paterno. Per entrambe le stazioni viene curata la pubblicazione di un "Bollettino Agro-climatico" con valori giornalieri, decadali e mensili dei numerosi parametri che vengono rilevati. Vengono controllate con regolarità 21 piscine, tra temporanee e permanenti, di cui 8 nella zona Nord, 13 nella zona Sud e 3 nell'area di Capocotta. Per avere un quadro completo dell'ambiente idrico superficiale nella Tenuta, è stato predisposto e viene aggiornato un "Quaderno delle Piscine", nel quale sono sintetizzati i principali rilievi effettuati. Sono inoltre riportate delle schede tecniche contenenti: foto e ubicazione, livello dell'acqua in relazione alle precipitazioni, caratterizzazione chimica delle acque.

L'U.O. dell'ENEA, ha proseguito i rilievi in campo tendenti ad ottimizzare ed implementare la rete di monitoraggio delle acque, oggi costituita da 46 punti di misura. In 8 pozzi sono in funzione sonde automatiche multiparametriche, in grado di rilevare ed immagazzinare i dati relativi a parametri quali il pH, la conducibilità, l'ossigeno disciolto, il potenziale redox, la torbidità, la temperatura ed il livello dell'acqua, la temperatura dell'aria e la pressione atmosferica. Le misure piezometriche sull'intera rete, eseguite mensilmente in collaborazione con il personale della Tenuta, hanno permesso di controllare l'escursione della falda libera superficiale permettendo un ulteriore aggiornamento della carta piezometrica. Viene presentata in veste grafica pressoché definitiva la carta delle pendenze, elaborata sulla base del modello digitale delle elevazioni, che permette di evidenziare i principali caratteri geomorfologici dell'area. Sono stati infine ripetuti i campionamenti e le analisi sui pozzi dell'area costiera per verificare eventuali fenomeni di intrusione marina.

L'U.O. dell'ISPESL ha effettuato campagne di misura volte a georeferenziare, tramite GPS, una serie di piscine poste all'interno della Tenuta di Castelporziano. In particolare è stata messa a punto la metodologia di misura ed è stato tarato la strumentazione GPS, prendendo anche a riferimento i rilievi topografici effettuati sui pozzi dall'U.O. dell'ENEA.

GRUPPO DI LAVORO	**IDROGEOLOGIA**
TITOLO DELLA RICERCA	Monitoraggio del Sistema Piscine 1999
RESPONSABILE	Dott. G. Mecella
UNITA' OPERATIVA	ISNP – Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante – Roma Ministero per le Politiche Agricole e Forestali - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	G. Mecella, P. Scandella, M.C. Pizzoferrato, N. Di Blasi, R. Moretti

INTRODUZIONE

L'Unità Operativa "Monitoraggio delle piscine", afferente al GDL Idrogeologia, ha proseguito per il quarto anno il monitoraggio degli invasi naturali, che rappresentano un aspetto peculiare per l'ecosistema di Castelporziano.
I dati rilevati hanno consentito l'aggiornamento delle informazioni sulle caratteristiche meteo-climatiche dell'area e del data base sui livelli idrici delle piscine e sulla qualità delle acque.
Le principali informazioni climatiche rilevate durante tutto il periodo di monitoraggio sono riportate annualmente nel "Bollettino Agroclimatico di Castelporziano", i livelli idrici ed i dati analitici fisici e chimici relativi alle piscine, rappresentati sia in formato tabellare che grafico, sono riportati in schede tecniche nel "Quaderno delle Piscine". Tutti i dati rilevati sono stati inseriti nelle librerie del SITAC.

PARTE SPERIMENTALE

Durante il 1999 è proseguito il monitoraggio climatico mediante la Stazione Metereologica automatica costituita da un data logger Campbell CR 10 e sita in località Castello. Dal 1998 era stata installata una seconda Stazione Metereologica automatica in località Tor Paterno al fine di evidenziare l'eventuale variabilità spaziale delle caratteristiche climatiche, in particolare delle precipitazioni e di definire una carta delle isoiete. I dati meteorologici, inseriti nel SITAC, sono riportati con valori giornalieri, decadali e mensili nel "Bollettino Agroclimatico", redatto annualmente a cura dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante di Roma [3].
Dei 41 siti individuati (Fig. 1), si sono rilevati con cadenza mensile i livelli idrici, mediante rilevazione tacheometrica di tipo geometrico.
I dati aggiornati fino a Settembre 1999, sono presentati nel Quaderno delle "Piscine" [9] nel quale sono rappresentate graficamente le oscillazioni dei livelli idrici in funzione delle precipitazioni, sia per le piscine considerate permanenti che per quelle temporanee. I grafici relativi alle piscine che durante il monitoraggio non sono state mai trovate asciutte (le cosiddette "permanenti") presentano come livello di base quello più basso rilevato durante il periodo. Per le piscine che hanno presentato invece periodi di secca (le cosiddette "temporanee"), le oscillazioni dei livelli idrici sono state riferite al reale fondo delle piscine.

MONITORAGGIO AMBIENTALE TENUTA DI CASTELPORZIANO

G.d.L. IDROGEOLOGIA
U.O. MONITORAGGIO DELLE PISCINE

■ Piscine permanenti
● Piscine temporanee

SITAC	PISCINA	TOPONIMO
1	T45	Sant' Angelo
2	P1	Ponte Guidone
4	P5	Monte del Pero
5	T1	dei Monti del Pero
7	T48	Infermeria
8	T47	Colonnetta
10	P26	Ponte Ruffo
14	P2	Barcaccia
18	Pep	Pepparello
19	P8	Chiara
21	P10	Frasso
22	P6	Camilletto
25	T20	Pantano Pallone
28	T35	della Dogana
29	T49	Le Colonnacce
30	P9	Presidente
31	T10	Farnete
33	T2	della Farnia
36	T16	Pantano
41	T51	Bassana
45	T3	Riserve Nuove
47	T6	Stradone di Checco
50	P12	dei Cinghiali
51	P13	Il Figurone
52	P17	Il Quarticciolo
56	P14	Pignocco
57	P22	Tor Paterno
58	T29	Pozzo Napoliello
61	T33	Tellinaretto
66	P11	Vetrica
68	C1	Il Cerrone
71	T18	
	T25	
	T x	
	Px1	
	Px2	
	R1	
	R2	
	R3	
	R4	

Figura 1 – Ubicazione delle piscine in monitoraggio.

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche delle acque degli invasi, con cadenza quadrimestrale, per ciascuna piscina sono state effettuate le seguenti determinazioni: pH e ECw con metodo potenziometrico; Na^{+}, K^{+}, Ca^{+}, Mg^{++} con assorbimento atomico; $CO_3^{=}$ e HCO_3^{-} per titolazione acidimetrica; Cl^{-} per titolazione acidimetrica; $SO4^{=}$ per cromatografia ionica; Fe^{+3}, Mn^{++}, SiO_2, B^{-3}, P e N con spettrofotometria nel visibile.
L'Unità Operativa ha inoltre collaborato con il GDL SITAC, nella realizzazione di un archivio digitale con tutte le informazioni sulle piscine di Castelporziano monitorate, che è stato presentato al Seminario Tematico "Le Piscine a Castelporziano" tenutosi il 6 febbraio 1999 presso l'Università "La Sapienza" di Roma. Utilizzando il software ACCESS è stato approntato lo sviluppo di funzioni, al fine di realizzare una presentazione delle schede tecniche di ciascuna piscina, interattiva ed aggiornabile, come versione dimostrativa e preliminare del più completo Sistema Informativo in corso di realizzazione da parte del SITAC [1, 4, 8].
Nell'ambito della presentazione al Quirinale dei risultati del Progetto di Monitoraggio, il 19 marzo 1999, i ricercatori dell'Unità Operativa hanno realizzato immagini di sintesi del monitoraggio e diagrammi schematici di previsione dell'andamento dei livelli idrici delle piscine nel tempo in funzione degli andamenti termopluviometrici, confrontando l'andamento attuale con quelli ipotizzabili nel 2010 e nel 2020. La proiezione è stata elaborata considerando, nel 2020, un aumento della temperatura media di 2 °C e un aumento della piovosità di 3,6 mm/anno.
Infine l'applicazione di tecniche di statistica multivariata [5, 7] sulle analisi chimiche delle acque di tutte le piscine monitorate ha consentito la validazione del modello, già messo a punto sui dati del 1996 per un numero ridotto di piscine, elaborato per la caratterizzazione del sistema di alimentazione degli invasi naturali, suddividendo quelli alimentati principalmente da apporti meteorici e quelli alimentati prevalentemente dalla falda superficiale [2, 6].

RISULTATI E DISCUSSIONE

Per quanto concerne i risultati ottenuti con il monitoraggio condotto durante il 1999, si individua una conformità e continuità con quanto riscontrato negli anni precedenti. In particolare si evidenzia come i dati sull'andamento dei livelli idrici delle piscine non sono ancora sufficienti per una definizione statisticamente valida della temporaneità o meno dei singoli invasi.
Anche le determinazioni analitiche effettuate sulle acque hanno confermato quanto già osservato nel triennio precedente, in particolare l'assenza di variabilità delle caratteristiche chimiche nel tempo. Nella Tabella 1 sono riportate per l'intero periodo di indagine le concentrazioni medie degli elementi considerati e le relative deviazioni standard.
Per quanto attiene le proiezioni nel futuro dell'andamento dei livelli idrici delle piscine in funzione degli apporti meteorici si è evidenziato un rischio di prosciugamento piuttosto elevato, considerando i cambiamenti climatici in atto. Nella Figura 2 sono riportati a titolo di esempio gli istogrammi identificativi per la Piscina P10.

Piscine		pH		ECw		Na^+		K^+		Ca^{++}		Mg^{++}		HCO_3^-		Cl^-		B^{+3}		Fe^{+3}		Mn^{++}		SiO_2		NH_4^+		NO_2^-		NO_3^-		Ntot		Psol	
				µS cm^{-1}		meq L^{-1}																		mg L^{-1}											
Duna Antica	Duna Recente	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
C1		6.8	0.41	107	46	0.30	0.10	0.20	0.08	0.41	0.39	0.18	0.07	0.79	0.45	0.42	0.20	1.61	1.38	4.80	3.02	0.32	0.53	2.73	2.11	0.80	0.40	0.06	0.06	2.45	1.88	3.30	2.13	0.81	0.59
C2		6.0	1.43	128	36	0.33	0.02	0.19	0.01	0.21	0.08	0.15	0.05	0.40	0.24	0.47	0.33	0.24	0.28	0.81	0.71	0.12	0.07	5.26	3.39	0.98	0.36	0.02	0.02	0.80	0.88	1.80	1.06	0.55	0.30
P1		6.4	0.81	122	38	0.40	0.16	0.12	0.04	0.46	0.30	0.20	0.09	0.64	0.26	0.51	0.29	1.11	1.00	2.10	1.94	0.10	0.11	2.37	1.37	0.86	0.31	0.02	0.03	1.44	1.15	2.32	1.18	0.31	0.27
P10		6.8	0.54	143	47	0.51	0.16	0.14	0.05	0.49	0.29	0.25	0.06	0.73	0.24	0.70	0.28	0.87	0.87	1.94	1.84	0.15	0.15	2.81	1.98	1.35	0.64	0.02	0.03	1.29	0.76	2.66	0.74	0.13	0.12
P11		6.8	0.41	222	78	1.16	0.47	0.14	0.06	0.43	0.26	0.35	0.16	0.65	0.19	1.53	0.56	0.68	0.30	0.98	0.67	0.18	0.19	1.95	1.99	1.55	0.64	0.07	0.05	0.92	0.40	2.54	0.86	0.08	0.03
P12		7.3	0.28	142	49	0.23	0.07	0.28	0.18	0.55	0.31	0.30	0.09	1.18	0.45	0.51	0.09	2.73	1.51	7.07	2.28	0.44	0.75	4.07	2.89	2.14	1.25	0.27	0.34	1.88	2.79	4.30	3.34	0.38	0.37
P13		6.7	0.50	91	39	0.26	0.10	0.25	0.08	0.33	0.21	0.13	0.05	0.70	0.21	0.37	0.12	0.41	0.23	0.77	0.50	0.17	0.28	1.38	1.07	1.51	0.36	0.03	0.06	0.87	0.53	2.41	0.74	0.15	0.19
P14		7.0	0.33	130	39	0.44	0.22	0.21	0.07	0.51	0.33	0.19	0.06	0.85	0.29	0.52	0.22	0.32	0.30	0.67	0.67	0.05	0.04	2.12	1.25	1.05	0.32	0.02	0.02	0.90	0.53	1.81	0.84	0.08	0.07
P17		6.9	0.45	125	45	0.37	0.13	0.24	0.09	0.47	0.38	0.20	0.08	0.73	0.30	0.59	0.27	0.85	0.84	2.69	2.26	0.13	0.11	1.58	0.90	1.46	0.55	0.03	0.03	1.76	1.55	3.01	2.14	0.24	0.21
P2		6.8	0.79	109	25	0.47	0.18	0.12	0.04	0.26	0.10	0.24	0.07	0.55	0.20	0.57	0.24	1.13	1.28	2.70	3.24	0.48	0.55	4.32	1.96	0.88	0.46	0.16	0.16	1.35	2.00	2.39	1.78	0.36	0.62
	P22	7.8	0.35	757	215	2.42	1.10	0.10	0.02	3.33	1.36	1.52	0.93	3.48	0.90	4.21	2.38	0.38	0.34	0.30	0.41	0.07	0.07	19.61	7.94	0.34	0.23	0.02	0.01	0.80	0.55	1.15	0.65	0.43	0.28
P5		6.8	0.55	104	38	0.28	0.11	0.13	0.06	0.55	0.30	0.16	0.07	0.72	0.22	0.42	0.25	0.44	0.27	0.63	0.50	0.08	0.08	1.94	1.32	0.78	0.36	0.02	0.01	0.72	0.43	1.51	0.69	0.09	0.06
P6		6.5	0.89	216	120	0.92	0.56	0.16	0.05	0.74	0.53	0.29	0.17	0.60	0.30	0.93	0.59	0.40	0.35	0.77	0.56	0.15	0.14	3.37	2.03	1.04	0.55	0.02	0.02	0.80	0.38	1.85	0.72	0.21	0.19
P8		6.7	0.64	139	50	0.46	0.18	0.20	0.10	0.48	0.31	0.20	0.09	0.75	0.43	0.63	0.24	0.55	0.68	1.24	1.23	0.14	0.08	3.28	2.46	1.55	0.27	0.02	0.03	1.13	0.80	2.70	0.80	0.22	0.20
P9		6.6	0.51	130	36	0.44	0.12	0.17	0.06	0.54	0.30	0.15	0.04	0.68	0.26	0.71	0.22	1.05	1.14	4.00	3.08	0.07	0.06	2.91	1.83	0.95	0.29	0.03	0.02	1.93	2.82	2.90	2.72	0.23	0.22
Pep		7.2	0.57	213	106	0.65	0.31	0.17	0.07	0.90	0.51	0.36	0.27	1.30	0.40	0.39	0.21	0.35	0.19	1.78	3.31	0.08	0.05	5.97	4.42	0.65	0.26	0.13	0.12	0.79	0.39	1.57	0.60	0.24	0.19
Px1		7.3	0.40	155	77	0.55	0.41	0.18	0.10	0.47	0.31	0.28	0.12	0.75	0.21	1.03	0.73	0.94	0.64	3.46	1.83	0.13	0.21	4.51	1.97	1.27	0.73	0.14	0.17	1.33	0.82	2.74	1.38	0.21	0.27
Px2		7.0	0.38	116	39	0.40	0.17	0.24	0.13	0.26	0.18	0.20	0.04	0.73	0.20	0.58	0.28	0.78	0.54	2.83	1.07	0.13	0.12	2.91	1.73	1.39	0.81	0.13	0.10	1.15	0.53	2.01	1.21	0.18	0.20
	R1	8.2	0.13	1484	306	4.20	0.83	0.29	0.13	8.35	3.70	1.09	0.60	7.54	1.40	1.90	1.58	0.60	0.45	0.64	0.45	0.35	0.50	14.69	8.51	1.56	1.77	0.18	0.27	1.52	2.87	3.25	2.99	1.04	0.54
	R2	8.1	0.27	1474	124	5.88	0.74	0.29	0.07	7.15	1.17	1.36	0.80	5.41	3.02	3.74	2.74	0.63	0.31	0.61	0.20	0.09	0.08	13.44	10.5	1.35	0.66	0.18	0.25	0.32	0.20	1.85	0.73	0.24	0.20
	R3	8.4	0.10	806	597	3.46	2.09	0.21	0.20	5.05	1.03	0.95	0.50	6.01	1.70	1.10	1.05	0.44	0.40	0.72	0.79	0.06	0.03	10.25	3.90	0.75	0.35	0.17	0.17	0.60	0.49	1.52	0.43	0.15	0.13
	R4	8.1	0.31	1186	490	7.53	4.50	0.23	0.19	2.87	0.77	1.04	0.46	6.42	2.49	2.35	1.10	0.43	0.25	0.47	0.32	0.11	0.12	9.89	4.90	1.04	0.32	0.43	0.67	0.72	0.30	2.20	0.62	0.32	0.33
T1		6.8	0.60	117	39	0.37	0.11	0.10	0.03	0.47	0.32	0.19	0.08	0.62	0.19	0.59	0.24	0.48	0.33	0.44	0.42	0.09	0.04	2.23	1.45	0.66	0.27	0.02	0.02	0.77	0.56	1.45	0.70	0.13	0.19
T10		7.3	0.85	113	27	0.40	0.05	0.24	0.21	0.45	0.04	0.16	0.03	0.84	0.30	0.33	0.05	0.79	0.66	0.48	0.53	0.08	0.07	4.95	0.28	1.43	0.58	0.05	0.01	0.33	0.31	1.81	0.90	0.24	0.04
T16		6.8	0.60	151	53	0.48	0.13	0.10	0.05	0.73	0.53	0.19	0.04	0.93	0.60	0.64	0.21	0.61	0.54	0.42	0.29	0.13	0.07	3.97	2.11	1.52	0.43	0.04	0.07	1.36	2.07	2.92	2.04	0.35	0.42
T18		6.8	0.25	78	9	0.23	0.11	0.16	0.04	0.14	0.05	0.13	0.02	0.49	0.06	0.38	0.15	0.56	0.27	0.73	0.47	0.24	0.27	1.53	1.52	1.32	0.37	0.04	0.01	1.32	0.42	2.67	0.62	0.10	0.07
T2		6.5	0.66	105	32	0.31	0.12	0.10	0.03	0.40	0.24	0.21	0.09	0.66	0.36	0.44	0.13	1.13	1.08	2.18	1.28	0.18	0.14	3.01	2.55	1.36	0.59	0.03	0.04	1.34	1.01	2.73	1.18	0.29	0.27
T20		6.8	0.49	115	37	0.36	0.19	0.15	0.04	0.39	0.35	0.15	0.08	0.62	0.31	0.45	0.21	0.66	0.31	0.65	0.37	0.05	0.06	2.68	2.37	1.64	0.55	0.02	0.02	0.64	0.59	2.06	1.01	0.31	0.30
	T25	8.3	0.20	1533	127	6.26	1.33	0.21	0.03	6.06	1.53	2.52	0.61	8.68	1.60	3.09	1.97	0.36	0.29	0.38	0.16	0.06	0.04	16.37	13.3	1.22	0.52	0.42	0.65	1.33	1.08	2.97	1.55	0.33	0.46
	T29p	7.8	0.28	677	151	1.18	0.32	0.20	0.06	4.64	1.06	1.11	0.49	3.71	0.98	3.45	1.90	0.49	0.63	0.24	0.29	0.16	0.15	22.64	6.28	0.53	0.23	0.03	0.03	0.75	0.39	1.30	0.43	0.50	0.36
T3		7.2	0.62	168	61	0.68	0.19	0.16	0.05	0.49	0.24	0.30	0.14	0.88	0.27	0.72	0.41	0.74	0.36	1.41	0.78	0.08	0.08	1.89	1.48	1.75	0.53	0.10	0.08	0.68	0.38	2.54	0.77	0.15	0.16
T33		7.0	0.13	120	37	0.61	0.22	0.10	0.01	0.27	0.14	0.23	0.12	0.61	0.22	0.70	0.35	14.98	31.3	13.24	21.2	0.22	0.35	1.79	1.34	1.68	0.73	0.13	0.15	1.06	0.87	2.87	1.38	0.23	0.16
T35		6.8	0.52	117	55	0.40	0.26	0.24	0.06	0.37	0.25	0.20	0.06	0.58	0.21	0.61	0.35	1.84	1.64	2.77	2.38	0.09	0.08	2.72	1.47	1.18	0.55	0.08	0.12	2.49	1.96	3.75	2.18	0.39	0.37
T45		6.8	0.75	111	35	0.27	0.14	0.09	0.03	0.50	0.30	0.20	0.10	0.75	0.31	0.43	0.21	0.84	0.53	2.42	2.21	0.13	0.14	3.97	3.00	0.83	0.39	0.02	0.02	1.13	0.72	1.99	0.93	0.30	0.39
T47		6.7	0.95	80	31	0.27	0.17	0.11	0.02	0.24	0.12	0.13	0.05	0.50	0.28	0.28	0.13	0.80	0.54	1.39	0.30	0.21	0.25	1.50	1.33	0.69	0.29	0.14	0.09	1.02	0.46	1.85	0.70	0.09	0.03
T48		7.4	0.55	143	80	0.27	0.13	0.32	0.26	0.61	0.43	0.20	0.11	1.21	0.72	0.29	0.13	0.36	0.43	2.12	3.20	0.29	0.34	2.76	3.67	0.64	0.51	0.13	0.15	0.89	0.69	1.67	0.90	0.25	0.34
T49		7.0	0.32	133	99	0.45	0.48	0.18	0.07	0.51	0.38	0.23	0.14	0.70	0.38	0.77	0.76	1.13	0.68	2.00	0.86	0.23	0.25	3.55	1.99	1.24	0.43	0.06	0.07	3.42	2.33	4.73	2.33	0.29	0.34
T51		7.1	0.51	86	28	0.25	0.09	0.08	0.04	0.31	0.21	0.27	0.05	0.54	0.24	0.51	0.21	2.02	1.09	1.13	0.76	0.26	0.29	5.67	2.22	0.93	0.57	0.09	0.17	2.81	3.71	3.83	4.08	0.48	0.49
	T51p	7.7	0.34	357	89	1.45	0.47	0.04	0.03	1.26	0.45	0.63	0.24	2.58	0.42	1.36	0.78	0.33	0.21	0.18	0.26	0.35	0.50	23.78	12.2	0.37	0.29	0.07	0.06	0.77	0.54	1.06	0.72	0.50	0.22
T6		6.6	1.16	137	57	0.51	0.19	0.13	0.05	0.40	0.19	0.31	0.15	0.77	0.27	0.62	0.30	0.74	0.44	1.50	1.00	0.10	0.09	2.63	1.90	2.32	1.44	0.06	0.03	0.60	0.63	2.99	1.66	0.26	0.16
Tx		6.8	0.29	132	63	0.61	0.26	0.13	0.07	0.24	0.11	0.26	0.10	0.58	0.20	0.80	0.40	0.66	0.35	1.67	1.32	0.09	0.08	1.76	1.09	1.61	0.73	0.08	0.07	1.06	0.33	2.76	0.92	0.12	0.11

Tabella 1 – Matrice delle concentrazioni medie degli elementi considerati e relative deviazioni standard.

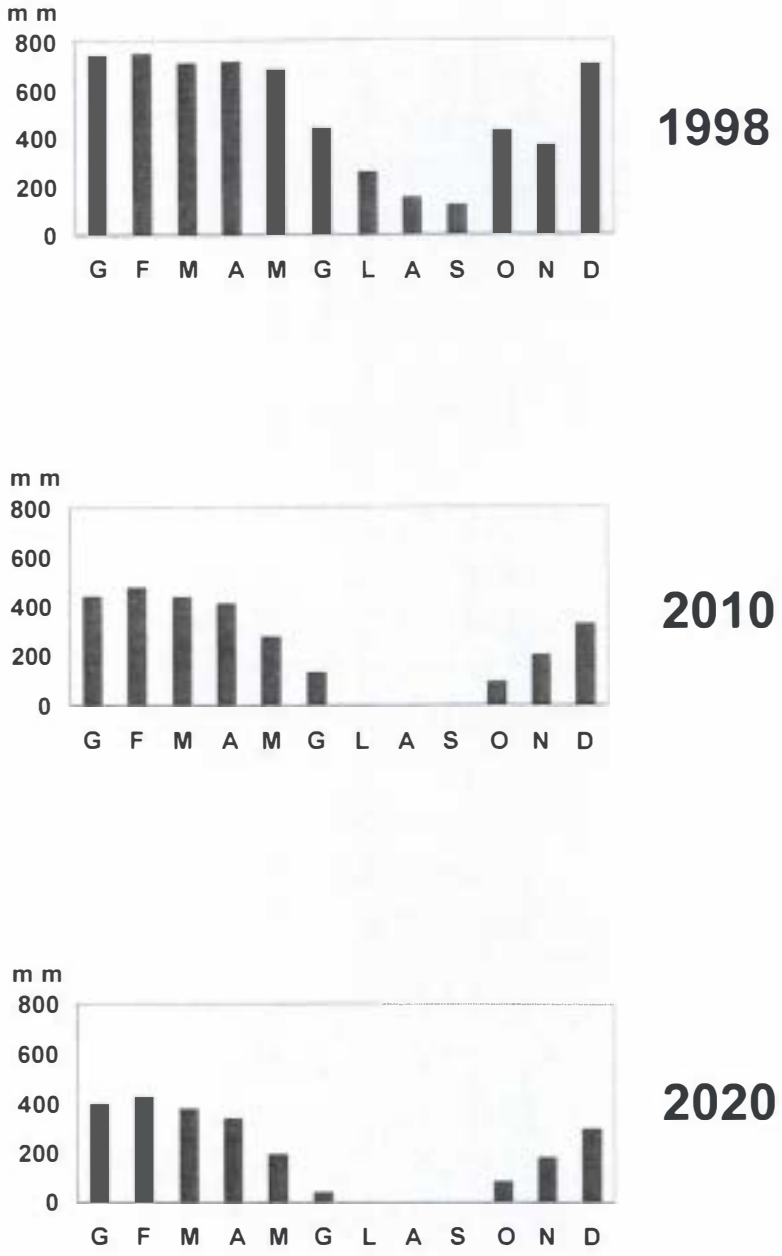


Figura 2 – Proiezione degli andamenti dei livelli idrici per la piscina P10

L'elaborazione di statistica multivariata condotta sulle analisi chimiche delle acque di 41 piscine ha permesso di confermare l'ipotesi formulata precedentemente sui dati di sole 22 piscine [2], dell'esistenza cioè di un duplice sistema di alimentazione, avvalorando quanto emerso dalle indagini morfologiche e geo-pedologiche (Duna Antica e Duna Recente). A tale proposito va ricordato che si è riscontrato come le piscine situate sulla Duna Recente, per le loro caratteristiche pedologiche, vengono alimentate prevalentemente da una falda superficiale, che affiora nei periodi di ricarica, mentre le piscine ubicate sulla Duna Antica traggono la loro alimentazione esclusivamente dall'acqua meteorica, in quanto le caratteristiche dei suoli ne favoriscono l'accumulo negli strati superficiali.

Tali metodi hanno permesso peraltro di definire modelli lineari per la caratterizzazione del sistema di alimentazione degli invasi naturali e per la classificazione degli stessi in funzione principalmente della loro ubicazione.
La procedura adottata ha portato all'elaborazione di un modello finale discriminante, che si avvale di pochissimi parametri di facile determinazione sotto il profilo analitico, quali la conducibilità elettrica ed in contenuto in silice, e che consente di classificare, anche per altri invasi della Tenuta, il tipo di alimentazione, qualora derivi solo da apporti meteorici o, prevalentemente da falda superficiale o da situazioni intermedie.
Il modello proposto, riportato in Tabella 2, può divenire di ausilio sia per la gestione di tali sistemi idrici, sia per interpretare determinati fenomeni nell'ambito di studi ambientali, che debbano considerare la qualità delle acque e la loro origine naturale per motivare presenze faunistiche e vegetazionali e per comprenderne il comportamento.

FUNZIONE DISCRIMINANTE $z = -13.522 + 5.583 \log ECw + 1.640 \log SiO_2$		
Coefficiente correlazione canonica	0.928	
Coefficienti standardizzati della funzione discriminante	log ECw 0.854	log SiO_2 0.430
Funzione ai baricentri di gruppo (centroidi) = z	DUNA ANTICA - 1.193	DUNA RECENTE 4.923
CROSS VALIDATION Leave-one-out (1998) Matrice di test (1996-1997)	DUNA ANTICA 100 % 100 %	DUNA RECENTE 97.6 % 100 %

Tabella 2 – Risultati statistici dell'analisi discriminante.

CONCLUSIONI

Lo studio del sistema piscine ha finora evidenziato come la permanenza dell'acqua negli invasi è prevalentemente funzione dell'andamento termopluviometrico dell'area e dell'ampiezza del bacino di alimentazione. Proprio per la stretta dipendenza dai fattori climatici ci si trova in presenza di un sistema fragile ed effimero. Ogni variazione sostanziale di questi fattori provoca la "deriva" di una tipologia verso l'altra, e la proiezione nel futuro dei livelli idrici, considerando i cambiamenti climatici in atto, delinea scenari piuttosto critici.
Si sono quindi elaborate definizioni per le piscine, applicando un criterio basato sulla frequenza degli eventi per periodi minimi con valenza statistica (almeno decennali).
Inoltre, poiché nella Tenuta esistono condizioni locali (lenti impermeabili di limitata estensione e spessore, depressioni di lieve entità) che contribuiscono alla formazione di aree umide di breve durata, le quali rivestono comunque interesse naturalistico, ma che proprio per il loro carattere effimero e per la loro conformazione morfo-pedologica non possono essere considerate piscine, si è elaborata anche per esse una particolare definizione.

PISCINA PERMANENTE	Invaso naturale che non si prosciuga mai nell'arco dell'anno, per la maggior parte degli anni di osservazione (90%)
PISCINA TEMPORANEA	Invaso naturale soggetto a prosciugamento nell'arco dell'anno, per la maggior parte degli anni di osservazione (90%)
AREA UMIDA	Porzione di territorio subpianeggiante soggetta a periodici allagamenti, anche di lieve entità

BIBLIOGRAFIA

[1] FOLLETTO A., MUGNOLI S., PIZZOFERRATO M.C. (1999). *Presentazione dei dati idrologici delle piscine in formato digitale.* Seminario Tematico "Le Piscine a Castelporziano" - Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta di Castelporziano - Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC). U.O. ISNP – UO Monitoraggio delle Piscine. Roma, 6 febbraio 1999.

[2] FRICANO F., NERI U., SCANDELLA P., DI BLASI N., MECELLA G. (1998). *Studio del sistema di alimentazione di invasi naturali in un particolare ambiente umido costiero mediterraneo.* Rendiconti dell'Accademia delle Scienze detta dei XL. Serie V, Vol. XXII, Parte II, 163-173.

[3] ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA NUTRIZIONE DELLE PIANTE. *Bollettino Agroclimatico di Castelporziano 1999.* Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta di Castelporziano.

[4] MECELLA G, SCANDELLA P., FRICANO F., PIZZOFERRATO M.C., DI BLASI N.(1999*). Genesi delle piscine: formazione, alimentazione e chimismo delle acque.* Seminario Tematico "Le Piscine a Castelporziano" - Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta di Castelporziano - Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC). U.O. ISNP – UO Monitoraggio delle Piscine. Roma, 6 febbraio 1999.

[5] NORUSIS M. J. (1994). Professional Statistics 6.1. SPSS Inc.

[6] PIZZOFERRATO M.C., NERI U., MECELLA G., SCANDELLA P., N.DI BLASI (1999). *Applicazione di tecniche statistiche multivariate per la caratterizzazione del chimidmo delle acque di invasi naturali in un ambiente umido costiero.* In stampa sui Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL.

[7] SADOCCHI S. (1993). Manuale di analisi statistica multivariata. Franco Angeli Ed. Milano.

[8] SCANDELLA P., MECELLA G., FRICANO F., BUCCI M, PIZZOFERRATO M.C. (1999). *Aspetti idrologici della Tenuta Presidenziale di Castelporziano: inquadramento generale.* Seminario Tematico "Le Piscine a Castelporziano" - Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta di Castelporziano - Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC). U.O. ISNP - UO Monitoraggio delle Piscine. Roma, 6 febbraio 1999.

[9] SCANDELLA P., PIZZOFERRATO M.C., MECELLA G., DI BLASI N., FRICANO F. (1999). *Il Quaderno delle "piscine – 1996-1997-1998-1999.* Inviato ai referee dell'Accademia delle Scienze detta dei XL.

GRUPPO DI LAVORO	**IDROGEOLOGIA**
TITOLO DELLA RICERCA	MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO Studi e Monitoraggio delle Falde
RESPONSABILE	Dott. M. Bucci
UNITA' OPERATIVA	ENEA AMB C.R. Casaccia - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	U. Brandimarte, M. Bucci, R. Caprioli, M. De Cassan, M. Grillini

INTRODUZIONE

La realizzazione di un sistema di monitoraggio permanente (Fig. 1) ha consentito di precisare la consistenza e l'evoluzione nel tempo delle risorse idriche sotterranee.
Le attività svolte dall'Unita` Operativa dell'ENEA, in collaborazione con le altre U.O. e con il personale della Tenuta Presidenziale, sono state presentate nel corso dei tre seminari generali tenuti nell'aprile del 1994, nel maggio 1995, nel giugno 1996 e in occasione del seminario tematico del novembre 1996. Sono inoltre stati pubblicati i rapporti relativi agli anni 1997 e 1998 [7, 8, 9, 10, 11, 15, 16].
Tali attività possono essere cosi` sintetizzate:

- determinazione dei lineamenti idrogeologici della Tenuta [1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 14];
- censimento e realizzazione dei punti d 'acqua che compongono la rete di monitoraggio;
- monitoraggio mensile su tutti i punti individuati;
- monitoraggio in continuo con sonde automatiche su otto punti significativi;
- costruzione delle carte delle isopieze, della soggiacenza della falda, del substrato impermeabile, piezometria di magra e di morbida, carta di isovariazione tra minimi e massimi ecc.;
- analisi chimiche stagionali per individuare eventuali fenomeni di intrusione marina;
- analisi sedimentologiche e micropaleontologiche su campioni prelevati durante le perforazioni dei piezometri.

PARTE SPERIMENTALE

I principali elementi di novità che si ritiene di dover segnalare per il periodo 1998 - 1999, sono:

- aggiornamento della carta piezometrica (Fig. 2);
- dati delle campagne di rilevamento mensile sulla rete piezometrica (Fig. 3, 4, 5, 6);
- dati raccolti dalle sonde automatiche (Fig. 7, 8, 9, 10);
- realizzazione della carta delle pendenze elaborata sulla base del modello digitale delle elevazioni (Fig. 11);
- campagna di misura dei parametri fisico chimici delle acque lungo la fascia costiera.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La carta piezometrica (Fig. 2) ricavata utilizzando la media dei dati rilevati nel periodo 1995 - 1999 non presenta variazioni significative rispetto a quella realizzata per il periodo 1995 – 1998 [16], infatti la configurazione dell'andamento della falda libera, caratterizzata dallo spartiacque sotterraneo che corre in direzione NW-SE in corrispondenza dell'allineamento tra i piezometri E23 ed E25 (Fig. 2), rimane sostanzialmente invariata. Le direzioni di flusso principali sono individuabili nell'area sud occidentale con recapito verso il mare, mentre nel settore settentrionale lo scorrimento è verso il Fosso di Malafede. A partire dalla isopieza 10 metri si ha un forte aumento del gradiente idraulico in corrispondenza di una morfologia caratterizzata da gradini che dai circa 20 m s.l.m. salgono rapidamente fino a quota 70 m s.l.m.
Il monitoraggio della falda idrica sotterranea è proseguito secondo due direttrici principali, la prima sotto forma di misure mensili sull'intera rete di piezometri, la seconda su 8 punti strumentati con sonde automatiche. Le sonde utilizzate sono a due parametri, profondità e temperatura, nei pozzi denominati

E1, E12, E7 e E15, a tre parametri, profondità temperatura e conducibilità elettrica, nel piezometri E25 e a 9 parametri nei piezometri E27, E26 e E8.
I dati aggiornati a tutto il 1999 vengono presentati sotto forma di:

- grafici dell'andamento piezometrico rilevato mensilmente nei pozzi costituenti la rete di monitoraggio;
- grafici dei livelli medi giornalieri e delle precipitazioni cumulate per decadi di quattro dei piezometri muniti di sonde automatiche a due parametri.

I grafici dell'andamento mensile dei livelli sono stati realizzati dividendo per classi di soggiacenza i valori misurati su tutti i pozzi che costituiscono la rete di monitoraggio. In particolare sono stati raggruppati i piezometri con soggiacenza compresa tra 0 e 6 metri dal piano campagna (Fig. 3), tra 6 e 12 metri (Fig. 4) e tra 12 e 18 metri (Fig. 5). Un ultimo grafico mette a confronto l'andamento della falda superficiale e di quella profonda nel doppio piezometro denominato E13 (Fig. 6). I pochi pozzi con soggiacenza superiore (fino a 46.55 m) non sono stati rappresentati, perché in essi le variazioni di livello sono state trascurabili (dell'ordine di pochi centimetri).
Dall'analisi dei grafici si evince che la situazione delle falde in Tenuta merita attenzione. Il 1999 non è stato un anno ricco di precipitazioni, e la relativa abbondanza d'acqua di cui si è goduto nelle annate 1996/97/98 non si è rinnovata nell'autunno-inverno '98 -'99. Questo è più evidente per la classe 0-6 metri (Fig. 3), in cui le fluttuazioni stagionali dei valori rilevati sono più marcate: nella classe 6-12 metri (Fig. 4) si nota come all'aumentare della soggiacenza si smorzino le oscillazioni del livello, mettendo in alcuni casi ancor più in evidenza l'impoverimento generalizzato delle falde (pozzi E12. E11, E7, E20). Nella classe 12-18 metri (Fig. 5), i cui diagrammi sono quasi piatti, i pozzi F3 ed E15, situati agli estremi opposti della Tenuta, con un bilancio negativo (anche se per pochi centimetri) confermano che la tendenza all'impoverimento delle falde è generalizzata, interessando anche le aree in cui le variazioni stagionali di livello sono minime. Nel grafico di figura 6 sono messe a confronto le variazioni di livello dell'acqua in due falde direttamente sovrapposte, controllate da un pozzo piezometrico doppio (E13.1 ed E13.2): risalta in maniera particolare lo smorzamento progressivo delle oscillazioni del livello da un anno all'altro. Il dato puntuale del febbraio '99, l'unico di cui si dispone per il periodo e che graficamente coincide per i due pozzi, basta a dimostrare come sia mancata, in questa stagione, quell'abbondante ricarica che invece spicca con evidenza negli anni precedenti. Si è tornati dunque dappertutto ai livelli misurati alla fine del 1995 e in alcuni casi anche a valori più bassi, se il 2000 dovesse rivelarsi avaro di precipitazioni come lo sono stati il 1995 ed il 1999, la situazione del patrimonio idrico della Tenuta rischierebbe di farsi preoccupante.
I quattro piezometri denominati E1, E12, E7 e E15 sono muniti di sonde automatiche che registrano il livelli e la temperatura delle acque sotterranee. I dati vengono raccolti dal giugno 1995 nei piezometri E1 e E12, dal maggio 1998 per i rimanenti due. Nei grafici vengono presi in considerazione i dati piezometrici medi giornalieri e quelli pluviometrici cumulati per decadi.

- Piezometro E1

L'analisi degli andamenti piezometrici (Fig. 7) mostra un andamento nel periodo agosto-settembre 1998 (livello minimo registrato) e agosto-settembre 1999 (valore minimo successivo) caratterizzato da una ricarica dell'acquifero nettamente inferiore rispetto all'anno precedente, si ha infatti un valore del livello medio giornaliero più basso di circa 50 cm .Il successivo periodo di scarico comporta, a parità presunta di emungimenti complessivi, una diminuzione se pur contenuta del livello minimo raggiunto. Tale livello risulta in ogni caso il più basso registrato a partire dal giugno 1995.

- Piezometro E12

Nel periodo giugno 95 ottobre-novembre 96 si ha una costante diminuzione del livello con scarsa o nulla incidenza delle precipitazioni (Fig. 7). Dal novembre 96 a seguito di un periodo di piogge persistenti e ad elevata intensità si registra una rapida risposta della falda con un innalzamento dei livelli che raggiungono il loro massimo tra aprile e maggio 97. Nel ottobre-novembre 97 si ha il minimo successivo cui segue, per effetto delle piogge autunnali, un comportamento analogo a quello dell'anno precedente. Il periodo di ricarica si esaurisce a maggio-giugno del 1998 raggiungendo un massimo relativo attorno ai 8.2 m dal piano campagna. Per la restante parte del 1998 e per l'intero anno successivo i livelli diminuiscono, fino ad una profondità di circa 8.7 m dal p.c., senza che si registri un significativo periodo di ricarica, ricalcando in tal modo l'andamento registrato nel 1995-96.

- Piezometri E7, E15

In questi due piezometri (Fig. 9, 10) non si registrano fenomeni di ricarica della falda. Entrambi raggiungono i livelli minimi dall'inizio delle osservazioni con sistema automatico. Il fenomeno di

variazioni di livello in concomitanza delle precipitazioni e imputabile alla sovrappressione che si crea negli interstizi nella zona sottosatura a seguito dei fenomeni di filtrazione verticali. Le precipitazioni non incidono in ogni caso sul livello piezometrico che si ristabilizza su valori sempre piuttosto bassi.
La carta delle pendenze (Fig.11) è stata realizzata a partire dalla base dei dati del modello digitale delle elevazioni realizzato dall'U.O. "monitoraggio delle Piscine" (ISNP). La carta mette in evidenza i principali motivi geomorfologici della Tenuta e consente di identificare rapidamente aree d'interesse, quali ad esempio i bassi morfologici occupati dalle Piscine, la distribuzione e la rilevanza delle incisioni dei corsi d'acqua, l'estensione delle aree dunari e retrodunari ecc.. Il formato operativo della carta è alla scala 1:10.000 con notevoli possibilità, dato l'elevato dettaglio delle informazioni, di utilizzo applicativo.

Analisi chimica delle acque nella tenuta presidenziale di Castelporziano per la verifica di eventuali fenomeni di intrusione marina.
Nell'ambito degli studi che l'ENEA conduce nella tenuta di Castelporziano, è stato effettuato un nuovo campionamento sulla falda libera superficiale, per verificare eventuali cambiamenti, rispetto alle precedenti verifiche, di fenomeni di ingressione marina. Nei giorni 9 e 12 luglio 1999 sono stati prelevati campioni di acqua dai pozzi piezometrici localizzati lungo la fascia costiera ad una distanza compresa tra i 100 m ed 1 Km dalla linea di riva. Come termine di confronto è stata campionata sia l'acqua di mare che l'acqua del pozzo C1 ubicato molto all'interno della tenuta. Sono state effettuate in sito determinazioni di temperatura, pH, conduttanza elettrica, e HCO_3. In laboratorio sono proseguite le analisi per la determinazione di Ca, Mg, Na, K, SO_4, Cl. I dati completi sono riportati in tabella 1. Da una prima analisi dei dati si evince che non ci sono sostanziali differenze con i risultati delle precedenti campagne. Il contenuto di NaCl nelle acque di falda varia tra i 56 mg/l e i 348 mg/l; (nell'acqua di mare si raggiungono i 31660 mg/l). In termini di salinità totale, le acque di pozzo presentano una concentrazione di sali disciolti (T.D.S.; Total Dissolved Salts) compreso tra i 267 mg/l e i 1540 mg/l, (l'acqua di mare ha un T.D.S. pari a 40390 mg/l).
Per meglio classificare le acque in funzione della loro composizione chimica e' stato utilizzato il diagramma di Chebotarev (Fig. 12). Nel diagramma risulta evidente che l'acqua di mare si colloca all'estremità del quadrante delle acque caratterizzate da cloruri alcalini, mentre le acque di pozzo ricadono in quello opposto delle acque a bicarbonati alcalino-terrosi, come il campione di riferimento C1. L'unica variazione consistente, riguarda il pozzo E7. Non e' comunque in relazione a fenomeni di intrusione marina ma potrebbe rientrare nella tolleranza di variabilità dei dati ottenuti.
Come seconda ed ultima visualizzazione grafica e' stato fatto un istogramma (Fig. 13) nel quale sono stati riportati i campioni in funzione delle concentrazioni degli elementi maggiori. Anche in questo caso risulta evidente il differente chimismo dell'acqua di mare, dove gli elementi predominanti sono Cl e Na, da quello dell'acqua di falda dove invece sono Ca e HCO_3. Cosi' come risulta altresì evidente la similarità della composizione di queste ultime rispetto al pozzo di riferimento interno.

Camp.	T °C	pH	Cond. mS	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	HCO3 mg/L	Cl mg/L	SO4 mg/L	T.D.S. mg/L
F2	18,0	6,7	1,95	144	14,8	194	54,5	888	204,0	40,7	1540
F3	17,7	6,6	0,87	87	9,2	39	24,8	403	85,1	0,2	648
E1	17,6	7,3	1,14	54	3,7	123	36,5	481	76,4	64,5	839
E2	16,6	7,2	0,79	40	5,4	92	12,3	422	45,1	29,2	646
E3	18,1	7,0	1,04	108	4,3	90	10,8	407	114,0	40,1	775
E4	15,9	6,9	0,99	40	4,4	113	25,0	505	66,7	34,0	788
E7	16,8	6,6	0,34	38	8,8	16	3,7	169	17,9	13,2	267
E8	17,2	6,1	1,26	67	5,6	135	31,0	533	146,0	37,0	955
E11	16,0	6,8	0,98	54	2,0	124	22,7	565	48,0	30,4	846
E12	15,7	6,9	0,97	49	8,4	121	14,4	555	43,6	16,6	808
E26	15,5	6,6	1,44	76	6,6	149	35,0	537	186,4	33,6	1023
E27	17,2	7,7	1,05	75	32,4	69	39,3	470	86,0	54,0	825
C1	17,9	6,9	1,12	56	3,4	100	34,7	497	86,3	52,4	829
C3	17,2	6,6	1,83	95	5,3	209	42,0	674	265,2	78,0	1369
mare	19,8	8,0	49,7	11310	3970	400	1300	170	20350	2900	40390

Tabella 1 – Analisi di campioni di acqua prelevate dai pozzi piezometrici e di acqua di mare

CONCLUSIONI

Il proseguimento delle attività di studio e monitoraggio nella Tenuta di Castelporziano da parte dell'U.O. dell'ENEA ha prodotto ulteriori basi conoscitive utilizzabili dai Gestori Istituzionali per pianificare le Loro attività. L'analisi dei dati provenienti dalla rete di monitoraggio, suggerisce la necessità di prestare attenzione, nel corso del prossimo anno, nel pianificare l'utilizzo delle acque di falda. Si è infatti evidenziato un generale impoverimento delle risorse ricollegabile alle scarse precipitazioni che si sono avute nel corso del 1998 e del 1999. I sistemi automatici e le analisi puntuali non forniscono indicazioni su variazioni sostanziali del chimismo delle acque, in particolare lungo la fascia costiera non si riscontrano variazioni imputabili ad eventuali fenomeni di intrusione marina (superficie della falda libera). La realizzazione della carta delle pendenze, scala operativa 1:10.000, consente interessanti applicazioni ricollegabili sia alla gestione dei corpi idrici superficiali (piscine), sia per futuri programmi di rinaturalizzazione di aree costiere.
Tutti i dati raccolti e le elaborazioni cartografiche realizzate sono oggetto di interscambio con il Gruppo di Lavoro SITAC dell'ENEA che ha prodotto, in particolare, l'elaborazione grafica della carta delle pendenze presentata in questo rapporto.

BIBLIOGRAFIA

[1] U. Ventriglia - Idrogeologia della provincia di Roma. Il Vol. – Roma 1990
[2] G. Dai Pra, A. Arnoldus-Huyzendveld - Lineamenti stratigrafici, morfologici e pedologici della fascia costiera dal fiume Tevere al fiume Astura (Lazio, Italia Centrale) – Roma 1984
[3] F. Dragone, A. Maino, A. Malatesta, A.G. Segre - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 149 Cerveteri – Roma 1967
[4] A. Arnoldus ed altri - Analisi paleoambientale dei depositi (Duna Rossa) contenenti industria Musteriana e affioranti nell'area di Castelporziano -Pomezia (Roma) – Roma 1990
[5] A. Malatesta, F. Zarlenga - Evoluzione paleogeografico-strutturale Plio- Pleistocenica del basso bacino romano a Nord e a Sud del Tevere – Roma 1988
[6] Regione Lazio - Carta tecnica regionale alla scala 1:10.000. Sezioni: Acilia, Spinaceto, Castel Porziano, Trigoria, Lido di Castel Porziano e Pomezia Ovest - Roma 1992
[7] ENEL - Programma per un'azione di monitoraggio ambientale nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano – Roma 1992
[8] I° Seminario Tenuta Presidenziale di Castelporziano 8 Aprile 1994 - Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano- Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC)- ENEA (Funzione Centrale Relazioni), Roma 1995
[9] 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 (SITAC) - ENEA (Funzione Centrale Relazioni), Roma 1996.
[10] Seminario Tenuta Presidenziale di Castelporziano 14 Giugno 1996 - Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano- Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC) – ENEA (Funzione Centrale Relazioni), Roma luglio 1997.
[11] I° Seminario Tematico G.D.L. Idrogeologia. - Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano- Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC) - ENEA Centro Ricerche Casaccia -5 novembre 1996.
[12] Provincia di Roma - Assessorato alla Protezione Civile . Indagine idrogeologica in località Valle del Renaro e Villa Presidenziale all'interno della Tenuta di Castelporziano. Servizio Protezione Civile - febbraio 1986 Roma.
[13] Azienda Comunale di Elettricità ed Acqua - Studio geoelettrico per sondaggi nella regione di Roma - Roma 1957.
[14] Servizio Geologico d'Italia dott. G. Zaccara - Studio geologico - geofisico della Tenuta " La Santola" - Roma 1959.
[15] Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano- Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC) - Rapporto 1997 - ENEA (Unità Comunicazione e Informazione), Roma febbraio 1999
[16] Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano- Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC) - Rapporto 1998 – ENEA (Unità Comunicazione e Informazione), Roma dicembre 1999

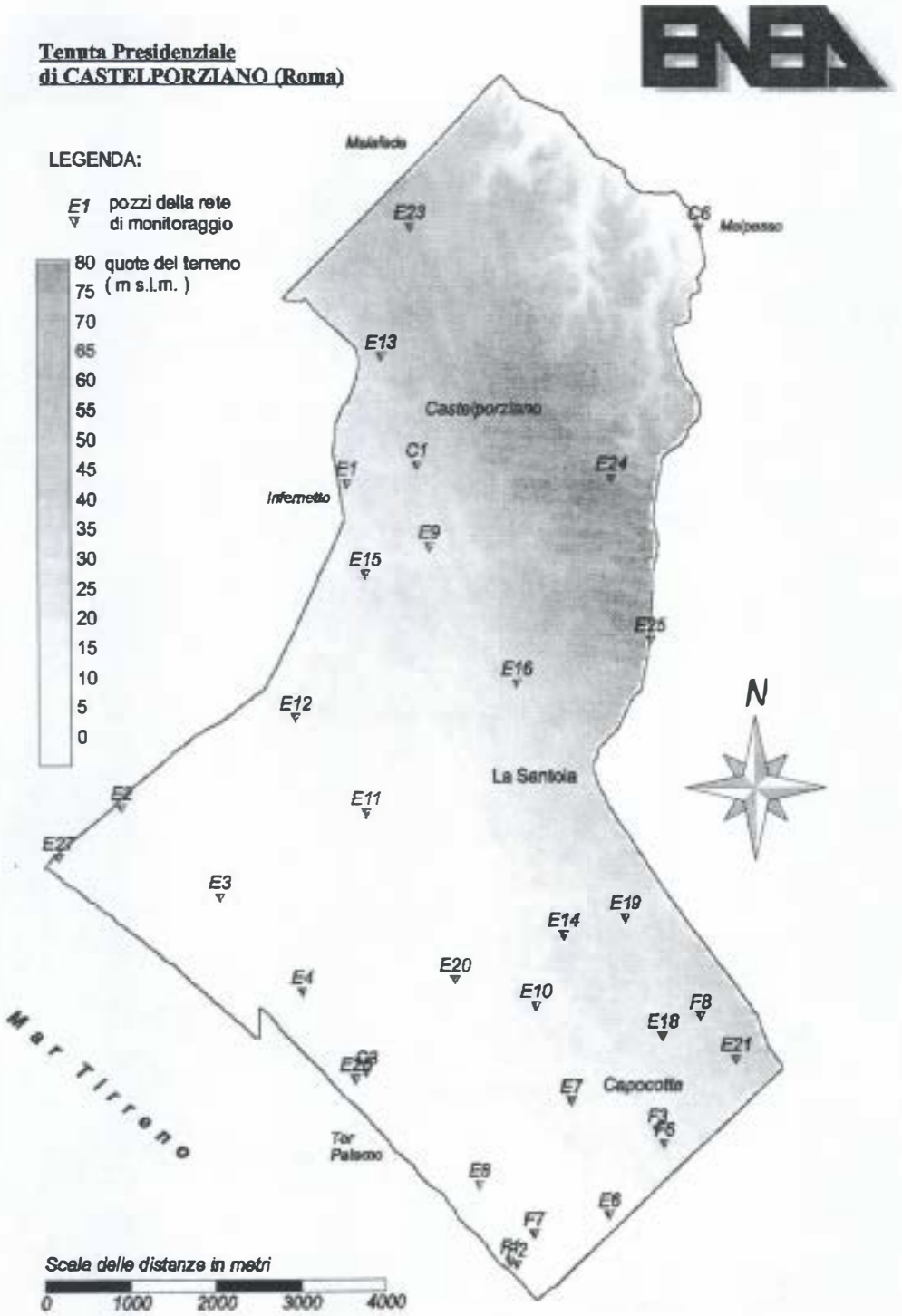


Figura 1 - I pozzi della rete di monitoraggio piezometrico

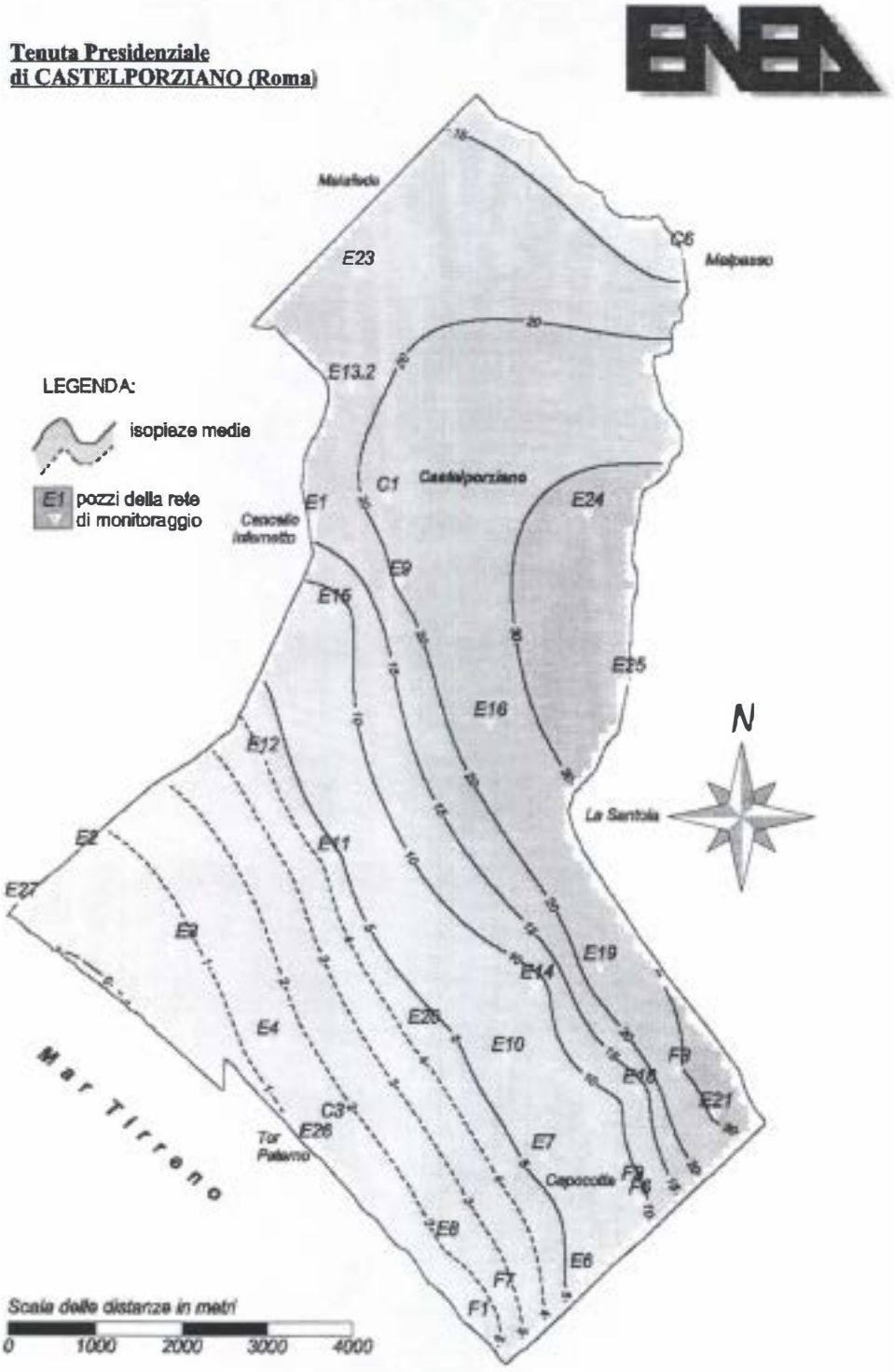


Figura 2 - Carta delle isopieze medie (1999)

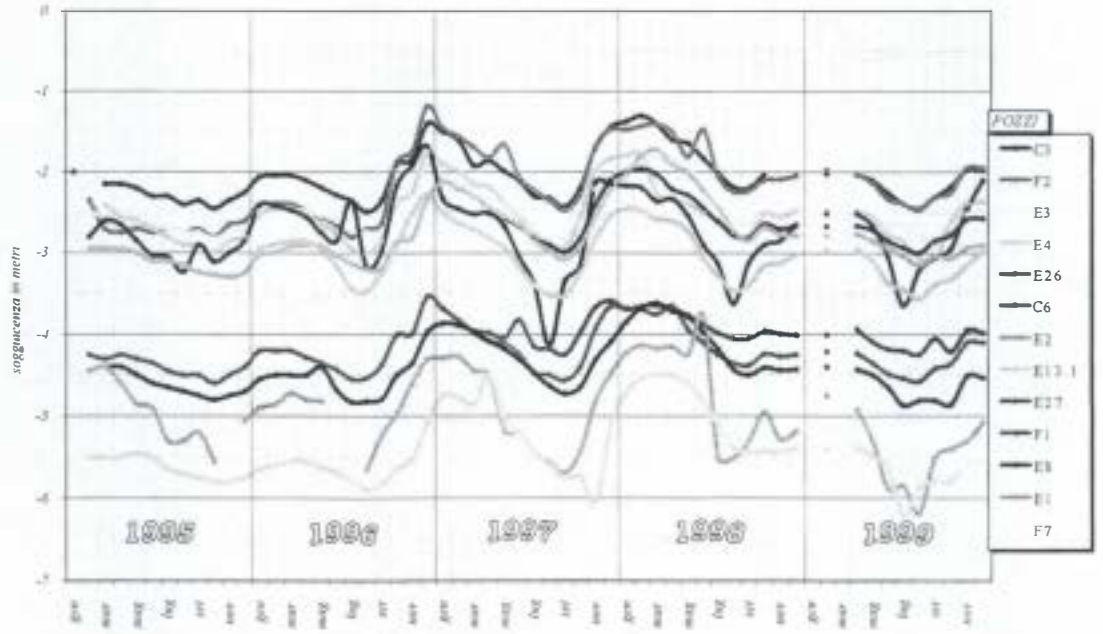


Figura 3 – Andamento dei livelli dell'acqua nei pozzi con soggiacenza media compresa tra 0 e 6 metri

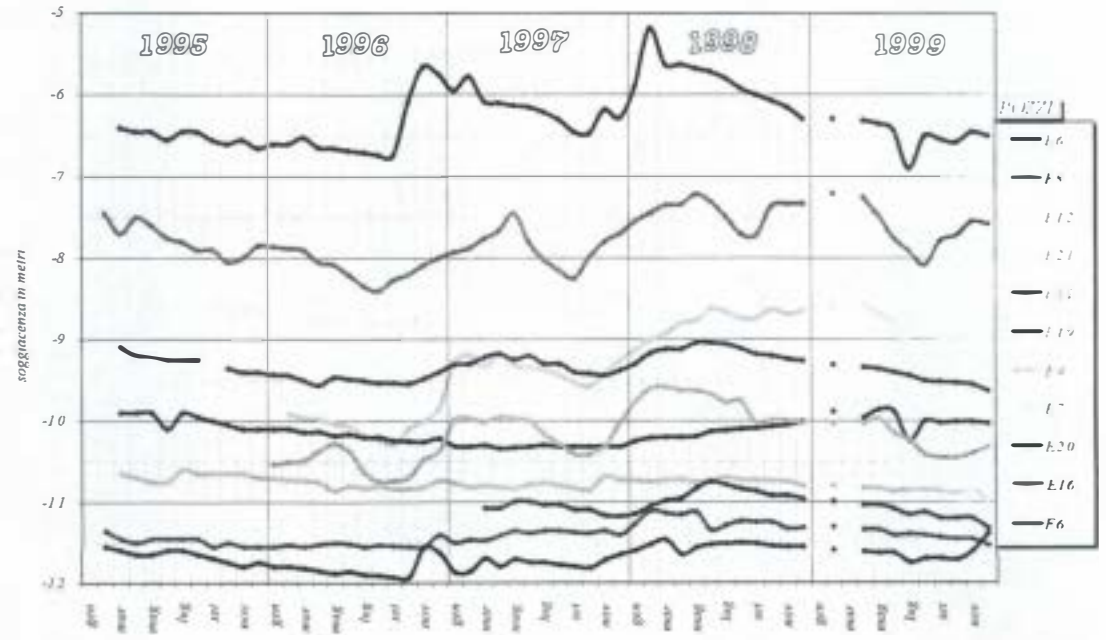


Figura 4 – Andamento dei livelli dell'acqua nei pozzi con soggiacenza media compresa tra 6 e 12 metri

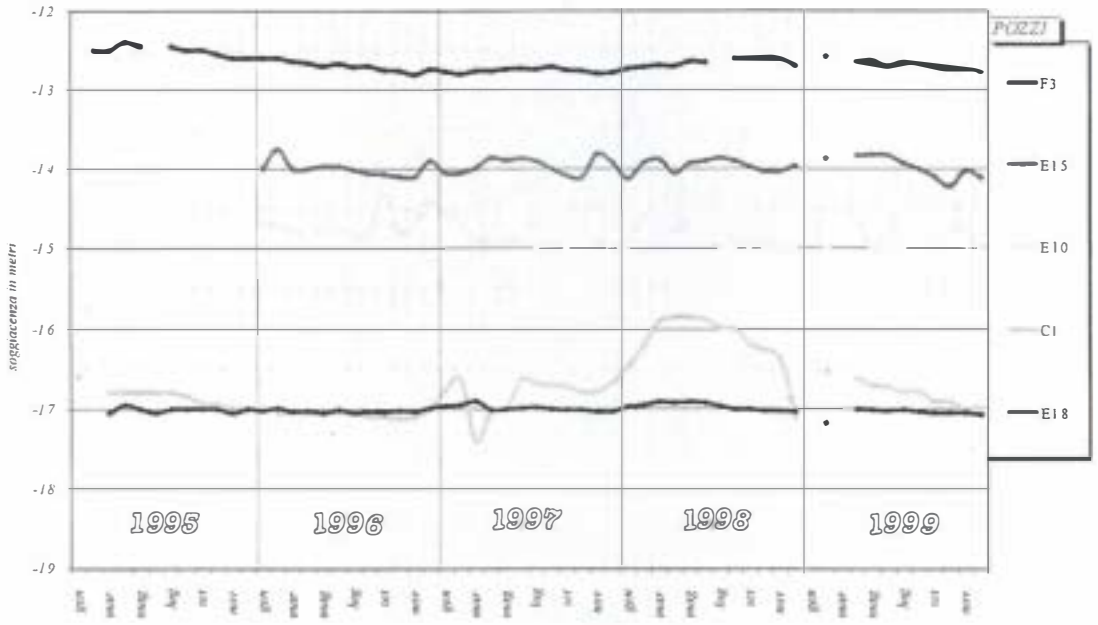


Figura 5 – Andamento dei livelli dell'acqua nei pozzi con soggiacenza media compresa tra 12 e 18 metri

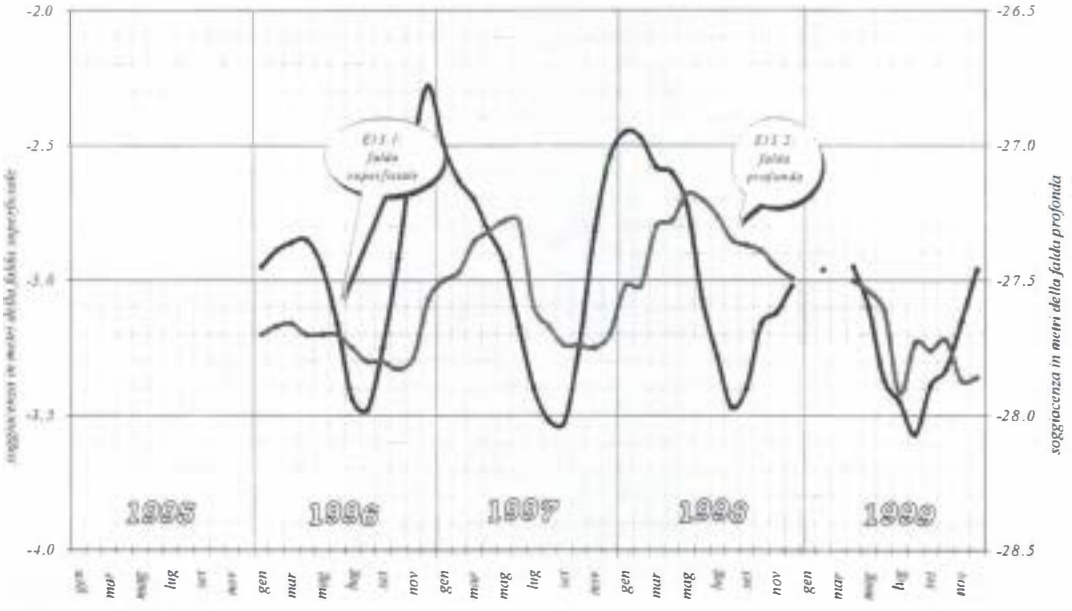


Figura 6 – Andamento dei livelli dell'acqua in due falde sovrapposte controllate con un pozzo piezometrico doppio

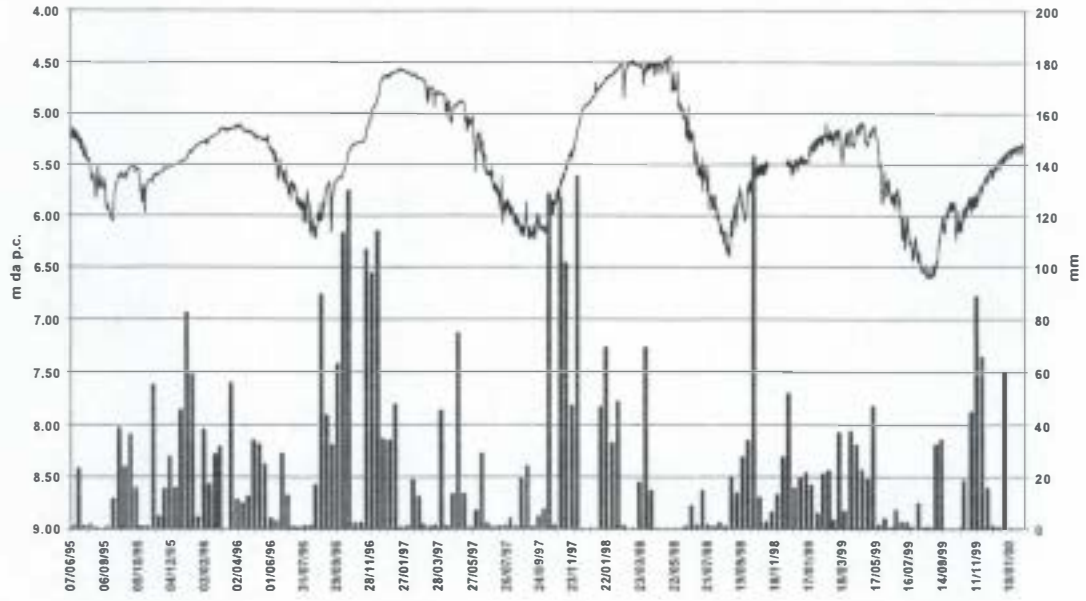


Figura 7 - Piezometro E1 - Profondità media giornaliera e precipitazioni cumulative per decadi

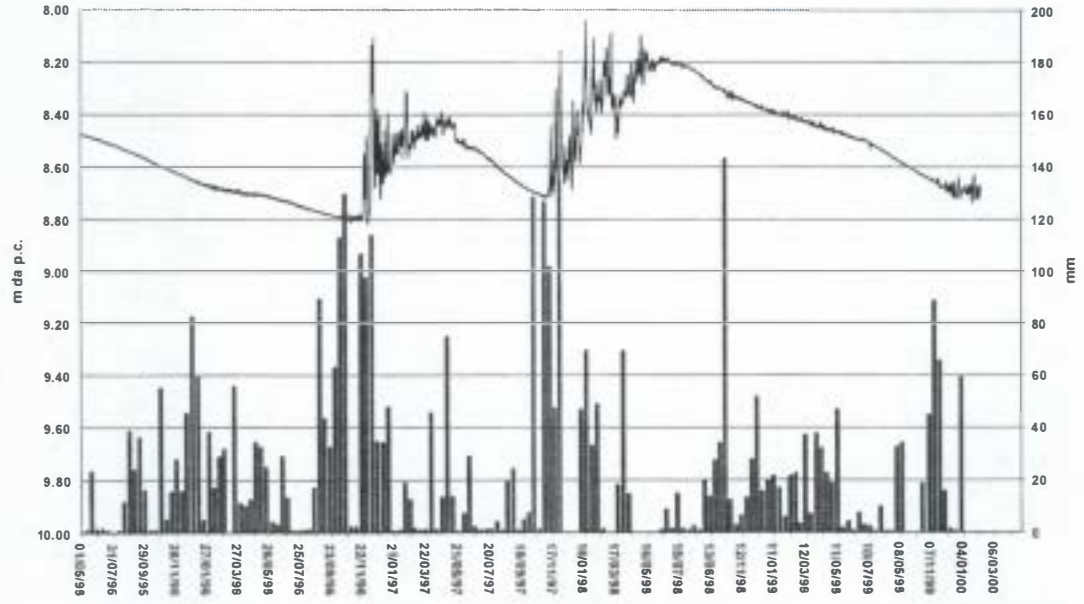


Figura 8 - Piezometro E12 - Profondità media giornaliera del piano campagna e precipitazioni cumulative per decadi

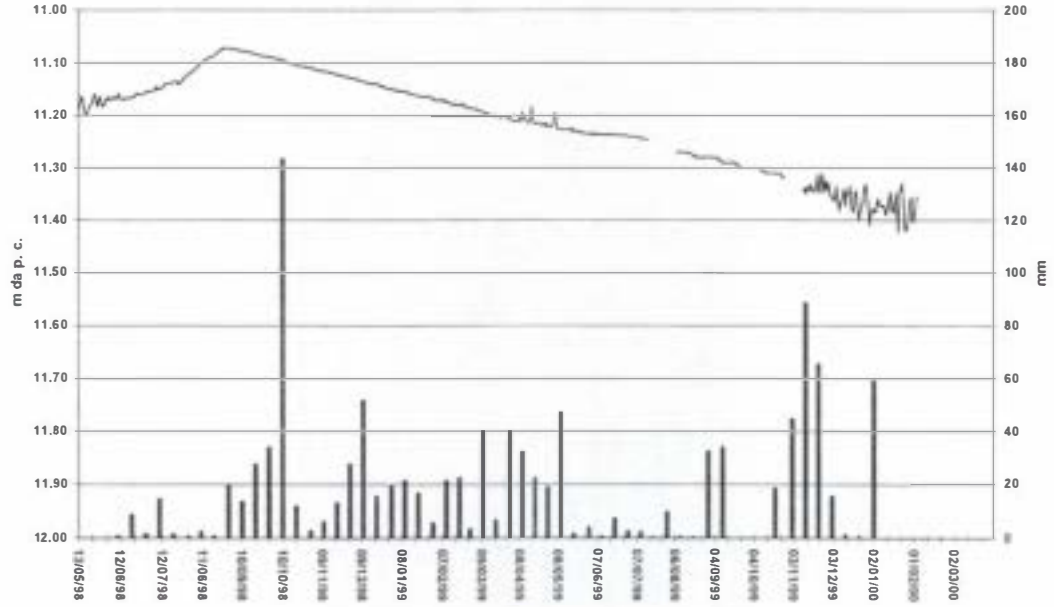


Figura 9 - Piezometro E7 - Profondità media giornaliera del piano di campagna e precipitazioni cumulative per decadi

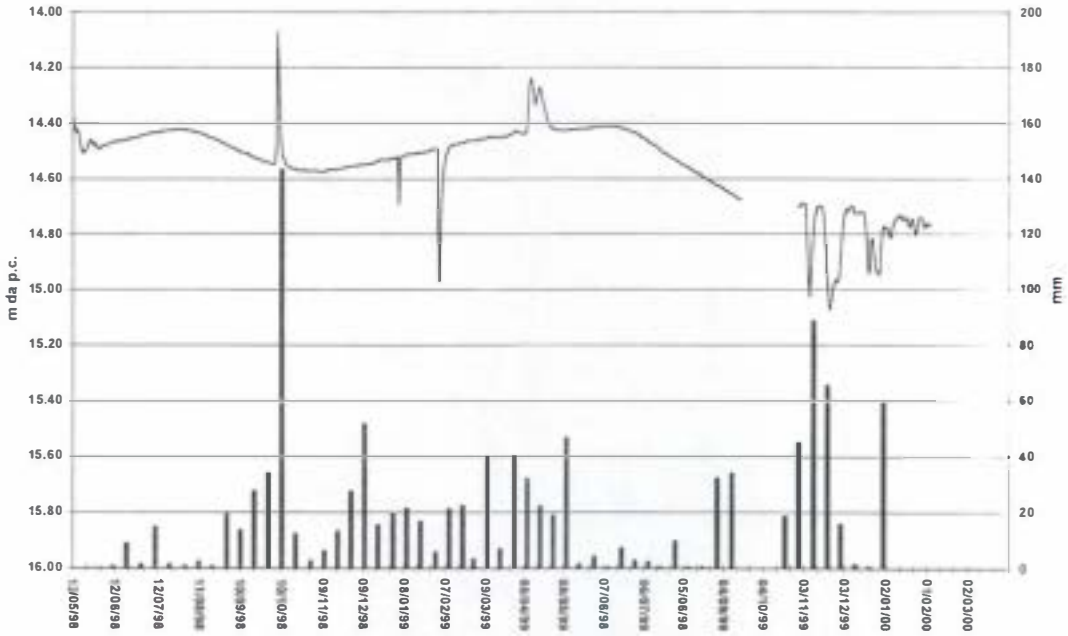


Figura 10 - Piezometro E15 - Profondità media giornaliera del piano di campagna e precipitazioni cumulative per decadi

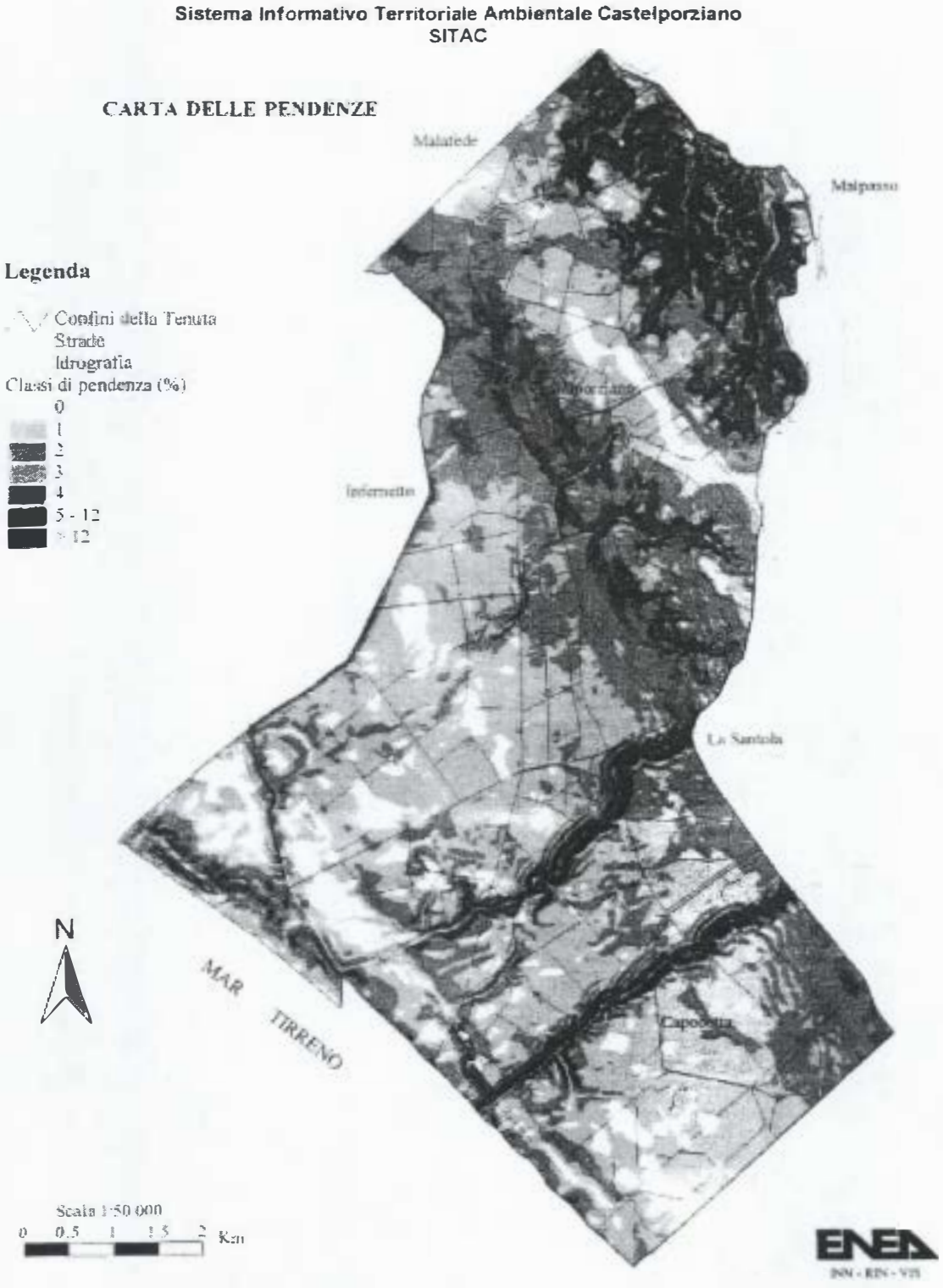


Figura 11 - Carta delle pendenze elaborata sulla base del modello digitale delle elevazioni

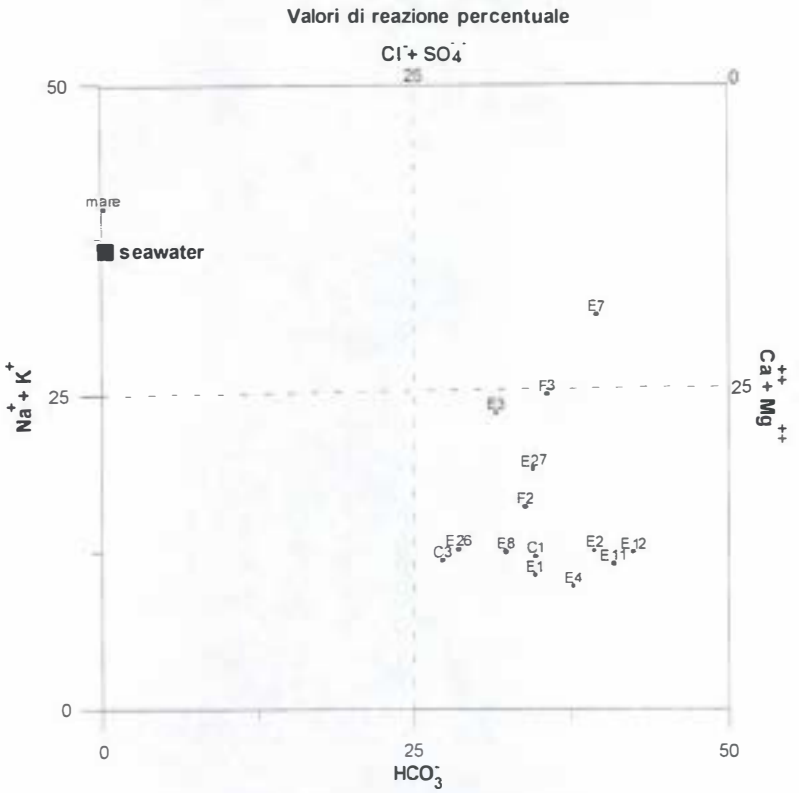


Figura 12 – Diagramma di Chebotarev

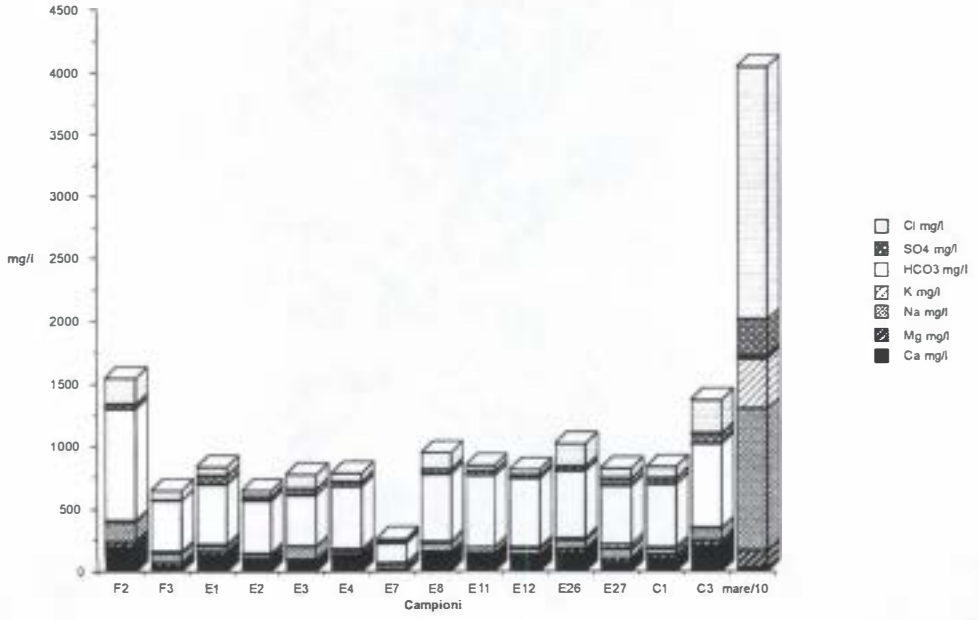


Figura 13 – Concentrazione degli elementi maggiori

GRUPPO DI LAVORO	**IDROGEOLOGIA**
TITOLO DELLA RICERCA	Indagini GPS
RESPONSABILE	Dott. F. Silvestri
UNITA' OPERATIVA	ISPELS – Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	F. Silvestri, M. Pecci, A. Marino, F. Damiani, D. Fratarcangeli, E. Mosca Goretta

INTRODUZIONE

Nel corso del periodo Dicembre 1998 – Dicembre 1999 l'attività di ricerca è proseguita secondo le metodologie già illustrate nel rapporto 1998, operando mediante indagini GPS. E' quindi proseguita la campagna di misure con strumentazione GPS per la georeferenziazione delle piscine della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, e di altri siti di interesse.

RILIEVI GPS

L'attività di georeferenziazione delle piscine della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, tramite GPS, si è articolata nelle seguenti fasi:

1ª fase (preliminare):
- individuazione dell'area interessata dal rilievo;
- scelta dei punti di misura;
- scelta e acquisizione dei vertici IGM '95 esterni alla Tenuta Presidenziale di Castelporziano: Fiumicino (149901), Castel Romano (150906), Maccarese (149701) e Pomezia (150903).

2ª fase (organizzativa):
- definizione degli accorgimenti da utilizzare per il rilevo (ricognizione preliminare, verifica del segnale/rumore, presenza di ostacoli, difficoltà logistiche);
- programmazione delle misure (anche su base stagionale).

3ª fase (operativa):
- esecuzione delle misure relative alla georeferenziazione del punto noto materializzato interno (punto 100: Castello di Castelporziano), rispetto ai vertici IGM '95;

  Sono state in tal modo ottenute le coordinate del Punto 100:

EST	NORD	QUOTA
2303774.522	4624570.282	63.182

- esecuzione delle misure relative ad alcuni punti quota rilevati con metodo topografico di precisione tradizionale dall'U.O. ENEA del G.d.L. "Idrogeologia";

Punto	**EST**	**NORD**	**QUOTA**
101	2302929.109	4617602.008	8.476
102	2303630.931	4623491.791	31.929
103	2303775.699	4624239.876	40.289
104q	2303436.265	4627217.507	64.972
105q	2305851.540	4624307.157	75.321
107	2299263.627	4619994.726	9.717

- esecuzione delle misure relative alle piscine;
- analisi dei dati (correttezza di denominazioni, offsets ecc.);
- archiviazione dei dati;
- elaborazione dei dati;
- compensazione delle misure;

- analisi dei risultati.

Lo strumento determina la propria posizione misurando la distanza da un gruppo di satelliti nello spazio. I satelliti costituiscono in tal modo precisi punti di riferimento.
Ogni satellite trasmette la propria posizione ed il tempo. Il ricevitore determina la distanza sulla base del tempo impiegato dal segnale a raggiungere l'antenna.
Sono teoricamente sufficienti 4 satelliti a determinare la posizione XYZ. La costellazione nominale di satelliti operativi è costituita da 24 satelliti con almeno da 5 a 8 satelliti "visibili" da ogni punto della terra.
Per il rilevamento è stato utilizzato un WILD GPS System 200 della Leica costituito da un sensore SR299/E con controller CR244, e da un sensore SR299 con controller CR244. Il sistema di rilevamento è di tipo differenziale, consiste cioè nel posizionare uno strumento in corrispondenza di un punto noto (punto 100) mentre l'altro sensore viene posizionato in corrispondenza dei siti da rilevare.
Sfruttando l'intero potenziale del GPS è possibile raggiungere una accuratezza di +/- 3 mm (rms) in planimetria e di +/- 10 mm (rms) in quota. Si devono tuttavia prendere in considerazione i fattori che limitano l'accuratezza quali:

- stabilità del centro di fase dell'antenna (si dovrebbero allineare tutte le antenne GPS utilizzate in campagna altrimenti l'errore giunge a +/- 5 mm);
- accuratezza delle effemeridi (per linee di base inferiori a 20 km l'errore è di circa 2 mm);
- riflessioni multiple (nessun ostacolo, come alberi e fogliame, dovrebbe ostruire il percorso del segnale dal satellite sopra un angolo d'elevazione di 10°);
- geometria dei satelliti;
- effetti dell'atmosfera;
- accuratezza delle coordinate della stazione fissa.

Una volta deciso il livello di accuratezza richiesto sono state effettuate delle scelte relative a:

- selezione dei siti di misura sulla base della copertura da parte della vegetazione e alla vicinanza antenne radio;
- tempi di osservazione (mai inferiori ai 20 minuti) ed ai parametri di registrazione dei dati.

Le osservazioni di campagna sono state effettuate in modalità "statico rapido" con l'utilizzo di ricevitori GPS in doppia frequenza, impostati per acquisire dati ogni 15 secondi.
La campagna di misure ha richiesto comunque tempi lunghi sia per il numero di siti (più di 150 piscine, fra permanenti e temporanee) che per le notevoli difficoltà logistiche affrontate. Sono anche state prese in considerazione le variazioni stagionali. E' stato possibile geoereferenziare con questo metodo circa 50 piscine. I dati sono stati successivamente elaborati utilizzando il software dedicato SKI.
Le piscine che, a causa della copertura della vegetazione, non è stato possibile georeferenziare sono state comunque identificate, controllate e posizionate, con una accuratezza accettabile per la scala del SITAC (1:10.000) con rilievo diretto su supporto cartografico.
Per quanto riguarda l'attività di rilievo GPS delle piscine, i dati sono stati elaborati e successivamente trasferiti al SITAC. I prodotti finali di questa specifica attività di ricerca sono rappresentati da:

- relazione relativa all'inquadramento geografico della tenuta di Castelporziano (punti noti e materializzati) nel sistema dei vertici IGM '95, con le allegate monografie.
- carta complessiva delle piscine di Castelporziano
- inserimento delle coordinate GPS nelle schede descrittive delle piscine

Sono poi anche state realizzate, compatibilmente con il tempo a disposizione, altre campagne di georeferenziazione di elementi notevoli (chiusini di cattura della fauna selvatica, linea di riva) all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano

3. CONCLUSIONI

Si può concludere che, nonostante le oggettive difficoltà rappresentate soprattutto dalla copertura vegetale e dalla difficoltà nel raggiungere i siti da rilevare, la tecnologia GPS si è rivelata estremamente utile nella georeferenziazione di elementi di interesse difficilmente localizzabili a causa della mancanza di visibili punti di riferimento riportati sulla cartografia.
Si considera inoltre che l'esistenza di punti noti materializzati all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano costituisca un patrimonio utile come base per eventuali ulteriori attività scientifiche nell'area.

BIBLIOGRAFIA

[1] BUCCI M. (1996). *Idrogeologia.* Progetto di monitoraggio ambientale della tenuta presidenziale di Castelporziano: Atti del Seminario tematico G.D.L. Idrogeologia 5 novembre 1996, Santa Maria di Galeria, Roma.

[2] E. FREI (1991). *Rapid differential positioning with the GPS.* Vol 24 degli Studi Geodetici e Geofisici Svizzeri – Dipartimento di Geodesia dell'Istituto Federale Svizzero. Zurigo

[3] GRUPPO DI LAVORO IDROGEOLOGIA-UNITA□ OPERATIVA ISPESL. Progetto di monitoraggio ambientale della tenuta presidenziale di Castelporziano:

[4] IV Report *"Indagini geologiche e geoelettriche"* - anno di ricerca 1996-1997.

[5] III Report *"Monitoraggio idrogeologico-Indagini geologiche e geoelettriche"* – anno di ricerca 1996-1997

[6] Report del III seminario, 1996, *Monitoraggio idrogeologico-Indagini geologiche e geoelettriche".*

[7] Report del II seminario, 1995, *"Monitoraggio idrogeologico-Indagini geologiche e geoelettriche".*

GRUPPO DI LAVORO	**IDROGEOLOGIA**
TITOLO DELLA RICERCA	Studio Idrogeologico delle Caratteristiche Fisiche e Chimiche delle Acque Sotterranee e Superficiali
RESPONSABILE	Dott. G. Busuoli
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	ENEA AMB C.R. Casaccia - Roma

PROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ PER IL 2000

Obiettivo principale per il prossimo anno di attività, in vista della conclusione di questo primo programma di monitoraggio della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, sarà il lavoro di sintesi delle informazioni raccolte al fine di predisporre elaborati da discutere con gli altri G. di L. onde definire significative interrelazioni fruibili nell'ambito del sistema S.I.T.A.C. .
Le quattro Unità Operative che costituiscono il Gruppo di Lavoro Idrogeologia proseguiranno, in stretta collaborazione con il personale della Tenuta, la raccolta dei dati sia attraverso misure sulla rete di monitoraggio permanente (pozzi, piscine e meteorologia) sia nel corso di campagne opportunamente predisposte (georeferenziazione tramite GPS, schede delle caratteristiche geologico tecniche dei terreni e dei fenomeni franosi). Proseguirà l'automatizzazione del sistema permanente di monitoraggio delle acque sotterranee in vista della sua utilizzazione come strumento permanente di controllo da parte dell'Amministrazione della Tenuta. Saranno inoltre sviluppati e portati a livello operativo i modelli matematici relativi alle acque sotterranee e alle piscine.

PROGETTO DI MONITORAGGIO
AMBIENTALE DELLA TENUTA
PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

TENUTA DI CASTELPORZIANO
RAPPORTO 1999

GRUPPO DI LAVORO

VEGETAZIONE

Responsabile: Prof. Alessandro Pignatti

UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI

Dipartimento di Biologia Vegetale - Università "La Sapienza" - Roma
A. Pignatti, F. Manes, M. De Lillis, L. Gratani, E. Donato, V. Silli, M. Giannini, G. Fanelli, L. Crisanti, M. F. Crescente, P. Menegoni, A. Todini, P. M. Bianco, P. Tescarollo

Di.S.A.F.Ri. - Università degli Studi della Tuscia - Viterbo
A. Macuz, G. Scarascia Mugnozza, E. Giordano

Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma
A. Tinelli

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Componente Vegetazionale dell'Ecosistema di Castelporziano
RESPONSABILE	Prof. A. Pignatti
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Vegetale – Università "La Sapienza" – Roma

INTRODUZIONE

Il programma di ricerca sull'ecosistema di Castelporziano è ormai arrivato alla conclusione. Negli ultimi mesi il lavoro è stato concentrato soprattutto sulla preparazione dei documenti finali, in modo che la grande massa di dati raccolta durante i cinque anni ora conclusi possa venire adeguatamente ordinata e messa a disposizione della comunità scientifica.

Il gruppo di lavoro sulla vegetazione, nelle sue varie componenti, ha prodotto una serie di lavori pubblicati in varie sedi scientifiche; i ricercatori delle varie unità operative hanno presentato dati in riunioni scientifiche e molti di questi dati sono stati ripresi, per il loro carattere innovativo, nella letteratura specializzata. In particolare vanno ricordate le diverse linee di ricerca riguardanti la produzione primaria dell'ecosistema, con particolare attenzione per le sue componenti forestali, la biologia della riproduzione delle specie arboree e la dinamica delle popolazioni di specie legnose durante la fase che segue immediatamente l'impianto delle giovani plantule.

Va tenuto presente che le ricerche si sono svolte secondo le metodiche più moderne, ed anche hanno dato l'occasione per proporre tecniche innovative, ad esempio nell'utilizzo di metodi avanzati di elaborazione automatica dei dati ottenuti dai rilievi aerei, per l'identificazione delle strutture vegetazionali. Un fattore importante è rappresentato dall'ampia partecipazione di giovani inseriti nelle attività di ricerca mediante un lungimirante sistema di borse di studio e contributi gestiti dall'Accademia dei XL. In questo modo si è ottenuto il doppio risultato di favorire la maturazione di giovani ingegni, e di inserirne la naturale creatività nella ricerca.

Sono ormai in stato di avanzata elaborazione anche opere di più ampio respiro, che possano dare una rappresentazione adeguata delle condizioni di funzionalità dell'ecosistema nel suo complesso. La moderna tematica della biodiversità sta alla base di una monografia che riunisce i dati relativi al componente vegetale: si tratta di oltre 1000 specie di piante vascolari, 300 licheni e quasi 100 briofite (che qui vengono per la prima volta censite). Dalla combinazione di queste specie risulta un gran numero di comunità vegetali, quasi un centinaio, che vengono descritte nei loro caratteri ecologici, la distribuzione, l'effetto dei fenomeni di competizione ed il ruolo svolto nella copertura del territorio. Un secondo lavoro a carattere monografico è dedicato alla successione della vegetazione, come fenomeno auto-organizzativo risultante dalla produzione di materia organica attraverso la fotosintesi. Particolare attenzione è dedicata alle comunità forestali, sia sempreverdi che caducifoglie: questi dati sono in gran parte del tutto nuovi per il nostro territorio, e da essi è possibile vedere i fenomeni della competizione tra le diverse specie da un nuovo punto di vista.

Al termine del programma quinquennale si può dunque affermare che ora si è giunti ad una conoscenza approfondita delle componenti vegetazionali dell'ecosistema, delle loro relazioni, dell'attività di produzione delle biomasse, assieme alla loro distribuzione topografica sul territorio e si dà in questo modo una base solida per lo studio delle interazioni con le altre componenti ecosistemiche, come fauna, suolo, risorse idriche ed atmosfera.

Nelle intenzioni del piccolo gruppo di studiosi che cinque anni fa ha proposto il programma di monitoraggio dell'ecosistema di Castelporziano era prevalente la preoccupazione di fornire una base obbiettiva per la valutazione delle variazioni nelle condizioni ambientali che caratterizzano l'ecosistema in questa fase di rapida transizione. Per quanto riguarda le attività del gruppo per lo studio della vegetazione si può dire che la quantità e la qualità dei dati raccolti vengono a costituire una base conoscitiva approfondita, sulla quale la comunità scientifica potrà contare per attività future.

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Realizzazione della Carta della Vegetazione della Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Ing. A.B. Della Rocca, Prof. A. Pignatti
UNITA' OPERATIVA	ENEA inn-riv-vis C.R. Casaccia – Roma Dipartimento di Biologia Vegetale – Università "La Sapienza" – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	P.M. Bianco, A.B. Della Rocca, S. Mugnoli, A. Pignatti

RIASSUNTO

Si presentano le metodologie utilizzate nell'elaborazione e nella stesura della Carta della Vegetazione di Castelporziano

1. INTRODUZIONE

L'esigenza di predisporre un'aggiornata e dettagliata Carta della Vegetazione della Tenuta di Castelporziano è emersa ripetutamente nel corso degli ultimi anni. Per un'appropriata conoscenza e gestione di un territorio naturale infatti la Carta della Vegetazione rappresenta uno degli strumenti di base, perché fornisce direttamente informazioni sulle condizioni ecologiche, biologiche e sulla biodiversità. Rispetto al passato, quando i dati erano raccolti e gestiti prevalentemente sul campo e mediante carte aeree, i progressi dell'informatica hanno permesso importanti evoluzioni nella gestione e organizzazione dei dati che sono alla base del presente lavoro.
La ragguardevole estensione della Tenuta (circa 60 Kmq comprendendo Capocotta), la difficoltà di accesso di alcune zone e l'elevata biodiversità rappresentano, infatti, notevoli ostacoli per chiunque voglia rilevare e cartografare i limiti territoriali tra le associazioni vegetali con i metodi tradizionali, senza ricorrere a lunghe e difficoltose osservazioni in situ o ad approsimazioni come vaghe definizioni delle classi oppure tratteggiature miste sulle rappresentazioni grafiche.
In questo quadro è maturata la decisione di sperimentare l'impiego di metodi di elaborazione ed analisi di immagini aeree multispettrali per realizzare una Carta della Vegetazione più aggiornata ed in grado di superare le difficoltà menzionate.
Le attività si sono svolte nell'ambito del Programma di Monitoraggio Ambientale attuato sulla Tenuta stessa, grazie alla stretta collaborazione fra il Gruppo di Lavoro impegnato nel SITAC e il Gruppo di Lavoro Vegetazione.
Tali attività si sono avvalse di immagini acquisite con un innovativo sensore Daedalus a 12 bande. Il lavoro è stato preceduto da uno studio sperimentale condotto sull'area di Malafede che ha costituito una significativa zona di test dal momento che include buona parte delle associazioni e popolamenti vegetali dominanti a Castelporziano e vi è presente un alto grado di diversità biologica.
I risultati conseguiti hanno indotto a procedure verso il completo sviluppo del metodo e la sua applicazione all'intero territorio della Tenuta. Dovendo la Carta riprodurre il maggior numero delle classi vegetazionali, per superare le costrizioni dovute al graficismo e per garantire una buona leggibilità cromatica, si è operato:

1) il raggruppamento della totalità delle comunità vegetali in 14 categorie principali preselezionate. Nel ridurre il numero di colori da riportare sulla Carta. Tale parametro riduce anche il numero delle classi rispetto a quelle presenti sul territorio, ma costituisce un netto miglioramento in confronto ad esperienze passate;
2) l'esclusione dalla rappresentazione cartografica dei poligoni aventi un'estensione superficiale al di sotto di ¼ di ettaro.

Nella Carta finale così prodotta si sono attenuati alcuni livelli di informazioni, ma se ne sono evidenziati altri direttamente riferibili all'identificazione di comprensori a vegetazione statisticamente uniforme (per cui gli aspetti eventualmente soppressi assumerebbero, in funzione della loro limitata estensione, il ruolo

di facies all'interno di situazioni floristicamente costanti) e necessari per l'adeguata leggibilità della Carta.
Si è dovuto effettuare un accorpamento soprattutto per quanto riguarda i boschi umidi; le associazioni presenti (*Carici-Fraxinetum*, *Querco-Carpinetum*, *Lauro-Carpinetum* e Populetum albe) hanno comunque spesso un'estensione di poche centinaia di metri quadri e il loro accorpamento permette ugualmente di osservare la diffusione dei boschi igromesofili a Castelporziano. Analogamente si è proceduto per la vegetazione delle piscine, zone ad alta biodiversità, dove sono rappresentate cinque classi (*Lemnetea*, *Phragmito-Magnocaricetea*, *Bidentea*, *Isoeto-Nanojuncetea*, *Molinio-Arrhenetheretea*) e una decina tra associazioni e popolamenti spesso però estesi per poche decine di metri quadri.
Le informazioni ottenute dall'elaborazione del rilevamento aereo sono comunque tutte registrate nel SITAC sotto forma numerica e permettono, a scale di maggior dettaglio, ulteriori analisi e approfondimenti relativi a settori più piccoli, riferiti a un maggior numero di classi e, al limite, a determinate specie. Giova inoltre ricordare come, per la sua natura cibernetica, tutto il materiale immesso nel sistema può continuamente essere verificato, aggiornato e migliorato e i problemi rilevati durante le ricerche possono semplicemente rendere più facili gli studi futuri sulla cartografia territoriale informatizzata.
Uno specifico processo statistico è stato posto in atto per stimare l'accuratezza tematica della Carta della Vegetazione ed ha condotto a risultati tali da confermare il buon grado di affidabilità dei processi di elaborazione di immagini digitali con i sistemi informatici disponibili presso il SITAC per l'identificazione di quasi tutte le principali associazioni vegetali presenti nella Tenuta.

2. REALIZZAZIONE DELLA CARTA

Quattro le attività fondamentali stabilite al termine della fase progettuale:
- Correzione geometrica e georefenziazione delle riprese aeree;
- Classificazione;
- Mosaicatura;
- Vettorializzazione ed editing.

Per ciò che riguarda gli ambienti software, si è fatto ricorso al sistema ERDAS/IMAGINE per le procedure di image processing e gestione dei file raster ed al sistema ARC/INFO per la gestione dei file vettoriali e per la stampa della Carta. Le apparecchiature utilizzate sono piattaforme UNIX SUN Ultra 3000, per quanto riguarda le capacità di calcolo, nonché numerose periferiche specializzate quali il tavolo digitalizzatore CALCOMP 9100 per la trasposizione in forma numerica di informazioni cartografiche riportate su supporto cartaceo ed il plotter HP Design Jet 755 CM per la stampa finale della Carta.

2.1. Correzione geometrica e georeferenziazione delle riprese aeree

Nel maggio del 1992 l'ENEA ha fatto eseguire un volo aereo sopra la Tenuta di Castelporziano effettuando la ripresa mediante un sensore a scansione ottico-meccanico, DAEDALUS mod.1268, dotato di 12 bande spettrali di acquisizione (canali). La Tenuta è stata sorvolata ad una quota di 1500 metri e ripresa in 6 "strisciate" affiancate, ognuna orientata in direzione Sud-Nord ed avente un'ampia fascia (30% ca) di sovrapposizione laterale con le sue adiacenti.
Ciascuna delle 6 immagini ottenute è formata da linee di scansione (fino ad un massimo di 3871) costituite da 890 pixel, ognuno dei quali sottende un'area al suolo quadrata con lato di 4 metri.
Come qualunque immagine telerilevata anche quelle DAEDALUS sono affette da distorsioni geometriche e non sono georeferenziate. Pertanto è stato necessario un processo di correzione geometrica e di georeferenziazione delle 6 riprese aeree.
Una prima forma di distorsione si è manifestata con una "compressione" geometrica dal centro della strisciata verso i suoi bordi dovuta alla crescente lontananza dell'area scandita rispetto alla verticale del sensore (effetto panoramico). Questa distorsione è stata rimossa sottoponendo singolarmente le 6 strisciate ad uno specifico algoritmo di compensazione.
Tuttavia, in ciascuna delle 6 immagini sono rimasti dei residui di alterazione geometrica dovuti a numerosi fattori, ivi inclusa la stessa orografia del terreno, anche se nel caso di Castelporziano quest'ultima, per la sua scarsa entità, non ha un forte effetto distorcente. Inoltre ogni immagine non risultava ancora georiferita. Pertanto si è proceduto verso una seconda fase di elaborazione con cui eliminare le deformazioni restanti e georeferenziare le singole immagini affinché costituissero una "geograficamente fedele" rappresentazione della rispettiva porzione di territorio.
Per ogni strisciata, tale rettificazione è stata eseguita con la seguente successione di azioni:

1) selezionando sull'immagine un elevato (non meno di 20) numero di dettagli territoriali come incroci di strade, vertici di strutture urbane, etc. e denominati Ground Control Point (GCP);
2) riconoscendo i medesimi dettagli (punti omologhi) sulla cartografia di riferimento, costituita dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) 1:10.000, ricavandone le esatte coordinate geografiche;
3) sottoponendo l'intera immagine ad un complesso algoritmo che la rendesse "sovrapponibile" alla CTR, ovvero che la deformasse geometricamente imponendo la coincidenza geografica fra i GCP ed i rispettivi omologhi;
4) assegnando ad ogni pixel dell'immagine le coordinate geografiche derivanti (stimate) da questo ideale processo di sovrapposizione.

La "precisione" cartografica dell'immagine è stata infine verificata. Purtroppo, l'errore quadratico medio ammontava a circa 60 metri, risultando troppo elevato per gli scopi prefissati.
Questa grave incongruenza va attribuita alle approssimazioni insite nell'algoritmo di rettificazione e la forma notevolmente allungata lungo l'asse Sud-Nord delle riprese aeree.
La strada intrapresa per superare queste difficoltà è stata quella di frazionare le strisciate in porzioni piccole e meno allungate poiché in generale si prestano meglio ad essere corrette e georiferite con risultati più accurati.

2.1.1. Suddivisione in tessere.
La soluzione di ripartire le strisciate in sottoimmagini più piccole avrebbe reso più accurata la georeferanziazione di ciascuna di esse ma avrebbe accresciuto il numero di elementi da giustapporre per ricostruire il quadro completo della Tenuta. Il compromesso raggiunto è stato quello di frazionare in tre parti ciascuna, lungo la direzione Est-Ovest, le strisciate più lunghe (la 2, 3, 4 e 5) e di "accorciare" la 1 (zona di Castelfusano) e la 6 (zona estremo Est di Capocotta) mantenendone le linee di scansione indispensabili. Le 14 sottoimmagini sono state ritagliate lungo l'asse Sud-Nord (longitudinale) eliminandone le fasce più esterne, geometricamente distorte. Va ricordato l'ampia sovrapposizione laterale, che fa si che la zona più esterna di una strisciata coincide con quella centrale, e perciò meno distorta, della strisciata contigua.
Un ulteriore criterio con cui è stata effettuata la suddivisione in tessere è stato quello di assicurare la presenza in ciascuna di esse di un adeguato numero di elementi territoriali utilizzabili come GCP nella successiva fase di correzione geometrica e di georiferimento.
Le tessere sono state corrette e georiferite una ad una. Per quanto concerne la tecnica di ricampionamento utilizzata nell'algoritmo di correzione geometrica si è preferito il metodo "Nearest Neighbor" perché non modificava il contenuto radiometrico delle tessere, non riducendo quindi il livello di discriminabilità spettrale delle singole categorie vegetazionali.
In termini di "precisione" cartografica sono stati raggiunti risultati prossimi agli standard di qualità della scala 1:10.000, dal momento che l'errore quadratico medio stimato sul complesso delle 14 tessere georiferite è stato di 10 metri circa, contro i 60 metri relativi ad una strisciata intera.

2.2. Classificazione
L'attribuzione di ogni pixel ad una delle N categorie (classi) di oggetti presenti al suolo (coperture) viene fatta sulla base della risposta spettrale che dipende dal tipo e dallo stato fisico della copertura presente nell'areola di territorio (4m x 4m nel caso specifico) che esso sottende. Per la realizzazione della Carta della Vegetazione di Castelporziano è stato utilizzato il metodo "supervised" che si fonda su due fasi.
La prima, detta training, consiste nel selezionare e delimitare sull'immagine una serie di aree (training area) la cui rispettiva copertura è nota a priori, attraverso rilevamenti in situ, e corrisponde ad uno degli N tipi da classificare. Determinato il prototipo di ciascuna classe, nella seconda fase del metodo (detta di classificazione) la risposta spettrale di ogni singolo pixel viene "confrontata" con gli N prototipi ed esso viene attribuito alla classe cui risulta più prossimo. Il confronto tra la risposta spettrale dei pixel e la firma spettrale delle N categorie viene effettuato su basi numeriche ed a tal fine si possono seguire numerose e diversificate regole, ognuna delle quali è implementata da uno specifico algoritmo. In ogni caso il pixel appena classificato viene etichettato con un codice alfa-numerico che simboleggia la copertura territoriale alla quale è stato assegnato. Al termine del processo di classificazione, pertanto, si ottiene una nuova immagine (immagine classificata) costituita solo dagli N codici alfa-numerici prescelti (e non da valori di radianza) i quali sono distribuiti nell'immagine in modo da replicare la distribuzione al suolo delle N classi di copertura.

2.2.1. Rilevamenti di campo e definizione delle classi vegetazionali

La base botanica su cui è stata costruita la Carta della Vegetazione è formata da oltre duecento rilevamenti fitosociologici di campo effettuati secondo il metodo Braun-Blanquet con scala di copertura Pignatti e raccolti nella Tenuta nel corso degli ultimi anni (nel 1998 ammontavano a 300) in particolare da Pignatti, Wikus e Bianco. La nomenclatura delle specie segue la "Flora d'Italia" del Pignatti (1982). La tabella di tali rilievi è stata sottoposta ad analisi multivariata per mezzo del package Wildi-Orloci e, successivamente, a una revisione per mezzo del programma Syntax (Wildi O. & Orloci L. 1983).

Osservazioni di campo sono state effettuate nelle varie stagioni e, parallelamente alla raccolta dei rilevamenti, è stata registrata sulla C.T.R. a scala 1:10.000 della Tenuta la posizione dei singoli popolamenti o associazioni. Procedendo, dove necessario, alla aggregazione di osservazioni puntuali omogenee si sono così delimitate sulla C.T.R. le aree su cui sono stati effettuati i rilevamenti di campo e che si riferivano praticamente a tutte le associazioni vegetali della Tenuta. I rilevamenti così elaborati e cartografati sono stati utilizzati per la selezione e la delimitazione delle training area ai fini della classificazione delle immagini, senza ulteriori adattamenti in quanto erano stati organizzati in modo ottimale per poter essere associati ad ogni singola tessera.

L'elaborazione dei rilevamenti fitosociologici ha evidenziato la presenza di 43 diverse associazioni vegetali sul territorio della Tenuta. Essendo impossibile mantenere un'adeguata leggibilità grafica su un supporto cartaceo che riproduca un numero così elevato di classi che, inoltre, su vaste zone manifestano un altissimo grado di parcellizzazione, i 43 tipi sono stati raggruppati in 13 classi principali, alle quali è stata aggiunta un'ulteriore categoria di copertura relativa al suolo non vegetato. Le 14 classi così definite sono elencate in

IDENTIF. CLASSE	DESCRIZIONE DELLA COPERTURA	IDENTIF. CLASSE	DESCRIZIONE DELLA COPERTURA
1	*Echinopo-quercetum frainetto*	8	Praterie antropiche
2	Boschi igromesofili	9	Praterie aride
3	*Viburno-quercetum ilicis* (a macchia)	10	Praterie mesoigrofile
4	*Viburno-quercetum ilicis* (ad alto fusto)	11	Vegetazione delle piscine
5	*Viburno-quercetum ilicis* (ericetosum)	12	*Rubo-ulmion*
6	*Viburno-quercetum ilicis* (suberetosum)	13	Piantumazioni
7	Garighe	14	Suolo non vegetato

Tabella 1 – Tipologie di coperture al suolo (classi) e loro codice identificativo

Alla fine delle due azioni (rilevamenti di campo e scelta delle classi vegetazionali) è stata ottenuta la lista delle categorie vegetazionali da classificare e la delimitazione, almeno sulla CTR, delle aree su cui sono stati effettuati i rilevamenti di campo per ciascuna categoria. Tale delimitazione è stata propedeutica alla selezione e delimitazione delle training area che sarà descritta nel prossimo paragrafo.

2.2.2. Estrazione delle firme spettrali e classificazione delle tessere

Avendo georiferito le tessere è risultato agevole sovraimporvi le delimitazioni delle associazioni vegetali già registrate sulla CTR. Questa operazione ha permesso di tracciare sulle tessere i confini delle Training Area (TA) di tutte le categorie di copertura al suolo elencate. Sono state selezionate e delimitate 354 TA, L'estensione territoriale complessiva delle TA selezionate è stata di 307 ha (pari all'incirca al 5% dell'estensione superficiale dell'intera Tenuta) con un valore medio di 1,02 ha, un minimo di 0,812 ha ed un massimo di 18 ha.

A questo punto i pixel facenti parte delle TA di una stessa classe di copertura al suolo sono stati riuniti nel computo statistico effettuato per stimare la Firma Spettrale (FS) della classe e tale operazione è stata ripetuta per le 14 classi.

Una volta ricavate le FS delle 14 Classi selezionate si è proceduto alla fase di classificazione di ogni tessera utilizzando il criterio della "massima verosimiglianza". Tale criterio si basa sulla assunzione che i punti che formano il cluster di una generica classe siano distribuiti intorno al loro centro secondo una legge Gaussiana. Il criterio è stato operativamente applicato mediante un complesso algoritmo che, per

ogni pixel da classificare, dapprima ha stimato statisticamente la sua probabilità (verosimiglianza) di appartenere ad ognuna delle 14 classi; quindi lo ha assegnato effettivamente a quella classe per la quale tale probabilità è risultata massima; infine, lo ha etichettato con un predefinito codice alfanumerico associato alla classe.
A conclusione di questo articolato processo tutte le tessere sono state classificate e il prodotto finale ottenuto consiste in 14 differenti immagini formate solo dai codici alfanumerici descrittivi delle 14 Classi di copertura al suolo selezionate.

2.3. Mosaicatura

Il processo è stato eseguito mediante l'algoritmo "mosaicking images" in dotazione al pacchetto software ERDAS/IMAGINE. E' risultato essenziale che le singole tessere fossero già state georiferite, poiché la mosaicatura è stata messa in atto mediante un procedimento che le ha unite facendo combaciare punti aventi le medesime coordinate geografiche.
Nonostante si fossero accorpate le coperture al suolo in soli 14 tipi, persisteva una fortissima frammentazione dei colori in vaste porzioni di territorio (effetto sale e pepe) dovuta anche all'estensione troppo piccola di alcune training area. Per attenuare quest'effetto e per migliorare la leggibilità della Carta si è stabilito di rappresentare graficamente solo quelle aree a copertura omogenea che avessero un'estensione superficiale di almeno ¼ di ha e si sono aggiunte training area di maggiore estensione. Esse, infatti, alla scala 1:10.000 risultano ben distinguibili poiché corrispondono a superfici di 0,25 cm^2 (5 mm per 5 mm).
Per mettere in pratica tale criterio di selezione il mosaico è stato sottoposto ad un algoritmo di analisi di "contiguità", nel senso che è stato scandito punto per punto per individuare i gruppi di pixel che rispettavano omogeneità di classe e contiguità geografica. Sono stati così identificati tutti gli agglomerati di pixel che appartenevano ad una medesima copertura al suolo e che erano geograficamente a diretto contatto tra loro. In questo modo è risultato facile il calcolo automatico dell'estensione superficiale di ognuno degli agglomerati individuati e quindi l'eliminazione di quelli con superficie al di sotto della soglia prestabilita di ¼ di ha. In realtà eliminazione va intesa nel senso che i loro pixel sono stati sostituiti con quelli della classe di copertura che li inglobava.

2.4. Vettorializzazione ed editing

Le informazioni numeriche che servono a descrivere grandezze territoriali, quali ad esempio la distribuzione al suolo delle classi di vegetazione, possono essere registrate seguendo due differenti modalità denominate rispettivamente raster e vettoriale. Nel primo caso, esemplificato nel precedente paragrafo, il territorio è ripartito in un grigliato (raster) di punti (pixel) ad ognuno dei quali è associato un codice numerico descrittivo della specifica grandezza di interesse. Nella modalità vettoriale, invece, la stessa grandezza territoriale viene registrata memorizzando nel file solo la sequenza delle coppie di coordinate geografiche (vettore) definita dai vertici del poligono che circoscrive la zona, unitamente ad un unico attributo numerico che ne identifica la classe.
La modalità vettoriale presenta il vantaggio non trascurabile di generare file di dimensioni sensibilmente più ridotte per la memorizzazione. Attualmente sono disponibili algoritmi che permettono di operare la trasformazione dall'una forma all'altra e viceversa con notevole affidabilità dei risultati, anche se la conversione raster vettoriale necessita di un maggior controllo su quanto ottenuto.
Nel caso della Carta della Vegetazione di Castelporziano la conversione dalla forma raster a quella vettoriale è stata realizzata mediante l'algoritmo "Raster to Vector" del modulo vettoriale di ERDAS/IMAGINE che permette la conversione immediata di file tematici raster in coperture vettoriali mantenendo il codice numerico del pixel (che ne identifica la classe di copertura al suolo) come etichetta (label) del poligono creato. Va notato che il file che contiene la Carta in formato raster occupa ca. 8 Mbyte mentre quello relativo alla versione vettoriale ne occupa solo 1,5 Mbyte.
Lo strato informativo che memorizza la Carta in forma vettoriale è risultato essere formato da 772 poligoni ripartiti per Classe. Nella tabella si illustrano alcuni dati statistici dai quali si evince, ad esempio, che la classe più estesa è la n.1 (Cerreta) con 2049 ha, mentre quella con minore estensione è la n.11 (Piscine) con 6,28 ha.

Identif. della Classe	Numero di poligoni	Estensione Superficiale tot. (ha)
1 Echinopo-quercetum frainetto	138	2049
2 Boschi igromesofili	45	142
3 Viburno-quercetum ilicis (a macchia)	103	464
4 Viburno-quercetum ilicis (ad alto fusto)	65	503
5 Viburno-quercetum ilicis (ericetosum)	40	367
6 Viburno-quercetum ilicis (suberetosum)	24	230
7 Garighe	7	32
8 Praterie antropiche	33	262
9 Praterie aride	86	486
10 Praterie mesoigrofile	2	20
11 Vegetazione delle piscine	10	6.28
12 Rubo-ulmion	40	62
13 Piantumazioni	79	1234
14 Suolo non vegetato	14	149

Tabella 4 – Principali caratteristiche dello strato informativo vettoriale

Il processo di vettorializzazione ha attenuato le incongruenze geografiche alle giunzioni fra tessere, ma ha anche inserito errori dovuti al sensore (effetto "stripe") che si traducono in linee dell'immagine in cui mancano completamente le informazioni territoriali. Tali linee generano poligoni autonomi che devono necessariamente essere eliminati poiché non rappresentano reali confini di classi di copertura al suolo.
Pertanto è stato necessario passare all'editing dello strato informativo vettoriale ottenuto. In questa fase la correzione dei poligoni è stata realizzata agendo puntualmente sui poligoni da correggere. Tali correzioni visive manuali sono state effettuate con il supporto del modulo di editing di ERDAS/IMAGINE, che permette di tagliare, unire, copiare, arrotondare i segmenti che delimitano i poligoni. Il precedente processo di aggregazione ed eliminazione ha permesso, di operare su uno strato informativo vettoriale più facilmente gestibile anche per la correzione delle incongruenze. Se la vettorializzazione fosse stata effettuata sul mosaico risultato direttamente dal processo di classificazione, il numero dei poligoni ottenuti sarebbe stato talmente elevato (parecchie migliaia) che lo strato informativo sarebbe divenuta assolutamente ingestibile.

3. STIMA DELL'ACCURATEZZA DELLA CARTA

Al termine delle attività descritte nel capitolo precedente, la Carta della Vegetazione è stata sostanzialmente realizzata poiché si è ottenuta la distribuzione territoriale sull'intera Tenuta delle 14 classi di vegetazione definite. Tale prodotto, pur avendo le proprietà cartografiche della C.T.R. a scala 1:10.000, non è ancora la vera e propria Carta della Vegetazione, essendo privo di una serie di elementi tipicamente cartografici e di composizione tipografica quali il reticolato geografico, la legenda, etc., ma ne costituisce certamente l'elemento di informazione più importante per la sua redazione finale. Come descritto in precedenza esso risulta perfettamente sovrapponibile alla C.T.R. ed è stato ottenuto e memorizzato sul computer sia nel formato raster (immagine), sia in quello vettoriale (strato informativo). Per comodità espositiva nel seguito di questo capitolo tale prodotto sarà sinteticamente denominato "Strato Informativo della Vegetazione" e ad esso fa riferimento specifico la figura 3a.

3.1. Metodologia e risultati

L'accuratezza della Carta della Vegetazione può essere espressa dalla probabilità che, scelto un suo punto, la classe di copertura vegetale attribuita coincida con quella che effettivamente vi è presente. Questa evenienza ricorrerà tanto più frequentemente quanto minori saranno stati gli errori commessi nel processo che ha condotto alla realizzazione dello Strato Informativo della Vegetazione, cominciando dal rilevamento aereo per finire alle operazioni di editing manuale (vedi par.2.4) e passando attraverso le fasi elaborative di correzione geometrica (vedi par.2.1), classificazione (vedi par.2.2) e aggregazione ed eliminazione (vedi par.2.3). Inoltre è ragionevole supporre che la suddetta probabilità possa variare col variare della copertura vegetale stessa poiché alcune classi, più di altre, possono aver sofferto gli errori

insiti nel processo di produzione. Pertanto è necessario appurare sia l'accuratezza globale dello Strato Informativo della Vegetazione sia quella relativa a ciascuno dei 14 tematismi in essa riportati.
La procedura seguita per stimare tali differenti probabilità si è articolata in una serie di passi:

1) sono state selezionate 100 aree di un ettaro di superficie ciascuna, denominate Control Area (CA), distribuite sul territorio della Tenuta in modo casuale.
2) Con l'ausilio del supporto cartografico così preparato, le singole CA sono state localizzate direttamente sul territorio della Tenuta e per 57 di esse sono state identificate le classi di copertura vegetale. Le CA in cui sono stati effettuati i rilevamenti di campo si possono così considerare dei veri e propri "tasselli" di verità al suolo e ne sono stati ottenuti solo 57 poiché sono state scartate preliminarmente le CA che coincidevano, in tutto o in parte, con le TA utilizzate per il processo di classificazione nonché le CA che presentavano zone di sovrapposizione. La superficie totale dei 57 tasselli risulta comunque significativa poiché equivale a circa l'1% dell'estensione dell'intera Tenuta.
3) Successivamente i 57 tasselli sono stati cartograficamente sovrapposti allo Strato Informativo della Vegetazione e per ogni tassello sono stati estratti 100 punti distribuiti spazialmente in maniera casuale.
4) Il numero totale di punti di controllo in cui lo Strato Informativo della Vegetazione è risultato corretto mostra che la sua accuratezza complessiva ammonta all'88,91%.

4. LE FITO-ASSOCIAZIONI DELLA CARTA

Il nome delle associazioni, alleanze e ordini descritti si basano sulle più recenti revisioni e liste sintassonomiche (AA.VV. 1997, Mucina, Pignatti, Rodwell, Schaminèe 1996, IAVS 1998); poiché non vi è ancora assoluto accordo tra gli ecologi vegetali italiani ed europei sulla delicata questione della sintassonomia è probabile che alcuni nomi possano cambiare, tuttavia la caratterizzazione delle formazioni descritte è piuttosto evidente.

1 - ECHINOPO-QUERCETUM FRAINETTO (Blasi 97)
Querceto tirrenico caducifoglio a cerro e farnetto.
Si distinguono tre comprensori principali:
Tellinaro-Piscina Colonna-Capocotta: querceto ben sviluppato, frequenti gli aspetti a *Carpinus orientalis* e ricchi in specie dei *Querco-Fagetea*
Poggio dei Corsi-Camilletto-Piscina Chiara: querceto frammentato, sottobosco a specie della lecceta, frequenti gli aspetti ad *Erica arborea.*
Valle Carbonara-Grotta Romagnola-Santo Quercio: querceto continuo, facies dipendenti da substrato, esposizione e inclinazione, aspetti a *Carpinus orientalis* e *Quercus robur*

2 - BOSCHI IGROFILI
Populetalia albae Br.-Bl. 1930 (boschi inondati: *Carici -Fraxinetum*), *Carpinion* Oberd. 1953 (boschi mesofili su falda elevata: *Querco-Ulmetum, Ornithogalum-Carpinetum betuli*), *Lauro-Carpinetum betuli* Lucch.&Pign.1990 (bosco relittuale laurifillo)

3 - VIBURNO-QUERCETUM ILICIS [(Br.-Bl. 36) Rivas Martinez 1975 II]
Macchia mediterranea bassa (con frammenti di *Juniperetum macrocarpae-phoeniceae*).
Comprende le leccete meno evolute, di altezza inferiore ai cinque metri, e le macchie delle prime dune che rimandano al *Juniperetum macrocarpae-phoeniceae* Pedrotti e Cortini Pedrotti 76 presente a Castel Porziano solo in frammenti ma forse suscettibile di ricostituzione.

4 - VIBURNO-QUERCETUM ILICIS [(Br.-Bl. 36) Rivas Martinez 1975 I]
Macchia alta e bosco mediterraneo a dominanza di Quercus ilex.
Può presentarsi come ceppaia alta dai 5 ai 7 metri o come bosco di alto fusto alto più di 10 metri ma la composizione floristica è relativamente costante.

5 - VIBURNO-QUERCETUM ILICIS ERICETOSUM [(Br.-Bl. 36) Rivas Martinez 1975]
Macchia mediterranea alta acidofila ad *Erica arborea* diffusa sui terreni della duna antica. Formazione influenzata dal fuoco che, oltre che come variante acidofila della lecceta (parte meridionale della Tenuta), si è sviluppata su suoli impoveriti dall'attività antropica all'interno del querceto misto originario (parte settentrionale della Tenuta) ove caratterizzava, probabilmente facies aride a substrato acido.

6 - VIBURNO-QUERCETUM ILICIS [(Br.-Bl. 36) Rivas Martinez 1975] SUBERETOSUM (incl. *Cytiso-Quercetum suberis*)

Boschi e cespuglieti mediterranei acidofili a *Q. suber*. Formazioni a macchia alta e boschi di sughero a varie condizioni di copertura e naturalità. Struttura e composizione sono influenzate da passate attività silvocolturali.

7 - GARIGHE

Rosmarinetea officinalis Riv.Mart. et al. 1991 (garighe mediterranee basofile) e Cisto-Lavanduletea Br.-Bl., Molinier et Wagner 1940 (garighe mediterranee acidofile)

Comprendiamo in questa categoria le garighe a *Cistus incanus*, *Erica multiflora* e *Rosmarinus officinalis* diffuse sulla duna recente, su terreni a ph elevato, e i popolamenti a *Cistus salvifolius*, diffusi sulla duna antica.

8 - VEGETAZIONE COLTURALE (dei coltivi ed ex coltivi).

Stellarietea mediae Tx., Lhm. et Prsg. 1951 (vegetazione nitrofila e vegetazione infestante dei coltivi)

Le pratiche colturali favoriscono due contingenti di specie principali:

l'uno riferibile all'*Anacyclus-Hordeetum leporini* comprende la vegetazione dei sentieri, delle aiuole e dei pascoli settentrionali della Tenuta (zone Ortaccio, Malpasso. Valle dell'Oro, Ponte Ruffo).

L'altro conseguente alle attività colturali che favoriscono specie dei *Secalietalia* quali *Papaver rhoeas*, *Raphanus raphanistrum*, *Anthemis arvensis*, *Avena sterilis*, *Anchusa hybrida*, *Sherardia arvensis* e *Tordylium apulum*, le quali formano una serie di facies legate, oltre che alle condizioni microclimatiche, anche al tipo di pratica agricola e all'uso di determinati fitofarmaci e fertilizzanti.

9 - PRATERIE ARIDE

Vulpio-Dasypyretum Fanelli 1999 (praterie aride mediotirreniche a *Dasypyrum villosum*) e *Moenchio-Tuberarietum guttatae* Lucchese e Pignatti 1987 (pratelli a *Tuberaria guttata* su sabbie silicee)

La maggior parte dei pascoli di Castel Porziano può essere riferita al *Vulpio-Dasypyretum*. Localmente. A lato e al centro dei sentieri e delle sterrate nelle sugherete e negli ericeti, sulla duna antica, tra i cespi di *Cistus salvifolius* e *Asphodelus microcarpus* e, più in generale, sulle sabbie acide, si sviluppano i pratelli a terofite dei *Moenchio-Tuberarietum guttatae* (Lucchese e Pignatti 87), che si sviluppano rapidamente nel periodo aprile-maggio per scomparire completamente in poche settimane.

10 - PRATERIE UMIDE

Molinio-Arrhenetheretea Tx. et Prsg.1951 Praterie umide su terreni ricchi.

Abbiamo compreso in questa definizione le praterie umide circostanti Ortaccio e Ponte Ruffo. In queste zone la falda elevata anche d'estate e la presenza di sorgenti quasi perenni permettono lo svilupparsi di praterie mesofile caratterizzate principalmente dalla presenza di *Carex riparia*, *C. otrubae*, *Carex acutiformis* e *Cyperus longus*. Si tratta di formazioni con elevata copertura delle specie dei *Magno-Caricion* e dei *Molinio-Arrhenetheretea* e possiamo considerarli frammenti extrazonali di vegetazioni prative di tipo centro europeo ed oceanico.

Altre praterie umide, dall'estensione estremamente limitata, si sviluppano lungo e ai bordi dei sentieri che attraversano le aree più umide della tenuta: sono caratterizzate dall'elevata copertura di *Carex divisae* e caratterizzate dalla frequenza di *Trifolium resupinatum*, *Cynodon dactylon*, *Juncus bufonius* e *Petrorhagia velutina*.

11 - VEGETAZIONE DELLE PISCINE (e delle aree periodicamente inondate).

Bidentetea tripartitae Tx., Lhm. & Prsg. 50 (associazioni effimere dei terreni ricchi in composti azotati periodicamente inondati), *Lemnetea* R.Tx.55 (vegetazione a idrofite natanti delle acque dolci), *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941 (vegetazione a Graminaceae e Cyperaceae in acque poco profonde, stagnanti o alento corso), *Holoschoenion* Br. Bl. 1947 (vegetazione a giunchi delle aree periodicamente inondate), *Potamogetonetea pectinati* Tx. et Prsg. (fitocenosi di idrofite radicanti in acque stagnanti o a lento corso), *Isoeto-Nanojuncetea* Br.-Bl. & Tx.1943 (vegetazione delle pozze effimere su suoli oligotrofi).

Le aree umide di Castel Porziano costituiscono un interessantissimo residuo dell'habitat palustre che caratterizzava un tempo buona parte delle piane retrodunali tirreniche..

12 – RUBO-ULMION [PRUNO-RUBION ULMIFOLII De Bolos 1954]

(cespuglieti e preboschi submediterranei)

In questa categoria abbiamo incluso ed evidenziato nella cartografia le zone caratterizzate dal cespuglieto mesofilo, diffuse al bordo dei coltivi, nei campi abbandonati da parecchi anni e nei boschi meno evoluti.

I roveti maggiormente evoluti sono visibili a Grotta Romagnola, Tor Paterno, Valle Renaro, in corrispondenza delle strade e dei sentieri abbandonati di Capocotta e nel sottobosco dei rimboschimenti ad *Eucaliptus ssp* e *Pinus pinea*.. Le formazioni a *Rubus caesius*, che sostituisce *R. ulmifolius*, nelle aree maggiormente inondate, come nei pressi di Tor Paterno e lungo il fosso di Decima, sembrano altresì connesse alla vegetazione ripariale dei *Populetalia albae*.

13 - RIMBOSCHIMENTI

Rimboschimenti a *Pinus pinea* ed *Eucalyptus ssp.*

I due tipi fondamentali di rimboschimenti presenti a Castel Porziano comprendoso le Pinete a *Pinus pinea*, diffuse nella fascia centrale della tenuta, e i rimboschimenti ad *Eucalyptus* ssp, diffusi nelle parcelle settentrionali. In altre zone troviamo rimboschimenti con specie del querceto misto, della lecceta e della sughereta che gradualmente evolvono verso le formazioni naturali.

Le piantagioni ad *Eucalyptus*, diffuse a, sono invece caratterizzate unicamente dalla presenza di specie del roveto che formano una vegetazione arbustiva particolarmente intricata. Si tratta anche in questo caso di tipici *Pruno-Cratageum*, che tendono gradualmente ad evolvere verso il bosco caducifoglio a cerro e farnetto.

Rimboschimenti con specie dei *Querco-Fagetea* e dei *Quercetea ilicis*

Si tratta di filari di diversa età e composizione che tendono ad essere sommersi dal roveto contenuto localmente da un forte pascolo di erbivori. Si tratta di territori in cui l'evoluzione verso la vegetazione naturale è influenzata sia dal disturbo che dal tipo di essenza usata: le plantule presenti corrispondono infatti solo localmente a quelle delle specie piantate e si può presumere che queste non sempre corrispondano alle condizioni edafiche locali.

5. CONCLUSIONI

Si può affermare che l'impegno profuso sia stato ampiamente ripagato da almeno due punti di vista differenti: quello del prodotto finale ottenuto e quello della competenza tecnico-scientifica maturata. La Carta costituisce un efficace strumento di lavoro e di conoscenza sia per chi studia la vegetazione sia per chi gestisce la Tenuta e racchiude un notevole contenuto di innovazione tecnologica poiché è stata ottenuta con un procedimento tutto digitale sia nella fase del rilevamento aereo, sia nella successiva fase di elaborazione sia, infine, nel prodotto stesso che è di natura completamente numerica. Il buon valore dell'indice di accuratezza costituisce una misura, dell'efficacia del procedimento stesso. Le problematiche che si sono dovute affrontare e le conseguenti soluzioni hanno consentito di maturare un bagaglio di competenze tecnico-scientifiche di indubbio valore.

Due i fattori rivelatisi determinanti per la buona riuscita del lavoro, due dei quali meritano di essere evidenziati:

1) l'approccio interdisciplinare con cui sono state affrontate tutte le fasi di attività. Metodo che è stato perseguito attraverso una stretta e continua collaborazione tra le competenze dei vegetazionisti e quelle degli specialisti di telerilevamento in modo da complementarsi a vicenda.
2) aver potuto disporre delle necessarie informazioni cartografiche di base già memorizzate in un ambiente informativo integrato e geograficamente omogeneo come il SITAC.
3) in definitiva molte conoscenze sono state acquisite su come si realizza una carta della vegetazione mediante telerilevamento aereo, sia per ciò che riguarda le problematiche, come quella spinosa della georeferenziazione, sia sul versante delle soluzioni, come quella risultata efficace di mosaicare le tessere solo dopo la loro classificazione. In futuro tali conoscenze potranno risultare molto utili per evitare errori e per procedere più speditamente e con maggiore efficienza verso il risultato finale.

BIBLIOGRAFIA

[1] AA.VV. 1997: Lista delle unità sintassonomiche della vegetazione italiana - Fitosoc. Vol. 33/97

[2] ABBATE, BLASI, SPADA, SCOPPOLA 1987 - Analisi fitogeografica e sintassonomica dei querceti a Quercus frainetto dell'Italia centrale e meridionale Not. Fit. 23 (1987): pp. 63-84

[3] BLASI, DOWGIALLO, FOLLIERI, LUCCHESE, MAGRI, PIGNATTI e SADORI 1995 - La vegetazione naturale potenziale dell'area romana - Atti dei convegni lincei 115: XI Giornata dell'ambiente: congresso "la Vegetazione Italiana - pp.423-457 - Accademia dei lincei 1995;

[4] CONGALTON R. – A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data; Remote Sensing of Environment, Vol. 37:35-46, 1991;

[5] DE LILLIS M., TESTI A. 1990: - Postfire dynamics in a disturbed mediterranean community in Central Italy In J.G. Goldammer, M.J. Jenkins: Fire in Ecosystem dynamics. SPB Academic Publ., The Hague: 53-62

[6] DELLA ROCCA A.B., ROSSI L.: Il sistema EDI - ENEA: RT/INN/91/26 –1992

[7] ERDAS FIELD GUIDE third edition – ERDAS Inc., Atlanta, GA 1995;

[8] FITZPATRICK-LINS K. – "Accuracy and consistency comparisons of land use and land cover maps made from high-altitude photographs and LANDSAT multispectral imagery", Jour. Research U.S. Geol. Survey, vol 6 n.1, jan.-feb. 1978, pp 23-40
[9] GISOLTI G., COLLAMARANI D. 1982: Suolo e vegetazione nella Tenuta di Castelporziano - Genio rurale 45,9, pp.35-36.
[10] HAY A.M. – Sampling Designs to test land-use map accuracy; Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.45, n.4, April 1979, pp 529-533;
[11] HORD R.M., BROONER W. – Land-use map accuracy criteria; Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol.42, n.5, May 1976, pp 671-677;
[12] LUCCHESE F., PIGNATTI S. 1990: Sguardo sulla vegetazione del Lazio marittimo - Ricerche ecologiche floristiche e faunistiche sulla fascia costiera mediotirrenica italiana II - Problemi attuali di scienza e di cultura. Sez. Missioni ed esplorazioni: XI - Accademia dei Lincei, quad. N.264, 1990, pp.5-48
[13] MAZZOLENI S. 1989 - Fire and Mediterranean plants: germination responses to heath exposure Ann. Bot, Vol.47, 227-232
[14] MUCINA, PIGNATTI, RODWELL, SCHAMINÔE, CHYTRY' 1997 - European vegetation survey: Case studies. Special features in vegetation science 14 - OPULUS PRESS - Uppsala 1997
[15] PEDROTTI F. 1990 - Carta della vegetazione naturale potenziale dell'Italia - Roma 1990, Ministero dell'ambiente.
[16] PEDROTTI F. e GAFTA D. 1996 - Ecologia delle foreste ripariali e paludosi dell'Italia L'Uomo e l'Ambiente 23 - Univ. degli studi di Camerino
[17] PIGNATTI S. 1982 - Flora d'Italia – EDAGRICOLE
[18] PIGNATTI S. 1983 - Human impact in the vegetation of the Mediterranean basin In W. Holzner,
[19] PIGNATTI S. 1998 - I Boschi d'Italia – UTET
[20] PROGETTO DI FORMAZIONE TELSAT – TRATTAMENTO DI IMMAGINI TELERILEVATE: CORSO AVANZATO "Classificazione delle immagini telerilevate e analisi dell'accuratezza"; a cura di Brivio P.A.; Dispense per il ciclo telerilevamento – Progetto TELSAT, Monteporzio Catone (Roma), 1993-94;
[21] ROSENFIELD G.H. – Analysis of variance of thematic mapping experiment data; Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol.47, n.12, December 1981, pp 1685-1692
[22] ROSENFIELD G.H., FITZPATRICK-LINS K., LING H.S. – Sampling for thematic map accuracy testing; Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol.48, N.1, January 1982, pp131-137;
[23] VAN GENDEREN J.L., LOCK B.F. – Testing land-use map accuracy; Photogrammetric engineering and remote sensing, vol.43, N.9, September 1977, pp1135-1137;
[24] WERGER M.J.A., IKUSIMA I., Man's impact on vegetation. Dr. W. Junk Publ., The Hague: pp. 151-161
[25] WILDI O. & ORLOCI L. 1983. Management and multivariate analysis of vegetation data. Swiss Fed. Inst. of Forestry Research – Birmensdorf

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Analisi Multitemporale dell'Indice di Area Fogliare (LAI) delle Principali Tipologie Vegetazionali della Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Prof. F. Manes
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Vegetale – Università "La Sapienza" – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	F. Manes, S. Anselmi, M. Giannini, S. Melini, A. Allegrini

RIASSUNTO

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di analizzare le principali caratteristiche strutturali di differenti cenosi legnose presenti all'interno della Tenuta di Castelporziano mediante misure di indice di area fogliare (LAI); in particolare, sono stati analizzati i valori medi di LAI del periodo estivo del 1999 e confrontati con quelli relativi al 1994 e al 1998, al fine di interpretarne le eventuali variazioni in relazione alle differenti condizioni climatiche degli anni esaminati. I valori di LAI del 1999 sono risultati compresi tra 1,59 per i rimboschimenti a *Pinus pinea* L. e 5,30 per la macchia mediterranea. I valori dei boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie sono risultati in accordo con quanto riportato da altri Autori per le foreste decidue poste a medie latitudini. Per tali fitocenosi il confronto tra i tre anni ha consentito di rilevare valori di LAI inferiori del 10-15% nel 1998, attribuibili alle differenti condizioni climatiche che caratterizzano i tre anni considerati. Per la lecceta e la macchia mediterranea è stata evidenziata, invece, una tendenza in aumento dei valori di LAI nei tre anni, dato questo che conferma le potenzialità di sviluppo di queste fitocenosi in tale ambito costiero mediterraneo.

INTRODUZIONE

La struttura di una comunità vegetale è da porre in relazione con le forme biologiche, le forme di crescita e l'architettura della chioma delle specie che la compongono in risposta anche ai processi di competizione per la luce ed i nutrienti. Le caratteristiche della copertura vegetale influenzano i flussi di massa e di energia tra le piante e l'ambiente e possono rivelare il modo in cui le piante rispondono ai fattori ambientali, come quelli di tipo fisico, chimico e biotico.

L'analisi dell'indice di area fogliare (LAI - Leaf Area Index) risulta di fondamentale importanza per valutare le caratteristiche strutturali dei consorzi vegetazionali [1] e per monitorarne i cambiamenti in relazione ai fattori ambientali. Infatti, questo indice è correlato ai principali parametri ambientali, tra i quali assume notevole rilievo la disponibilità idrica per le piante [2]. Il LAI è stato posto in relazione a diversi processi che caratterizzano una cenosi vegetale come, ad esempio, l'evapotraspirazione [3], la produzione primaria netta [4], l'intercettazione della luce da parte della chioma [5], l'intercettazione delle piogge e delle deposizioni secche [6, 7]: tutti processi che sono strettamente influenzati dallo sviluppo della superficie fogliare.

I valori di LAI variano notevolmente in relazione al tipo di fitocenosi. Numerosi studi riportano dati di LAI relativi a foreste di conifere e latifoglie; il valore può variare da 3 a 19 nella maggior parte delle comunità vegetali [8]. Per le foreste decidue poste a medie latitudini i valori variano da 3 a 8 [9, 10, 11]. Per la foresta di conifere posta a latitudini elevate è stato misurato un LAI compreso tra 9 e 16 [12], mentre per quelle poste a medie latitudini vengono riportati dati inferiori, compresi tra 1,7 e 7,8 [13]. A tutt'oggi risultano comunque alquanto limitati gli studi relativi alle conifere di ambiente mediterraneo tra cui si ricordano i recenti contributi riguardanti il comprensorio della Tenuta Presidenziale di Castelporziano [14, 15] e del Parco Nazionale del Circeo [16, 17].

L'analisi del LAI all'interno della Tenuta di Castelporziano risulta di notevole interesse in relazione alla elevata diversità di comunità vegetali, essendo tale territorio posizionato tra due ecosistemi zonali: la lecceta mista e il querceto misto caducifoglio [18]. Il clima di Castelporziano, sulla base delle temperature e delle precipitazioni, può essere definito di tipo Mediterraneo. In particolare, secondo studi fitoclimatici

[19], l'area appartiene alla Regione Mediterranea (Sottoregione Termo-mediterranea/Meso-mediterranea) in relazione alla presenza di un lungo e pronunciato periodo di aridità estiva.
L'obiettivo di questo studio è stato quello di analizzare le principali caratteristiche strutturali di differenti cenosi legnose presenti all'interno della Tenuta di Castelporziano tra cui l'indice di area fogliare. Inoltre, sono state interpretate le variazioni dei valori medi di LAI in relazione alle caratteristiche climatiche degli anni esaminati.

MATERIALI E METODI

Stima del LAI mediante l'analisi delle "frazioni gap"

L'indice di area fogliare viene espresso come il rapporto tra la superficie fogliare in m^2 e l'unità di superficie di suolo, sempre in m^2. Considerata la fondamentale importanza che viene attribuita al LAI nel descrivere la struttura della copertura di una comunità vegetale, molti sono stati, e sono tuttora, i metodi messi a punto per calcolarne i valori. Un metodo indiretto di calcolo del LAI si basa sulla probabilità di non intercettazione di un raggio da parte della chioma in un dato volume: questo metodo è definito come "analisi della frazione gap" [20] ed è quello utilizzato per questo lavoro.

Il "LAI-2000 Plant Canopy Analyzer" e le misurazioni di campo

Il "LAI-2000 Plant Canopy Analyzer" della LICOR è lo strumento utilizzato per le misure di LAI. Esso consiste in un computer portatile per l'elaborazione delle misure a cui è collegato un sensore ottico. Il sensore contiene delle lenti ottiche con un campo di vista emisferico che proiettano l'immagine in cinque detector disposti in cerchi concentrici per rilevare le misure contemporaneamente a cinque diversi angoli zenitali; contiene inoltre un filtro ottico per registrare solo la radiazione sotto ai 490 nm per minimizzare la porzione di energia diffusa dal fogliame. La stima del LAI è ottenuta misurando la radiazione solare al di sopra e al di sotto delle chiome: il rapporto tra queste due misure, che lo strumento calcola per tutti i cinque detector, rappresenta la frazione gap che è poi convertita in LAI applicando una formula di inversione. Per ottenere una descrizione più accurata del sito in esame devono essere condotte più misure sotto le chiome e il loro numero varia con il grado di eterogeneità dell'area. I dati di LAI analizzati si riferiscono alla campagna di misura condotta all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano nel corso dei mesi di luglio e agosto del 1999. Sono stati scelti i mesi di luglio ed agosto in quanto lo sviluppo vegetativo sia delle specie sempreverdi che di quelle caducifoglie in tali mesi raggiunge il suo massimo [21]. Le formazioni vegetazionali campionate sono state scelte in base alla loro estensione ed alla loro omogeneità floristica e fisionomico strutturale. In particolare, le formazioni vegetazionali analizzate sono le seguenti: Bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis* Miller; Bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con sottobosco di specie sclerofille; Rimboschimenti a *Pinus pinea* L.; Bosco di latifoglie a prevalenza di sughera; Bosco di latifoglie a prevalenza di leccio; Macchia mediterranea alta; Bosco misto di latifoglie e conifere. Le misure di LAI sono state effettuate mediante rilevamenti lineari lungo transetti di 10-15 metri. Per ogni transetto è stata elaborata una scheda fisionomico-strutturale nella quale sono registrate, per ciascuno strato (arboreo dominante, arboreo dominato, arbustivo alto, arbustivo basso), la classe di copertura, l'altezza (metri) e le principali specie dominanti. I rilievi sono stati condotti assegnando la classe di copertura secondo la scala adottata da Pignatti (1953) [22]: 1 (1-20%), 2 (20-40%), 3 (40-60%), 4 (60-80%), 5 (80-100%). Le misure sono state eseguite nelle prime ore del mattino (dalle 6:00 alle 8:00) e nelle ore del tardo pomeriggio (dalle 18:30 alle 20:00) per attenuare l'influenza della radiazione solare diretta sul fogliame. Infatti, come riportato da Welles and Norman (1991) [20], il sole diretto induce una riduzione nel calcolo del LAI anche del 56% nelle cenosi forestali.
Viene presentato il confronto dei valori medi di LAI stimati, attraverso la metodologia descritta da Manes et al. (2000) [23], per gli anni 1994, 1998 e 1999. In particolare, il LAI stimato è stato ottenuto mediante una relazione tra i valori di LAI misurati in campo e quelli di NDVI telerilevati da satellite. I dati sono stati elaborati mediante il programma statistico SPSS (Corp. USA).

RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati relativi alle misure dell'indice di area fogliare per le comunità studiate sono presentati in Tab. 1, ed in particolare sono riportati i valori medi di LAI rilevati nel periodo estivo del 1999 per le diverse tipologie, suddivise per località; la copertura totale espressa in percentuale è stata stimata per ciascun rilevamento lineare di LAI. In Tab. 2 sono riportati i principali caratteri fisionomico-strutturali relativi alle tipologie vegetazionali analizzate.

Tipologie vegetazionali fisionomico-strutturali	Località	LAI medio	Copertura totale %
Boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis* Miller	Il Pignocco	4,83	70-90
		4,51	70
Boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis* Miller	Il Tellinaretto	5,01	80
		4,63	70-80
Boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis* Miller	Il Quarticciolo	4,94	70-80
		4,77	60
Boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con sottobosco di specie sclerofille	Il Pizzuto	3,94	70
		2,87	60-70
		3,41	60-70
		2,97	50
Rimboschimenti a *Pinus pinea* L. (pineta matura)	I Muraccioli	2,70	50-60
		2,94	50-60
		3,12	50
		1,64	50
Rimboschimenti a *Pinus pinea* L. (pineta giovane)	I Muraccioli	3,24	50
		1,59	40
Boschi di latifoglie a prevalenza di sughera	Malafede	3,04	70
		2,40	60
		2,40	50-60
Boschi di latifoglie a prevalenza di leccio	Lo Scopone	4,80	80
		4,30	70-80
		4,29	70
		3,89	60
Boschi di latifoglie a prevalenza di leccio	Grotta di Piastra	4,46	80-90
		3,97	60-70
		4,15	60-70
		4,25	60
Macchia mediterranea alta	Grotta di Piastra	5,30	80
		4,65	70-80
		4,40	70
		5,22	70
Boschi misti di latifoglie e conifere	Santo Quercio	4,28	60-70
		4,34	60-70
		3,61	50
		3,20	50

Tabella 1 – Dati di LAI e copertura totale (percentuale) relativi alle tipologie vegetazionali analizzate all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Luglio - Agosto 1999

Boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis* Miller				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
Il Pignocco	I	*Quercus robur* L., *Quercus cerris* L., *Quercus frainetto* Ten.	1-2	20
	II	*Carpinus orientalis* Miller	4-5	8-10
	IV	*Ruscus aculeatus* L.	1	0,5
Il Tellinaretto	I	*Quercus cerris* L., *Quercus frainetto* Ten.	3	15-25
	II	*Carpinus orientalis* Miller	4-5	10
	IV	*Ruscus aculeatus* L.	5	0,5
Il Quarticciolo	I	*Quercus cerris* L., *Quercus frainetto* Ten.	3	20-25
	II	*Phyllirea latifolia* L., *Erica arborea* L., *Carpinus orientalis* Miller	3	10
	IV	*Ruscus aculeatus* L., *Rubus* sp.	2-3	0,5

Segue

Boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con sottobosco di specie sclerofille				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
Il Pizzuto	I	*Quercus cerris* L., *Quercus pubescens* L., *Quercus frainetto* Ten.	3	8-15
	III	*Carpinus orientalis* Miller, *Erica arborea* L., *Phyllirea latifolia* L.	4	2-3
	IV	*Phyllirea latifolia* L., *Crataegus monogyna* Jacq.	1	0,5
Il Pizzuto	I	*Quercus cerris* L., *Quercus pubescens* L., *Quercus frainetto* Ten.	2	15-20
	III	*Erica arborea* L., *Phyllirea latifolia* L.	3	2-6
Rimboschimenti a *Pinus pinea* L. (pineta matura)				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
I Muraccioli	I	*Pinus pinea* L.	3	18-30
	III	*Phyllirea latifolia* L., *Quercus ilex* L., *Quercus cerris* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Erica arborea* L.,	3	4
Rimboschimenti a *Pinus pinea* L. (pineta giovane)				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
I Muraccioli	I	*Pinus pinea* L.	3	4-8
Boschi di latifoglie a prevalenza di sughera				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
Malafede	I	*Quercus suber* L.	3	10-20
	III	*Phyllirea* sp., *Carpinus orientalis* Miller	2	-
Boschi di latifoglie a prevalenza di leccio				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
Lo Scopone	I	*Quercus ilex* L., *Quercus suber* L.	4-5	8-20
	III	*Phyllirea* sp., *Quercus ilex* L., *Erica arborea* L., *Pistacia lentiscus* L., *Arbutus unedo* L., *Myrtus communis* L., *Carpinus orientalis* Miller	4-5	2-8
Lo Scopone	I	*Quercus ilex* L.	3	10
	III	*Phyllirea* sp., *Erica arborea* L., *Pistacia lentiscus* L., *Myrtus communis* L., *Rubus* sp.	2	5
Grotta di Piastra	I	*Quercus ilex* L.	4-5	8-20
	III-IV	*Pistacia lentiscus* L., *Smilax aspera* L. *Phyllirea* sp., *Quercus ilex* L.	1-2	1-4
Macchia mediterranea alta				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
Grotta di Piastra		*Quercus ilex* L., *Pistacia lentiscus* L., *Smilax aspera* L., *Rhamnus alaternus* L., *Cistus* sp., *Arbutus unedo* L., *Erica* sp, *Phyllirea* sp., *Hedera helix* L.	4-5	3-8
Boschi misti di latifoglie e conifere				
Località	*Strato*	*Principali specie dominanti per strato*	*Classe di copertura*	*Altezza (m)*
Santo Quercio	I	*Quercus ilex* L., *Pinus pinea* L.	3-4	10-20
	II	*Quercus ilex* L.	3	8-10

I=Strato arboreo dominante; II=Strato arboreo dominato; III=Strato arbustivo alto; IV=Strato arbustivo basso

Tabella 2 – Principali caratteri fisionomico-strutturali relativi alle tipologie vegetazionali analizzate all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Luglio - Agosto 1999

I valori di LAI risultano compresi tra 1,59 per i rimboschimenti a *Pinus pinea* L. (pineta giovane), in località I Muraccioli, e 5,30 per la macchia mediterranea alta, in località Grotta di Piastra (Tab. 1).
E' interessante notare come i valori di LAI dei boschi di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie risultino in accordo con quanto riportato da altri Autori per le foreste decidue poste a medie latitudini [9, 10, 24, 25].
Per le conifere i dati di LAI disponibili in bibliografia si riferiscono per la maggior parte a foreste poste a latitudini elevate e quindi non confrontabili con quelli ottenuti per le conifere mediterranee. Inoltre, queste ultime formazioni, dalle ricerche sino ad ora condotte, hanno mostrato valori di LAI più bassi rispetto ai consorzi di latifoglie con simile grado di copertura [16], a causa della diversa architettura della chioma e della differente morfologia fogliare.
I valori medi di LAI stimati per gli anni 1994, 1998 e 1999 (Fig. 1) consentono di evidenziare alcune variazioni in relazione all'andamento delle condizioni climatiche dei tre anni (Fig. 2 e 3).
Per il bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con *Carpinus orientalis* Miller, il confronto tra i tre anni considerati ha consentito di evidenziare un valore di LAI inferiore al 12-15% per il 1998 rispetto agli altri due anni considerari (Fig. 1a). All'interno di questo bosco esistono esemplari di querce di notevole dimensione, ma con una limitata rinnovazione. E' stato, infatti, osservato da alcuni Autori [21, 26, 27] che le giovani plantule non sopravvivono a lungo; probabilmente le cause di questa moria, all'interno del bosco caducifoglio, potrebbero essere attribuite alle condizioni di luce limitanti in cui vengono a trovarsi le plantule nel sottobosco dati i valori elevati di LAI, alla pressione degli ungulati e allo stress idrico causato anche dall'abbassamento della falda [21, 28]. Ricerche di campo e di laboratorio, illustrate in un precedente Report [29], hanno comunque evidenziato un maggiore grado di sensibilità allo stress idrico delle plantule delle specie caducifoglie (*Quercus cerris* L., *Quercus frainetto* Ten.) rispetto a quelle della specie sempreverde considerata (*Quercus ilex* L.).
Per il bosco di latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie con sottobosco di specie sclerofille (Fig. 1b) si può notare come i valori medi di LAI risultino più bassi rispetto a quelli relativi al querceto caducifoglio sopra descritto, a conferma di quanto riportato da altri Autori. Giordano et al., 1996 [26] analizzando, infatti, i valori di LAI in due località caratterizzate da queste due differenti cenosi forestali hanno osservato valori medi di LAI inferiori per il bosco di querce caducifoglie con sottobosco di sclerofille. Nel 1998, inoltre, per tale bosco il valore medio di LAI presenta una riduzione, pari a circa il 10%, probabilmente imputabile alle condizioni di elevata aridità manifestatesi in tale anno, come risulta dall'analisi dei diagrammi climatici riportati in Fig. 2. In base ai processi dinamici in atto è possibile ipotizzare delle modificazioni per questa cenosi dovute ad una maggiore ingressione di specie sclerofille, meglio adattate alle condizioni di aridità tipiche del clima mediterraneo. Infatti, la Tenuta di Castelporziano, come ipotizzato da precedenti studi [28], a seguito di lavori di bonifica idraulica condotti intorno agli anni 1940-1950 e alle trasformazioni determinatesi per cause antropiche sul territorio, ha subito una riduzione delle risorse idriche. Inoltre, sulla base di studi idrogeologici è stato possibile rilevare un abbassamento della falda negli ultimi anni [30], che probabilmente può avere influito a livello edafico sulla disponibilità idrica per la vegetazione sovrastante.
Il bosco di latifoglie a prevalenza di leccio, diversamente dalle cenosi precedentemente considerate, non presenta diminuzioni di LAI tra il 1994 e il 1998 (Fig. 1c). Questo risultato dimostra come la lecceta sia bene adattata alle condizioni di aridità che caratterizzano l'area di studio durante il periodo estivo [31]. Il leccio, infatti, rappresenta l'elemento fondamentale della foresta sclerofilla sempreverde, vegetazione climax della regione mediterranea. I valori di LAI da noi stimati sono in accordo con quanto riportato recentemente da Damesin et al. (1998) [32].
Oltre alla lecceta, la formazione che, come atteso, sembra meglio adattata alle condizioni ambientali del sito è costituita dalla macchia mediterranea. Dal grafico relativo ai valori medi di LAI (Fig. 1d) si può osservare come la macchia presenti un aumento dei valori nel corso degli anni esaminati, indipendentemente dalle variazioni climatiche (vedi diagrammi di Mitrakos riportati in Fig. 3). Tale andamento può essere posto in relazione alle potenzialità di ricostituzione del *Quercetum ilicis* [33] nel settore più costiero del territorio studiato.
Un'altra formazione considerata (Fig. 1e) è costituita dalla pineta di circa 70 anni. Si ritiene di poter interpretare l'andamento dei valori di LAI nel periodo esaminato in base alle condizioni climatiche della Tenuta. In particolare, è noto come tale formazione risulti sensibile alla quantità di precipitazioni che si registrano nei mesi autunnali e invernali precedenti alla ripresa dell'attività vegetativa del periodo primaverile [34]. Occorre ricordare, inoltre, che le pinete sono formazioni per lo più artificiali e quindi più sensibili ai fattori di stress naturale [35].

In conclusione, l'analisi dell'indice di area fogliare stimato per le diverse tipologie vegetazionali presenti all'interno della Tenuta di Castelporziano ha permesso di caratterizzare per la prima volta in comunità mediterranee le variazioni annuali di LAI e di evidenziarne la diversa sensibilità alle condizioni climatiche annuali. Un minor grado di sensibilità è stato osservato per la macchia mediterranea e per la lecceta, fitocenosi ben adattate alle caratteristiche ambientali del territorio della Tenuta.

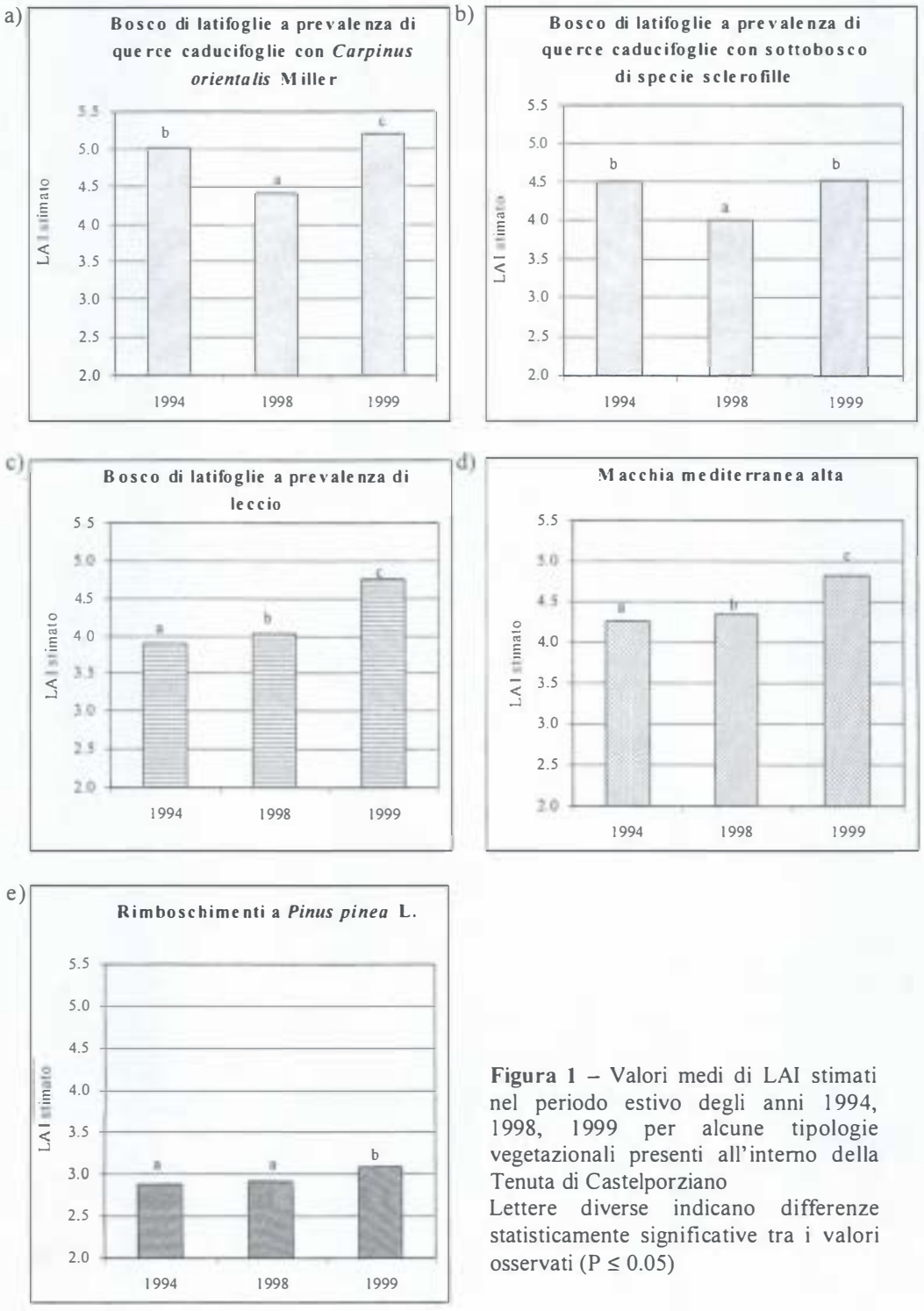


Figura 1 – Valori medi di LAI stimati nel periodo estivo degli anni 1994, 1998, 1999 per alcune tipologie vegetazionali presenti all'interno della Tenuta di Castelporziano
Lettere diverse indicano differenze statisticamente significative tra i valori osservati ($P \leq 0.05$)

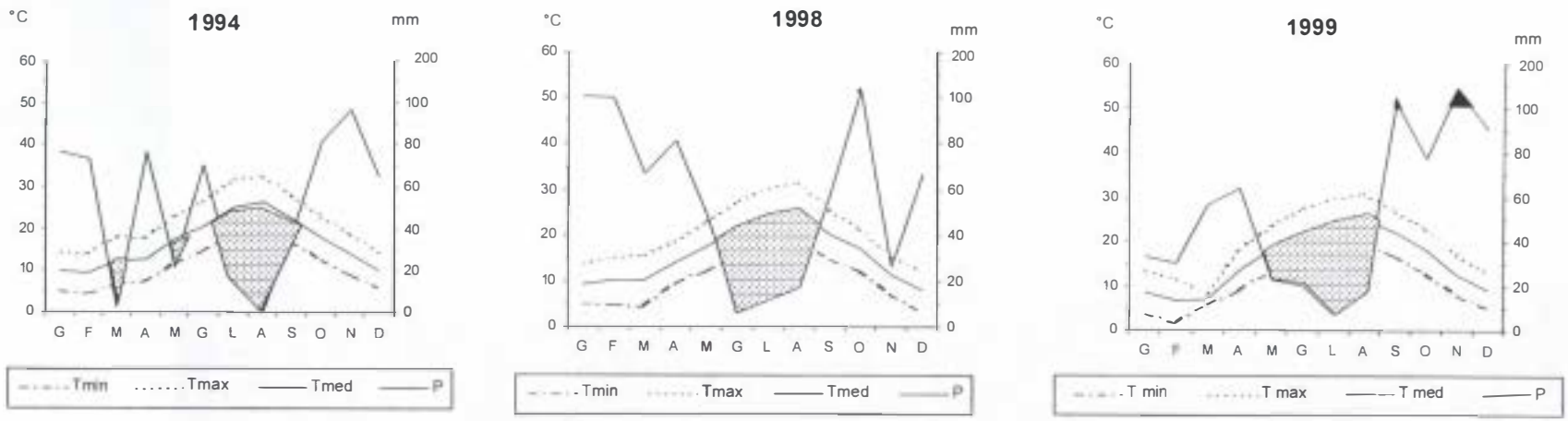


Figura 2 – Diagrammi di Bagnouls-Gaussen della stazione termo-pluviometrica della Tenuta Presidenziale di Castelporziano relativi agli anni 1994, 1998, 1999

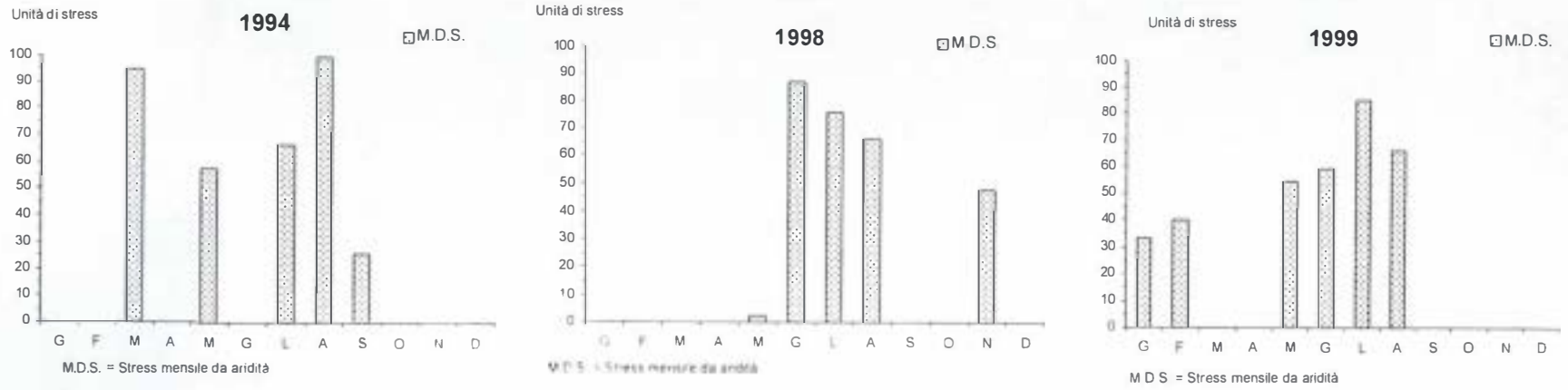


Figura 3 – Diagrammi di Mitrakos della stazione termo-pluviometrica della Tenuta Presidenziale di Castelporziano relativi agli anni 1994, 1998, 1999

BIBLIOGRAFIA

[1] WELLES J.M. & COHEN S., 1996. Canopy structure measurement by gap fraction analysis using commercial instrumentation. Journal of Experimental Botany, Vol. 47, No. 302: 1335-1342.

[2] PIUSSI P., 1994. Selvicoltura generale. UTET-Torino, vol. 1, pp. 11-14.

[3] MCNAUGHTON,K.G. and JARVIS P.G., 1983. Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. In: Water deficits and plant growth.(T.T.Kozlowsky Ed.) Academic,London, Vol.7, pp.1-47.

[4] GOWER,S.T., VOGT K.A. and GRIER C.C., 1992. Carbon dynamics of Rocky Mountain Douglas-fir:influence of water and nutrient availability. Ecol.Monogr. 62 (1): 43-65.

[5] FASSNACHT, K.S., GOWER S.T., NORMAN J.M. and MCMURTRIE R.E., 1994. A comparison of optical and direct methods for estmting foliage surface area index in forets. Agric.For.Metreol. 71: 183-207.

[6] PADRO, J., 1996. Summary of ozone dry deposition velocity measurements and model estimates over vineyard, cotton, grass and deciduous forest in summer. Atmospheric Environment, 30 (13): 2363-2369.

[7] HOFSCHREUDER P., ROMER F.G., NIEK F.M., VAN LEEUWEN and ARENDS B.G., 1997. Depositon of aerosol on Speulder Forest: accumulation experiments. Atmospheric Environment, 31 (3): 351-357.

[8] VIRZO DE SANTO A., 1995. Fotosintesi. In: Ecologia vegetale. A.A.V.V. Ed.UTET, pp.163-197.

[9] WALTER H., 1973. Vegetation of the Earth, English Universities Press Ltd. London.

[10] WHITTAKER R.H. and LIKENS G.E., 1973. Primary production: the biospher and man. Human Ecology, 1, 357-369.

[11] CUTINI A. and BENVENUTI C, 1998. Effects of silvicultural treatment on canopy cover and soil water content in a *Quercus cerris* L. coppice. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, 27: 65-70.

[12] LIETH H., 1973. Primary production: terrestrial ecosystems. Human Ecology, 1, 303-32.

[13] WALTER J.M.N. and HIMMLER C.G., 1996. Spatial heterogeneity of a Scots pine canopy: an assessment by hemispherical photographs. Canadian Journal of Forest Research. 26 (9): 1610-1619.

[14] MANES F., GRIGNETTI A., TINELLI A., LENZ R. and CICCIOLI P.. 1997. General features of the Castelporziano test site. Atmos. Environ., 31, N° S1, pp. 19SI-25S1.

[15] CASACCHIA R., PETRANGELI A.B., SALVATORI R., CASOLARO F.. IPPOLITI M., POLI U., CANFORA E., GIANNINI M., GRIGNETTI A., MANES F., 1997. Analisi integrata di dati telerilevati da satellite e indagini di campo nell'ambito di studi di base e applicativi. Progetto di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC), pp. 72-81.

[16] MANES F., ANSELMI S., CANFORA E., GIANNINI M., 1998. Remote sensing analysis of mediterranean ecosystem canopies and upscaling studies - The European Symposium on Aerospace Remote Sensing. Conference on Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology. London, 22-26 September 1997. Proceedings, EUROPTO, 3222: 246-252.

[17] MANES F., BLASI C., ANSELMI S., GIANNINI M.. A multiscale study to analyze the response of vegetation to climatic conditions. International Symposium Global Change an Protected Areas. L'Aquila, 8-13 settembre 1999. In stampa.

[18] PIGNATTI A., 1992. Vegetazione. Programma per un'azione di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, pp. 25-27.

[19] BLASI C., 1993. Carta del fitoclima del Lazio (scala 1:2500000) – Regione Lazio, Ass. Agricoltura-Foreste, Caccia e Pesca, Usi Civici. Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Biologia Vegetale, Roma.

[20] WELLES J.M. and NORMAN J.M., 1991. Instrument for indirect measurement of *canopy* architecture. Agronomy Journal, 83 (5): 818-825.

[21] DE LILLIS M., COSTANZO L., MENEGONI P., PIGNATTI S., MANES F., 1997. La rigenerazione del bosco sempreverde e caducifoglio nell'area di Castelporziano: studio demografico. Progetto di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC), pp. 237-244.

[22] PIGNATTI S., 1953. Introduzione allo studio fitosociologico della Pianura Veneta Orientale. Archivio Bot., pp. 28-29.

[23] MANES F., ANSELMI S., GIANNINI M., MELINI S., 2000. Relationships between Leaf Area Index (LAI) and Vegetation Indices to analyze and monitor Mediterranean ecosystems. The

EOS/SPIE Symposium on Remote Sensing, "Conference on Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hydrology". Barcelona, 25-29 September 2000. Proceedings, EUROPTO Series.

[24] FASSNACHT K.S., GOWER S.T., MACKENZIE M.D., NORDHEIM E.V. and LILLESAND T.M., 1997. Estimating the Leaf Area Index of North Central Wisconsin forests using the Landsat Thematic Mapper. Remote Sens. Environ., 61: 229-245.

[25] GOWER S.T., KUCHARIK C.J. and NORMAN J.M., 1999. Direct and indirect estimation of Leaf Area Index, f_{APAR} and Net Primary Production of terrestial ecosystems. Remote Sens. Environ., 70: 29-51.

[26] GIORDANO E., MACUZ A., SCARASCIA MUGNOZZA G.,TINELLI A., 1996. Effetto dei fattori ambientali sulla rinnovazione naturale dei querceti caducifogli. Progetto di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC), pp. 189-196.

[27] GIORDANO E., TINELLI A., MACUZ A., SCARASCIA MUGNOZZA G., 1997. Dinamica spaziale e temporale della rinnovazione naturale dei querceti caducifogli. Progetto di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC), pp. 245-248.

[28] GIORDANO E., PIGNATTI A., 1992. "Partimonio forestale". Programma per un'azione di monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, 28-33.

[29] MANES F., DONATO E., SILLI V., GIANNINI M., 1998. Studi ecofisiologici su piantine di specie caducifoglie (*Quercus cerris* L. e *Q. frainetto* Ten.) e sempreverdi (*Q. ilex* L.) nel comprensorio della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Progetto di Monitoraggio Ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC), pp. 258-266.

[30] PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO, 1996. Creazione di un Sistema Informativo Territoriale Ambientale Castelporziano (SITAC). Seminario tematico G.D.L. Idrogeologia. ENEA-Centro Ricerche Casaccia, 5 novembre, 1996.

[31] MANES F., ASTORINO G., VITALE M., LORETO F., 1997. Morpho-functional characteristics of *Quercus ilex* L. leaves of different age and their ecophysiological behaviour during different seasons. *Plant Biosystems*, Vol. 131 (2): 149-158.

[32] DAMESIN C., RAMBAL S. and JOFFRE R., 1998. Co-occurce of trees with different leaf habit: a functional approach on Mediterranean oaks. Acta Oecologica, 19 (3), 195-204.

[33] LUCCHESE F. e PIGNATTI S., 1990. Sguardo sulla vegetazione del Lazio marittimo. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, Quaderno 264: 4-48.

[34] JONES G., 1979. Vegetation Productivity. Topics in applied geography. Longman, London and New York, pp. 26-34.

[35] PIGNATTI S., 1998. I boschi d'Italia Sinecologia e Biodiversità. UTET-Torino, vol. 3.

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Variazione del Contenuto dell'Azoto Fogliare Lungo un Gradiente di Radiazione Luminosa in un Bosco di *Quercus Ilex*
RESPONSABILE	Dott.ssa M. De Lillis
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Vegetale Università "La Sapienza" – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	M. De Lillis, G. Lonati

RIASSUNTO

Durante il corso dell'anno 1998 sono state misurate le variazioni di luminosità (PAR) in un bosco di *Quercus ilex* nella Tenuta di Castelporziano. Le misure sono state effettuate lungo l'arco giornaliero (dall'alba al tramonto del sole) con frequenza mensile, utilizzando la stazione agrometeorologica ST 2000 (DELTA-T-DEVICES), a diverse altezze dal suolo: 25 cm, 1 m, 13 m da terra. Parallelamente è stata misurata la concentrazione di azoto fogliare ed il peso specifico nelle specie presenti negli strati considerati: *Quercus ilex, Pistacia lentiscus, Phillyrea latifolia, Ruscus aculeatus, Rubus ulmifolius, Hedera helix, Smilax aspera, Rubia peregrina, Asparagus acutifolius, Brachypodium sylvaticum, Carex distachya, Viola suavis.* Il PAR subisce una riduzione del 90 - 95% dalla sommità della chioma al suolo durante tutto l'arco dell'anno. Tuttavia il Par che raggiunge il suolo può mostrare a tratti valori molto alti registrati durante i "sunfleks"(chiazze di luce) esponendo le specie del sottobosco a condizioni di estrema variazione.
Il peso specifico delle specie studiate tende ad aumentare lungo il profilo verticale della vegetazione parallelamente ad una diminuzione della concentrazione di azoto fogliare. Le concentrazioni di azoto più elevate si registrano nelle specie erbacee del sottobosco che vegetano ad intensità luminose molto basse.

INTRODUZIONE

L'energia che con la radiazione luminosa raggiunge una comunità vegetale viene utilizzata per organizzare il sistema e mantenerlo in uno stadio stazionario; successivamente essa viene dispersa nello spazio come radiazione infrarossa (Galoux 1981).
Grazie agli studi condotti da Larcher (1991) si conosce la distribuzione della luce attraverso la chioma e nel sottobosco sempreverde di *Quercus ilex*. Il fitto fogliame provoca una forte diminuzione della luce nella zona immediatamente sotto la superficie della chioma in modo che solo le foglie più esterne ricevono pienamente l'irradiazione.Ciò comporta una serie di adattamenti strutturali, tra cui le dimensioni, l'orientamento e lo spessore delle foglie, contenuto di nutrienti e clorofilla, e funzionali come gli scambi gassosi. Il PAR che raggiunge il sottobosco nella lecceta è circa 20-30 µmol di fotoni m^{-2}/sec, quando all'esterno si registrano valori di 1500 µmol m^{-2}/sec; tuttavia nel sottobosco la luce può repentinamente aumentare durante i cosiddetti "sunfleks", fasci di luce diretta che trovano un passaggio attraverso il fogliame e raggiungono il suolo, facendo aumentare il PAR per brevi istanti fino a 500 µmol m^{-2}/sec (Tappeiner et al 1991). Anche la luce riflessa dal suolo contribuisce ad aumentare l'illuminazione degli strati più bassi del bosco.
La penetrazione della luce all'interno di un bosco crea un gradiente energetico che sarà tanto più forte quanto più fitto è il fogliame; questo gradiente energetico determina notevoli differenze nella distribuzione dei nutrienti nella struttura della comunità. Werger et al (1991) mettono in evidenza che il contenuto di azoto lungo il profilo verticale della vegetazione è controllato da un gradiente di luce. L'azoto è uno dei nutrienti più limitanti per la crescita delle piante in ambiente mediterraneo; Field e Mooney (1986) osservano una relazione lineare tra il contenuto di N fogliare e l'attività fotosintetica. Il contenuto di N in uno stesso individuo non è uniformemente distribuito lungo il profilo verticale ma è più concentrato là dove le foglie sono più esposte alla luce (Schieving et al 1992): il gradiente che si osserva è più accentuato in aree con vegetazione ad elevata copertura (Werger et al 1991; Hirose et al 1989).

L'effetto del trasferimento dell'azoto all'interno della chioma, dalle foglie senescenti a quelle più giovani, se pure importante ai fini dell'economia di utilizzazione di una risorsa limitante, ha un effetto ridotto sulla differente distribuzione dell'azoto nella chioma stessa se confrontato a quello dovuto al gradiente luminoso.
Lo scopo di questo lavoro è quello di studiare la variazione della concentrazione dell'azoto fogliare in relazione alla penetrazione della radiazione luminosa nelle diverse specie presenti in un bosco di *Quercus ilex*.

MATERIAIE E METODI

In un bosco di *Quercus ilex,* situato nella Tenuta di Castelporziano in località Grotta di Piastra, nell'anno 1998 è stata misurata l'intensità luminosa (Par) al di sopra della chioma (13 m) e nel sottobosco (1m e 25 cm dal suolo) utilizzando la stazione agrometeorologica ST 2000 (Delta T Devices) durante almeno sette giorni consecutivi ogni mese per l'intero anno. I dati raccolti dal Delta Logger ogni trenta secondi, vengono forniti come medie orarie e massimi assoluti registrati ogni ora nell'arco dell'intera giornata.
Il peso specifico , espresso come rapporto tra peso secco/ superficie fogliare e la concentrazione di N fogliare, misurata con il metodo Kyeldhal (Raveh and Avnimelech 1979), sono stati misurati nel mese di Settembre in 12 specie (*Quercus ilex, Pistacia lentiscus, Phillyrea latifolia, Ruscus aculeatus, Rubus ulmifolius, Hedera helix, Smilax aspera, Rubia peregrina Asparagus acutifolius, Brachypodium sylvaticum , Carex distachya, Viola suavis)* presenti nella comunità alle diverse altezze (13m, 1m, 25 cm) alle quali è stato misurato il PAR.

RISULTATI

La radiazione luminosa misurata con il PAR raggiunge i valori più alti in giugno (Fig I) con 1616 µmol m^{-2}/ sec e si abbassa in Dicembre fino a 874 µmol m^{-2} /sec. Ad 1 m dal suolo i valori medi di PAR rappresentano il 5-10% della radiazione esterna mentre i valori assoluti raggiungono il 40-60% da Maggio a Ottobre, 10-20% da Novembre a Gennaio e il 100% tra Febbraio ed Apile. L'intensità più elevata si registra in Marzo - Aprile con valori massimi assoluti pari a 1448 µmol m^{-2}/sec e 1136 µmol m^{-2}/sec quando la radiazione globale aumenta rispetto ai mesi invernali e la chioma è più rada perché le foglie non hanno ripreso l'attività vegetativa, facendo penetrare maggiormente la luce nel sottobosco.

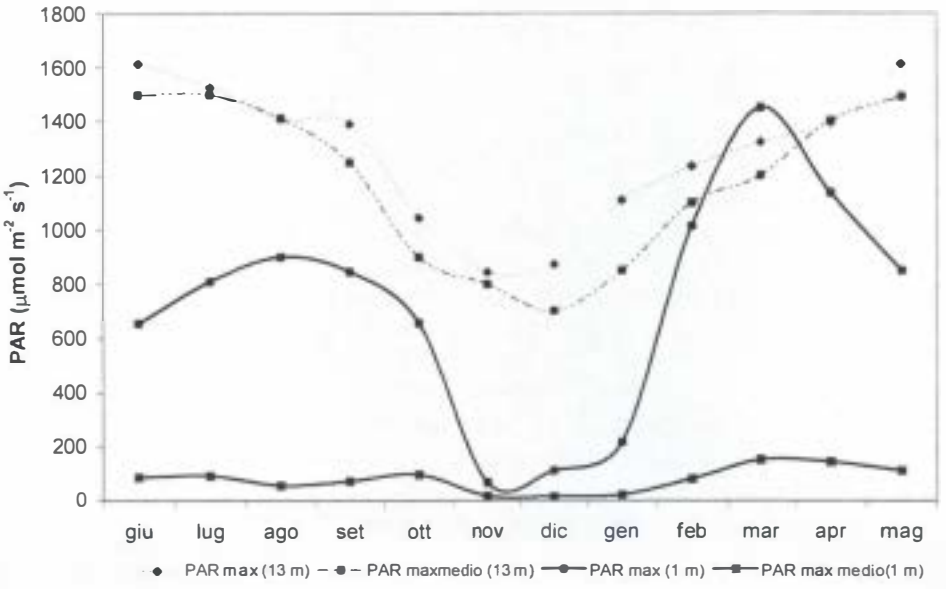


Figura 1 - Valori massimi assoluti e medi di PAR

In relazione alla penetrazione della luce attraverso il fogliame della chioma fino al suolo si evidenzia un gradiente del peso specifico fogliare da 0.2 gr/m^2 misurato a 25 cm dal suolo nelle zone del sottobosco,

sottoposte ad una scarsa illuminazione in *B. sylvaticum*, fino al valore più elevato di 1.25 gr/m^2 registrato in *Q.ilex* nelle parti più alte della chioma, a 13 m dal suolo (Fig 2). Sono le specie erbacee della comunità a presentare il peso specifico fogliare più basso, in relazione ad un ampia area fogliare, mentre il valore aumenta nelle specie legnose sempreverdi tra 1, 2, 8 e 13 m di altezza. Il leccio che è presente in tutti gli strati presi in considerazione da 25 cm a 13 m aumenta il peso specifico da 0.80 gr/m^2 a 1.25 gr/m^2 riassumendo l'andamento generale della comunità.
La concentrazione di N fogliare è compresa tra 1.18 e 2.1 mmol/gr in *Smilax aspera* e *Viola suavis* rispettivamente, un ambito di variazione piuttosto ristretto che riflette la scarsa disponibilità di questo nutriente. I valori più elevati sono stati rilevati in specie erbacee che presentano un basso valore di peso specifico, mentre i valori più bassi vengono misurati in specie sclerofille con elevato peso specifico. *Quercus ilex* è la specie della comunità che presenta ,all'apice della chioma, foglie con la più elevata rigidità indicata dal più elevato peso specifico; tuttavia il contenuto di N in queste foglie, è tra i più elevati (1.74 mmol/gr) della comunità, indicando che questa risorsa viene concentrata lungo il profilo della specie dominante dove è disponibile la massima radiazione luminosa.

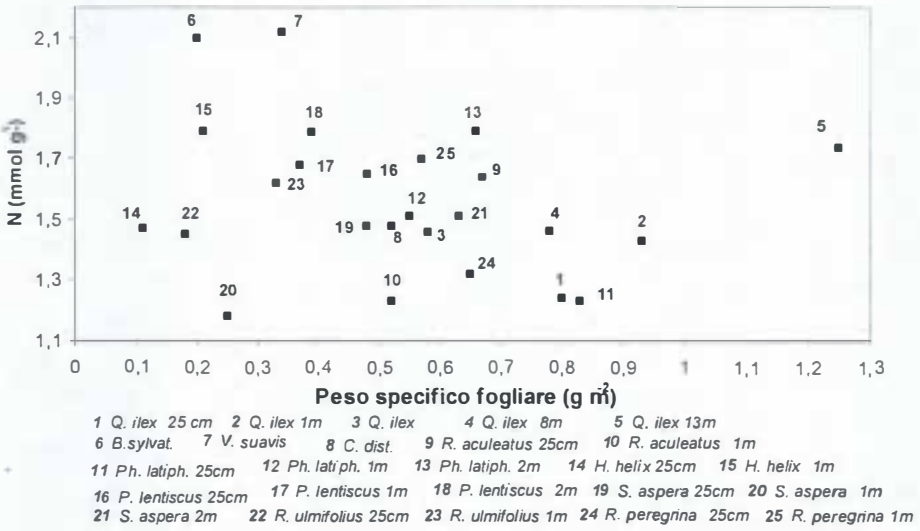


Figura 2 - Azoto fogliare e peso specifico fogliare a diverse altezze nelle specie presenti nella lecceta

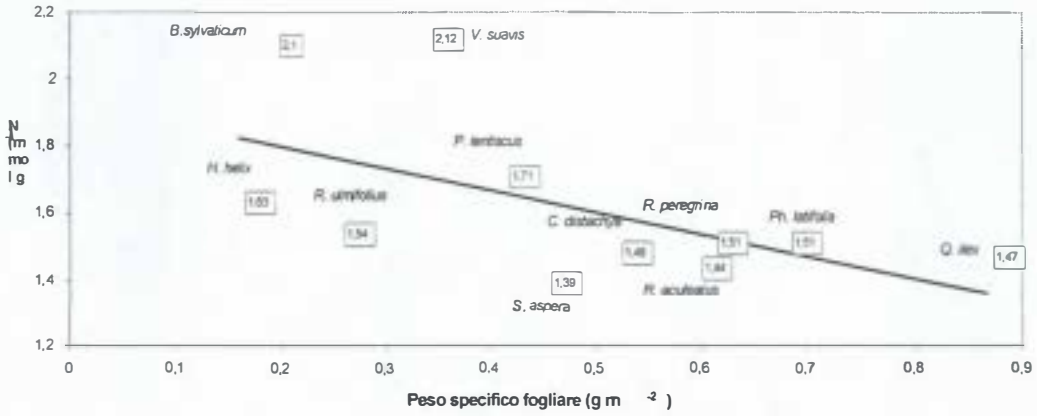


Figura 3 - Azoto fogliare medio e peso specifico fogliare medio

Al contrario, considerando i valori medi di N rilevati in ciascuna specie alle diverse altezze rispetto al peso specifico medio (Fig 3) si può notare che il leccio risulta tra le specie sclerofille della comunità tra le più povere in N evidenziando l'alta efficienza nell'uso di questo nutriente che si realizza attraverso una distribuzione differenziata lungo il gradiente di intensità luminosa.

BIBLIOGRAFIA

[1] Field C.and Mooney H. 1986 The phothosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. In Givnish T.J.(ed) On the Economy of plant Form and Funcion .Cambridge University Press : 25-56.
[2] Galoux A. 1981 Radiation exchange and transfer in forest ecosystem. In Reiche D.E. Dynamic properties of forest ecosystems. Int. Biol.Progr. Cambridge University Press 23:120-140.
[3] Hirose T., Werger M.J.A. and van Rheenen J.W.A. 1989 Canopy development and leaf nitrogen distribution in a stand of Carex acutiformis Ecology 70(6):1610-1618
[4] Larcher W. 1991 Bioclima e potenziale di produttività di Quercus ilex L. al limite settentrionale dell'areale di distribuzione. Parte I Scopo e risultati delle ricerche. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biol. 68:19-35
[5] Raveh A. and Avnimelech Y. 1979 Total nytrogen in water, soil and plant material with persulphate oxidatory. Water Resources Res. 13: 911-912.
[6] Shieving F.S., Pons T.L., Werger M.J.A., and Hirose T. 1992 The vertical distribution of nitrogen and photosynthetic activity at different plant densities in *Carex acutiformis*. Plant and Soil 14: 9-17
[7] Tappeiner U., Jimenez M.S., Morales D. and Larcher W. 1991 Bioclima e potenziale produttività di Quercus ilexL. Al limite settentrionale dell'areale di distribuzione. Parte II Struttura della chioma ed energia radiante. Studi trentuni di Scienze Naturali. Acta Buil. 68: 19-35.
[8] Werger M.J.A. e Hirose T. 1991 Leaf Nitrogen distribution and whole canopy photosynthetic carbon gain in herbaceus stands. Vegetatio 97:11-20

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Analisi della Quantità di Luce nel Piano dei Semenzali in due Popolamenti di Querce Caducifoglie della Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Prof. E. Giordano
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Scienze Ambiente Forestale e Risorse – Università degli Studi della Tuscia – Viterbo Tenuta Presidenziale di Castelporziano
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Macuz, G. Scarascia Mugnozza, E. Giordano, A. Tinelli

RIASSUNTO

Per valutare l'influenza della luce sullo sviluppo della rinnovazione naturale in popolamenti forestali a querce caducifoglie, si è studiata la correlazione tra lo stato della rinnovazione e l'intensità della radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) in due popolamenti della Tenuta di Castelporziano. A tal fine, all'interno di 14 aree sperimentali, si è suddiviso un transect permanente di rilievo, esteso lungo l'asse principale di ciascun'area, in sotto unità di riferimento, nelle quali sono stati effettuati il censimento delle plantule, ripartendole in due classi di età, e la misura del valore di PAR.

INTRODUZIONE

Tra le attività di ricerca previste nello studio delle modalità di rinnovazione naturale dei querceti caducifogli nella Tenuta di Castelporziano, si inserisce l'analisi della quantità di luce nel piano dei semenzali.
I rilievi sperimentali sono stati condotti in 14 aree recintate allestite in due popolamenti di Querce caducifoglie della Tenuta di Castelporziano (Campo di Rota e Figurone), l'analisi e l'elaborazione dei dati è stata svolta presso il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse (DI.S.A.F.RI.) dell'Università degli Studi della Tuscia (VT).
Campo di Rota e Figurone sono due particelle forestali della Tenuta di Castelporziano a querceto caducifoglio (*Quercus frainetto* Ten. e *Q. cerris* L. a cui si associano *Q. peduncolata* Ehnrh., *Q. suber* L., *Q. pubescens* Willd. e *Q. ilex* L. insieme a loro forme ibride), simili per composizione, densità scarsa (30-80 piante ha^{-1}) del piano dominante e per età del popolamento, che in entrambe è elevata (130-150 anni). I due boschi differiscono per il trattamento selvicolturale: a Campo di Rota è stato effettuato, nel 1987, un intervento di diradamento dal basso che ha interessato il piano dominato; di conseguenza, si è verificato un maggior apporto di luce nel piano di sviluppo dei semenzali e sono state condotte prove sperimentali per studiarne gli effetti sul processo di rinnovazione naturale. Nel popolamento di Figurone non è stato effettuato alcun intervento selvicolturale e gli studi sono stati condotti per confronto.

PARTE SPERIMENTALE

Lo studio dell'influenza del parametro luce sullo sviluppo della rinnovazione naturale è stato realizzato attraverso la ricerca di una correlazione tra il numero e lo stato di vigore dei semenzali e la quantità di luce che su una superficie di riferimento si sono registrati.
In particolare, in ciascun'area sperimentale, di forma rettangolare, si è tracciato un transect lungo l'asse principale, ripartito in sottunità di riferimento, in cui sono stati rilevati il censimento delle plantule, distinte in classi di età, e il valore delle radiazioni fotosinteticamente attive (PAR).
Le misurazioni della quantità di luce nel piano di sviluppo della rinnovazione naturale sono state effettuate nel corso della stagione vegetativa. Lo strumento impiegato (Decagon-ceptometer) riferisce i valori di PAR misurati su un'asta, provvista di sensori, lunga 1 metro.

Il rilievo dei dati è stato effettuato, nel corso di tre giornate limpide, ad intervalli di 2 metri, procedendo lungo il transect. Prima di operare nei siti sperimentali, si è tarato lo strumento in pieno campo registrando il valore di riferimento a cui, nella fase di elaborazione dei dati, è stato attribuito il 100% di luce.
Si riporta una tabella (tab. 1), contenente i valori di PAR, rilevati nei transects nel piano dei semenzali, espressi in % verso il valore di riferimento.

area	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
1 m	17.0	9.8	8.5	3.9	31.2	3.1	13.7	2.5	9.9	11.0	5.8	0.8	1.5
3 m	16.0	1.2	2.1	1.1	4.2	4.0	10.3	4.3	16.3	15.7	12.2	12.6	12.0
5 m	12.8	1.6	13.8	52.0	2.3	7.7	18.1	2.3	60.6	18.4	6.3	9.1	0.6
7 m	26.4	4.3	8.0	99.1	6.5	4.9	1.9	1.1	4.7	30.5	36.2	0.4	1.2
9 m	2.1	2.0	5.2	78.6	3.2	52.5	0.4	1.9	47.1	15.6	0.9	0.7	1.5
11 m								12.9	26.7				0.7
13 m								36.7	0.0				0.8
15 m								57.2	10.1				1.9
17 m								77.2	4.7				0.4
19 m								100.0	4.1				0.8

Tabella 1 – Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) registrata nelle aree sperimentali, nel transect, nel piano dei semenzali. Dati espressi in % verso il valore di riferimento

Nel transect è stato effettuato anche il censimento dei semenzali, distinguendoli in classi di età: le plantule sviluppate in esso sono infatti provviste di cartellino con indicato l'anno di emergenza.
Per valutare il grado di attecchimento, i semenzali sono stati considerati nel loro complesso (numero totale su superficie di campionamento) (tab. 2) e distinguendo i semenzali che abbiano mostrato la capacità di resistere alle condizioni ambientali (numero semenzali di età > 3 anni su superficie di campionamento) (tab. 3).

Distribuzione dei semenzali lungo il transect													
area	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
0-2 m	19	1	75	33	24	106	62	130	56	38	30	147	73
2-4 m	32	0	116	32	115	162	59	127	47	11	25	176	49
4-6 m	15	0	96	28	103	206	57	71	16	9	19	151	19
6-8 m	20	0	43	0	86	147	19	28	15	6	22	112	33
8-10 m	10	0	10	0	36	18	10	42	7	2	31	68	66
10-12 m								14	4				124
12-14 m								3	45				99
14-16 m								6	26				71
16-18 m								11	7				36
18-20 m								20	1				1

Tabella 2 – Consistenza numerica dei semenzali di quercia nei transect di rilievo delle aree sperimentali

Distribuzione dei semenzali di età>3 anni lungo il transect													
area	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
0-2 m	13	0	16	2	16	13	23	49	53	31	8	6	5
2-4 m	20	0	26	0	83	55	27	23	38	9	1	7	0
4-6 m	9	0	30	1	68	53	16	16	11	2	5	10	0
6-8 m	13	0	34	0	60	15	7	5	8	4	6	1	3
8-10 m	9	0	8	0	27	0	6	6	3	1	14	1	3
10-12 m								6	2				9
12-14 m								1	24				4
14-16 m								1	20				2
16-18 m								0	4				1
18-20 m								3	0				0

Tabella 3 – Consistenza numerica dei semenzali di quercia, di età >3 anni, nei transect di rilievo delle aree sperimentali

Per poter confrontare il parametro luce tra i due popolamenti studiati si è calcolato il valore medio e la deviazione standard di tutte le misure di PAR rilevate a Campo di Rota e Figurone (Fig. 1).

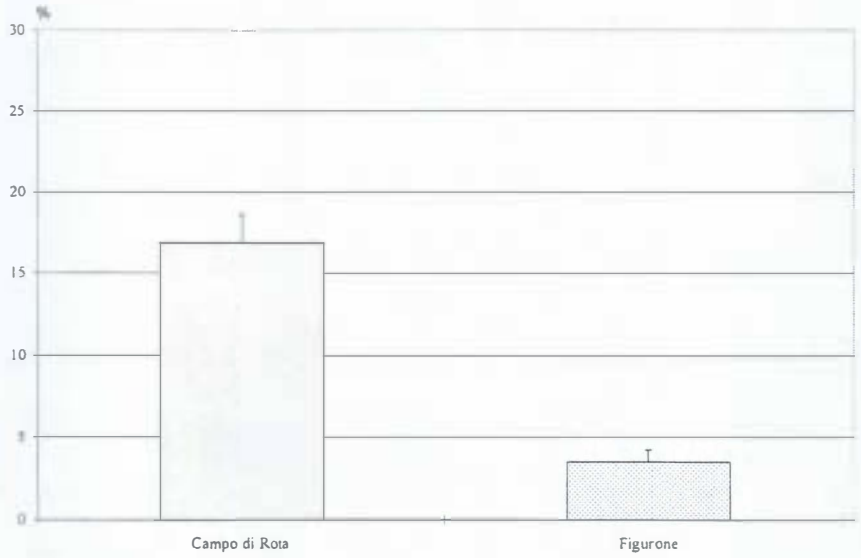


Figura 1 – Valori medi ed e.s. delle radiazioni fotosinteticamente attive (PAR) misurate nel piano di sviluppo dei semenzali (% rispetto al valore di pieno campo) nelle aree sperimentali nei due popolamenti forestali oggetto di studio.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dal confronto della consistenza delle due classi di semenzali, considerati senza distinzione d'età e con l'esclusione dal conteggio di quelli con età inferiore ai tre anni, si registra in tutte le aree sperimentali, una grande differenza che denota quanto elevata sia la mortalità delle plantule nei primi anni d'esistenza. Tuttavia, per correlare questo fenomeno con il fattore luce è necessario esaminare cosa avviene in ogni unità di superficie considerata: emerge allora che in alcune aree, caratterizzate da un elevato numero complessivo di plantule contestualmente a bassi valori di luce nel piano del loro sviluppo, il numero di plantule che possa dirsi attecchito (ossia che abbia superato i primi tre anni di esistenza) è molto basso: questo è evidente, ad esempio, nelle aree 13 e 14, localizzate a Figurone, in cui i valori di PAR sono sempre molto bassi ed in alcuni punti prossimi allo 0%.
Estendendo il campo delle nostre osservazioni alle due formazioni forestali nel complesso, appare che la quantità di radiazioni fotosinteticamente attive (PAR), nel confronto dei valori medi misurati nelle aree sperimentali delle due località studiate, è notevolmente differente: come ci si sarebbe potuti aspettare infatti, in accordo con il diradamento nel piano dominato praticato nel popolamento di Campo di Rota, la luce al livello dei semenzali a Campo di Rota è molto maggiore di quella registrata a Figurone con valori del 16.9% e del 3.5% rispetto al valore di pieno campo.

CONCLUSIONI

Tra i molti fattori ecologici che influiscono sulla sopravvivenza e lo sviluppo successivo dei semenzali, il parametro "luce" appare rivestire un ruolo fondamentale anche nella fase di attecchimento. In questo studio è stato osservato che pur essendo elevata la densità della rinnovazione naturale delle querce caducifoglie, in molte aree sperimentali, si è registrato, nel contempo, un numero di semenzali sopravvissuti a più di qualche anno molto contenuto: fenomeno che è apparso tanto più evidente dove le condizioni di luminosità al suolo sono scarse (Figurone).
Per favorire il naturale processo di rinnovazione di queste formazioni forestali è opportuno effettuare interventi selvicolturali mirati alla parziale eliminazione del piano dominato; infatti, si è visto che le potenzialità del soprassuolo sono ancora elevate, nonostante l'età più che matura: la produzione di ghiande è abbondante e il seme ha spiccata capacità germinativa.

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Composizione in Isotopi Stabili del Carbonio e Variazione Spaziale e Stagionale di Efficienza d'Uso Idrico in Piante di Leccio della Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Dr. E. Brugnoli
UNITA' OPERATIVA	CNR – Istituto per l'Agroselvicoltura – Porano (TR)
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Augusti, E. Brugnoli, M.C. Monteverdi, M. Lauteri, A. Scartazza

RIASSUNTO

Le variazioni di discriminazione isotopica del carbonio (Δ) in piante di leccio sono state studiate al fine di: i) valutare la capacità adattativa di tale specie ai diversi microclimi presenti nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano e ii) monitorare le condizioni climatiche in aree rappresentative della Tenuta. L'assenza di variazioni significative di Δ misurato sulle foglie germogliate nella primavera o nella stagione vegetativa precedente, sembra indicare che il leccio presenta una notevole omeostasi fisiologica alle diverse condizioni microclimatiche presenti all'interno della Tenuta ed alle variazioni ambientali che si susseguono durante le stagioni, quali l'alta temperatura e la carenza idrica estiva. Al contrario, le marcate variazioni osservate in Δ delle foglie più giovani dei germogli autunnali, sembrano indicare sensibili differenze dell'attività fotosintetica alla ripresa autunnale, in dipendenza delle condizioni microclimatiche in cui le piante sono adattate.

INTRODUZIONE

Le specie vegetali che colonizzano le zone costiere del Mediterraneo hanno sviluppato meccanismi fisiologici adattativi atti ad affrontare e superare i frequenti episodi di siccità estiva che caratterizzano tali aree. Studi su *Quercus suber* hanno dimostrato un calo della velocità di fotosintesi e di conduttanza stomatica durante la stagione siccitosa estiva, con un successivo recupero durante l'autunno in seguito al ripristino delle condizioni idriche e di temperatura ottimali (Garcia-Plazaola et al., 1997).
La Tenuta di Castelporziano rappresenta un ambiente ideale per lo studio delle strategie di acclimatamento e/o adattamento di specie vegetali alle variazioni climatiche tipiche dell'ambiente mediterraneo. Infatti, all'interno della Tenuta è possibile individuare diversi ecosistemi, procedendo dalla costa fino all'entroterra, caratterizzati da condizioni microclimatiche profondamente differenti.
Un valido strumento per lo studio dei meccanismi fisiologici di acclimatamento e/o adattamento delle specie vegetali alle differenti condizioni ambientali di crescita è rappresentato dall'uso degli isotopi stabili del carbonio (Farquhar et al., 1989; Brugnoli e Farquhar, 2000). Evidenze teoriche e sperimentali hanno dimostrato che il valore di discriminazione degli isotopi stabili del carbonio (Δ) è correlato positivamente al rapporto fra le pressioni parziali intercellulare ed atmosferica di CO_2 (p_i/p_a) e, indirettamente, all'efficienza di uso idrico in numerose specie a metabolismo C_3. Precedenti studi sull'analisi isotopica del carbonio sulla sostanza secca e sugli zuccheri solubili fogliari di specie dell'ambiente mediterraneo della Tenuta di Castelporziano, hanno messo in evidenza una stretta correlazione fra Δ ed efficienza fotosintetica nelle specie studiate (Monteverdi et al., 1997).
Il leccio (*Quercus ilex* L.), una sclerofilla sempreverde, è ben distribuita su tutte le coste del Mediterraneo. L'ampia distribuzione del leccio è dovuta essenzialmente alle sue caratteristiche morfologiche e fisiologiche. Nella Tenuta di Castelporziano il leccio si trova dalle prime tracce di macchia bassa a livello delle prime dune, sotto forma arbustiva, fino alle zone più interne sotto forma arborea, sia in formazione boschiva che di macchia isolata. Proprio per la sua ampia distribuzione all'interno della Tenuta, il leccio rappresenta una specie chiave di tale area e dell'ambiente mediterraneo in genere.
Scopo della presente ricerca è stato quello di studiare i meccanismi di acclimatamento e/o adattamento delle piante di leccio (*Quercus ilex* L.), presenti sul territorio della Tenuta di Castelporziano, a differenti

condizioni microclimatiche. A tal fine è stato valutato il ruolo svolto dall'efficienza di uso idrico attraverso l'analisi della discriminazione degli isotopi stabili del carbonio.

PARTE SPERIMENTALE

La ricerca è stata condotta su sette siti rappresentativi di differenti ecosistemi presenti sull'intera Tenuta di Castelporziano. Il sito 1 si trova nella zona costiera a ridosso della spiaggia. In questo sito, caratterizzato dalla tipica vegetazione di macchia bassa, il leccio è presente in forma arbustiva. Oltre al leccio, si rinvengono altre specie tra cui *Smilax aspera, Phillyrea angustifolia, Pistacia lentiscus, Rosmarinus officinalis, Arbutus unedo, Juniperus communis*. Il sito 2 è stato individuato oltre la strada litoranea e rappresenta un tipico esempio di macchia alta, dove oltre al leccio, presente in forma arborea in macchie isolate, si ritrovano le specie già citate nel primo sito. Procedendo dalla costa verso l'interno della Tenuta, sono stati individuati il sito 3 ed il sito 4, dove il leccio insieme a *Pistacia lentiscus, Phillyrea angustifolia* e *Pinus pinea*, è presente sotto forma di bosco misto. Il sito 5 è stato individuato nella cosiddetta zona del "Tellinaro". I lecci analizzati in tale sito sono isolati e posizionati nei pressi di un piccolo laghetto, probabilmente tali piante risentono, nella stagione estiva, di una forte carenza idrica, in quanto il contenuto di acqua del laghetto si abbassa sensibilmente. Lungo la "strada delle Riserve" in una conformazione a bosco rado sono state analizzate delle piante secolari di leccio (sito 6). Il leccio è qui presente insieme ad altre specie quali *Pistacia lentiscus, Erica multiflora,* e *Pinus pinea.* Procedendo dal "Castello" verso l'uscita, su via C. Colombo, è stato individuato, all'altezza del "C. delle Antilopi", il sito 7. Tutta la zona interessata è caratterizzata dalla presenza di *Quercus suber* con alcuni esemplari isolati di leccio.

Nel tardo autunno sono state collezionate foglie di leccio completamente espanse e ben esposte. Sono state campionate foglie cosiddette "vecchie", cioè germogliate nella primavera o nella stagione vegetativa precedente, e foglie "giovani" prodotte da getti autunnali dopo la pausa vegetativa estiva.

Le foglie campionate, essiccate a 70°C, sono state omogeneizzate ed in seguito utilizzate per la misura della composizione isotopica del carbonio ($\delta^{13}C$). L'analisi di $\delta^{13}C$ è stata effettuata tramite 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). La combustione dei campioni è stata ottenuta mediante un analizzatore elementare (Mod. NA1500, Carlo Erba, Milano). Lo standard di riferimento impiegato è lo standard internazionale Vienna-Pee Dee Belemnite (VPDB). La discriminazione isotopica del carbonio (Δ) è stata calcolata in accordo a Farquhar et *al.* (1989), come:

$\Delta = (\delta_a - \delta_p)/(1 + \delta_p)$

dove δ_a rappresenta la composizione isotopica dell'aria (=-8‰), mentre δ_p è la composizione isotopica misurata sulla sostanza secca delle foglie campionate.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I valori di discriminazione isotopica (Δ), determinati sulla sostanza secca delle foglie di leccio, risultano dipendenti dall'età e dal sito di provenienza delle foglie analizzate (Tabella 1).

	$\Delta_{sostanza\ secca}$ (‰)	
	Foglie "giovani"	Foglie "vecchie"
Sito 1	18.6±0.2	19.2±0.2
Sito 2	18.0±0.4	19.2±0.5
Sito 3	19.8±0.3	19.6±0.2
Sito 4	18.0±0.5	19.3±0.3
Sito 5	17.7±0.2	19.4±0.2
Sito 6	20.3±0.6	19.4±0.5
Sito 7	20.3±0.3	19.0±0.1
Media	**19.0±0.4**	**19.3±0.1**

Tabella 1 – Discriminazione isotopica del carbonio (Δ) in foglie di leccio campionate in differenti siti della Tenuta di Castelporziano. Valori ± S.E.

I risultati ottenuti indicano l'assenza di una correlazione univoca tra Δ delle foglie "vecchie" e Δ di quelle "giovani". Tuttavia, è possibile osservare come nei siti 1, 2, 4 e 5 il valore di Δ delle foglie "vecchie" sia significativamente più elevato rispetto alle foglie "giovani". Tale risultato potrebbe essere causato da una diminuzione di efficienza di carbossilazione nelle foglie "vecchie" con conseguente incremento di p_i/p_a e, quindi, di Δ dei prodotti fotosintetici.

La variabilità dei valori di Δ dei getti autunnali (foglie "giovani") tra i differenti siti, può essere attribuita alle differenti condizioni microclimatiche che caratterizzano tali ambienti (Tabella 1). In particolare, i valori più elevati di Δ delle foglie "giovani" sono stati riscontrati nei siti 6 e 7 (Tabella 1). Tali siti sono situati in una zona interna più protetta e, probabilmente, più umida rispetto ai siti più prossimi alla zona costiera.

Il valore di Δ delle foglie "vecchie", al contrario di quelle "giovani", non presenta variazioni significative tra i sette differenti siti (Tabella 1). Tale valore di Δ fornisce un'informazione sull'efficienza d'uso idrico della pianta (WUE) integrata su un periodo più ampio rispetto alle foglie "giovani". Infatti, mentre Δ delle foglie "giovani" fornisce una stima di WUE relativa al periodo autunnale, le foglie "vecchie" sono germogliate nella primavera o addirittura nell'anno precedente e, quindi, forniscono un'integrazione temporale di WUE nel lungo periodo. Tuttavia, non è da sottovalutare il ruolo svolto dai carboidrati di riserva sulla crescita dei germogli autunnali, per cui il valore di Δ delle foglie "giovani" potrebbe essere in parte influenzato dalla composizione isotopica degli zuccheri complessi, accumulati durante il periodo estivo, rimobilitati verso i germogli in crescita.

La costanza del parametro Δ misurato sulle foglie "vecchie", campionate nei differenti microclimi presenti all'interno della Tenuta, è indice di una omeostasi fisiologica delle piante di leccio alle differenti condizioni ambientali che si sono succedute durante le diverse stagioni, rispetto ai diversi ambienti colonizzati.

CONCLUSIONI

In conclusione, i risultati ottenuti in questa ricerca indicano come la discriminazione isotopica del carbonio possa essere utilizzata per il monitoraggio ambientale e per lo studio dei meccanismi adattativi delle piante di leccio alle differenti condizioni microclimatiche di alcuni ambienti tipici della Tenuta di Castelporziano. In particolare, i dati ottenuti dall'analisi isotopica possono essere così riassunti:

i) la discriminazione isotopica misurata sulla sostanza secca fogliare risulta dipendente dall'età delle foglie;

ii) la discriminazione isotopica dei getti autunnali (foglie "giovani") può fornire un'indicazione dell'efficienza d'uso idrico (WUE) delle piante di leccio relativa alla ripresa fotosintetica autunnale. Tuttavia, il valore di Δ dei getti autunnali può risultare influenzato anche dalla composizione isotopica dei carboidrati di riserva, accumulati durante il periodo estivo, rimobilitati verso i nuovi germogli in crescita;

iii) l'analisi comparata di Δ dei getti autunnali evidenzia differenze di attività fotosintetica nelle piante di leccio, strettamente dipendenti dalle condizioni microclimatiche delle diverse zone della Tenuta. In particolare, dall'analisi isotopica si evince una più bassa WUE per le piante situate nelle zone più interne della Tenuta;

iv) la discriminazione isotopica delle foglie germogliate nella primavera o nella stagione vegetativa precedente (foglie "vecchie"), non varia significativamente nei diversi siti. Tale risultato sembra indicare una notevole capacità omeostatica del leccio, dal punto di vista fotosintetico, sia alle diverse condizioni microclimatiche presenti nella Tenuta di Castelporziano che alle avverse condizioni ambientali che nel corso dell'anno si susseguono, come le alte temperature e la scarsità d'acqua estiva.

BIBLIOGRAFIA

[1] Brugnoli E. and Farquhar G.D. (2000) Photosynthetic fractionation of carbon isotopes. In: Leegood R.C., Sharkey T.D., von Caemmerer S. (eds.). Photosynthesis: physiology and metabolism. (Advances in Photosynthesis, vol. 9). Kluwer Academic Publishers, pp. 399-434.

[2] 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.

[3] Garcia-Plazaola J.I., Faria T., Abadia J., Abadia A., Chaves M.M., Pereira J.S. (1997) Seasonal changes in xanthophyll composition and photosynthesis of cork oak (*Quercus suber* L.) leaves under mediterranean climate. Journal of Experimental Botany vol 48 n° 314: 1667-1674.

[4] Monteverdi M.C., Lauteri M., Scartazza A., Augusti A. Brugnoli E. (1997) Discriminazione degli isotopi del carbonio ed efficienza fotosintetica nella vegetazione costiera di Castelporziano. Atti SITAC. Ed. ENEA 233-236.

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Analisi dei Parametri Considerati per la Realizzazione della Carta della Biomassa Vegetale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano
RESPONSABILE	Prof.ssa L. Gratani
UNITA' OPERATIVE	Dipartimento di Biologia Vegetale – Università "La Sapienza" – Roma Tenuta Presidenziale di Castelporziano – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	L. Gratani, M.F. Crescente, A. Tinelli

RIASSUNTO

La "Carta della Biomassa Vegetale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano" descrive la distribuzione di 14 classi quantitative nel Comprensorio di Castelporziano e trasforma valori naturali (sistemi vegetali) in parametri quantitativi (unità di peso su unità di superficie). Permette di evidenziare zone a bassa (<5 t ha^{-1}), media (61-90 t ha^{-1}) ed elevata (301-330 t ha^{-1}) biomassa. I risultati mettono in evidenza come i cambiamenti strutturali si riflettano a livello dell'ecosistema: la biomassa, l'altezza e l'indice di area folgliare (LAI) aumentano all'aumentare della complessità strutturale. La Carta è uno strumento utile per definire la capacità produttiva di un territorio di notevole valenza ecologica che richiede programmi di monitoraggio mirati a valutare in tempo utile i cambiamenti strutturali e funzionali dei diversi sistemi.

INTRODUZIONE

La biomassa vegetale è l'espressione finale di tutti i processi metabolici che si svolgono nelle piante e rappresenta la risultante dell'influenza dei fattori esterni sul decorso dei processi stessi. Variazioni significative di biomassa sono legate a variazioni di densità della popolazione che, condizionando i rapporti di competizione inter ed intraspecifici, determinano lo sviluppo in diametro ed in altezza degli individui [1]. Anche lo stato locale di disturbo antropico media tali cambiamenti [2], poiché condiziona la capacità riproduttiva delle specie [3; 4]. Lo stress determina generalmente una riduzione della superficie fogliare che, riducendo la fissazione del carbonio [5], ha una ricaduta negativa sulla produttività.

In tale ottica il monitoraggio delle comunità vegetali, in particolare in aree di notevole valenza ecologica, ha lo scopo di stabilire la soglia di tolleranza allo stress; programmi di monitoraggio possono essere realizzati utilizzando le caratteristiche strutturali e funzionali delle specie e degli ecosistemi, organizzate in inventari di dati in grado di fornire il trend di risposta ai livelli crescenti di perturbazione per una gestione qualificata del territorio.

In tale ottica lo scopo di questa ricerca è quello di realizzare la "Carta della Biomassa Vegetale" dei sistemi naturali e seminaturali presenti all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, che include aspetti di vegetazione mediterranea di notevole valenza ecologica.

MATERIALI E METODI

Lo studio viene condotto all'interno della Tenuta Presidenziale di Castelporziano (S-SW di Roma) che presenta diversi tipi di vegetazione: la vegetazione psammofila che si sviluppa lungo la costa (20 ha) [6; 7; 8; 9; 10], la macchia bassa (54 ha) [11; 12; 13], la macchia alta (580 ha) [14; 15; 16; 17; 18; 19; 20], i boschi sempreverdi a *Quercus ilex* L. (255 ha) [21; 22; 23; 24], i boschi sempreverdi a *Quercus suber* L. (460 ha), le piantagioni a *Pinus pinea* L. (678 ha), i boschi misti di latifoglie (2132 ha), le piantagioni a *Eucalyptus globulus* Labill. (73 ha) ed i pascoli (255 ha) [25].

Sono state selezionate 20 aree di 200 m^2 per la macchia bassa e la macchia alta e 20 di 400 m^2 nelle strutture forestali, in accordo a Newbould [26] e Aber [27]. Sono state fissate 25 aree di 1 m^2 per la vegetazione psammofila e per i pascoli, in accordo a Singh *et al.* [28]. In tutti i sistemi forestali le misure

strutturali hanno riguardato: l'altezza delle piante, il diametro del fusto (alla base ed a 1.30 m), la densità della popolazione e l'indice di area fogliare. Tutte le piante nelle aree di saggio sono state suddivise in classi diametriche. Sono state condotte misure distruttive in tre sub-aree di saggio di 25 m^2 per la macchia e di 100 m^2 per le strutture forestali. Sono stati selezionati per il taglio tre individui rappresentativi per ogni specie in ciascuna classe e frazionati in fusto, rami e foglie. Tutti i campioni sono stati pesati in campo (peso fresco) e sono stati prelevati sottocampioni per la conversione peso fresco-peso secco (dopo permanenza in stufa ventilata a 90°C fino a peso costante), in accordo a Bunce [29] e a Stewart *et al.* [30]. Il peso secco degli individui tagliati è stato moltiplicato per il numero di individui della stessa classe per ciascuna area di saggio per ottenere la biomassa epigea, in accordo a Ovington e Pearsall [31] e a Whittaker e Marks [32].
Per i pascoli e la vegetazione psammofila è stato utilizzato il metodo diretto che prevede il taglio a livello del suolo di tutto il materiale vegetale [28].
L'indice di area fogliare (LAI) è stato misurato mediante il LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR, Inc., Lincon, Nebraska, USA) in accordo a Brenner *et al.* [33] e Welles e Cohen [34].

RISULTATI

I dati di biomassa relativi ai vari sistemi vegetali sono stati ordinati in 14 classi di biomassa (Fig. 1) e ogni classe è rappresentata nella Carta da un colore: la prima classe mostra valori inferiori a 1 t ha^{-1}, la seconda valori compresi fra 1 e 5 t ha^{-1}, la terza fra 6 e 30 t ha^{-1}, la quarta fra 31 e 60 t ha^{-1}, la quinta fra 61 e 90 t ha^{-1}, la sesta fra 91 e 120 t ha^{-1}, la settima fra 121 e 150 t ha^{-1}, l'ottava fra 151 e 180 t ha^{-1}, la nona fra 181 e 210 t ha^{-1}, la decima fra 211 e 240 t ha^{-1}, l'undicesima fra 241 e 270 t ha^{-1}, la dodicesima fra 271 e 300 t ha^{-1}, la tredicesima fra 301 e 330 t ha^{-1}e la quattordicesima fra 331 e 360 t ha^{-1}.

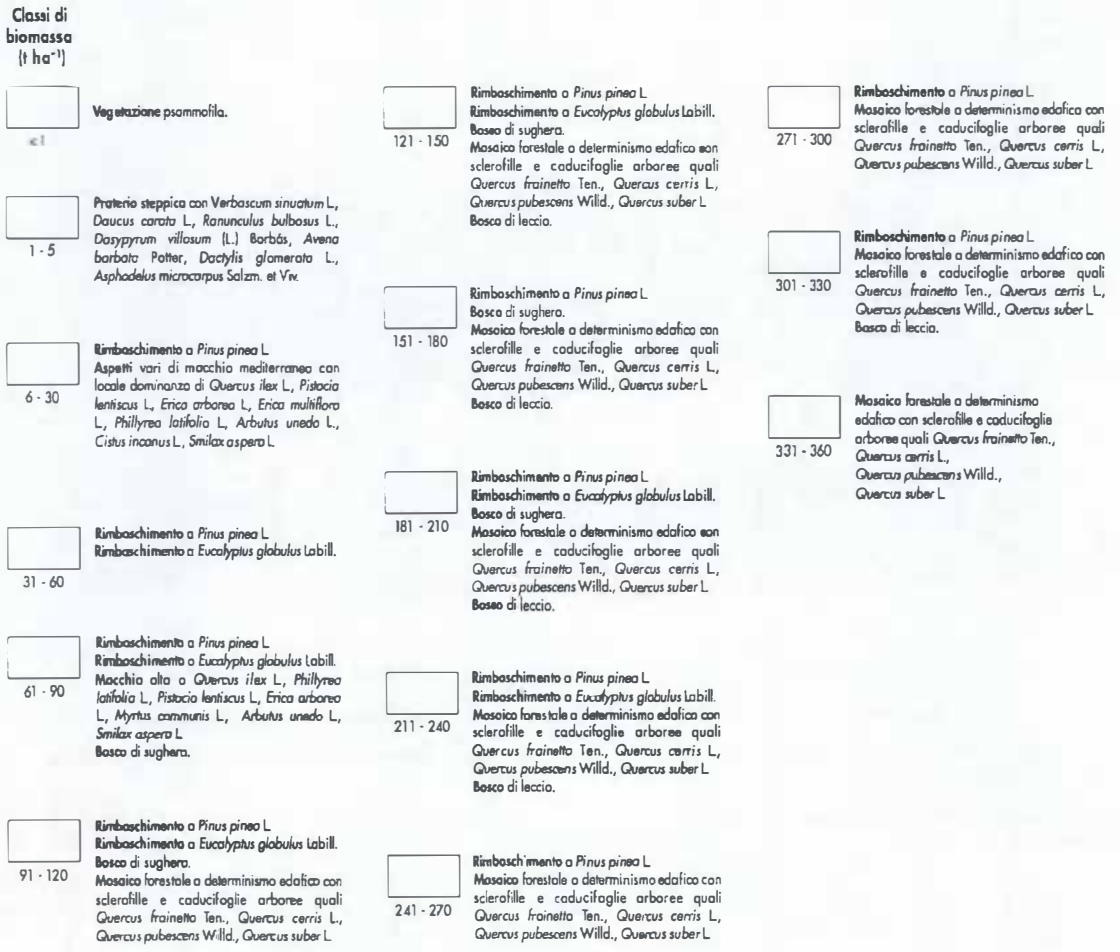


Figura 1 – Distribuzione della biomassa dei sistemi vegetali presenti nella Tenuta in 14 classi.

La vegetazione psammofila

L'altezza delle specie della vegetazione psammofila varia fra 5 e 50 cm ed il maggior contributo alla biomassa epigea (30.2 g m^{-2}) è dato da *Ammophila littoralis* (Beauv.) Rothm., *Eryngium maritimum* L. e *Anthemis maritima* L. (7%, 41% e 20% rispettivamente).

La macchia mediterranea

La macchia bassa è caratterizzata da arbusti alti 1.0±0.5 m e da un LAI di 2.5. Al valore di biomassa epigea (19 t ha^{-1}) contribuiscono soprattutto *Quercus ilex* L. (27%), *Phillyrea latifolia* L. (14%) e *Arbutus unedo* L. (15%). In media la biomassa fogliare rappresenta il 24% della biomassa totale (legno + foglie). I valori di biomassa sono comparabili a quelli determinati per altre comunità arbustive dell'ambiente Mediterraneo [35; 36; 37; 38].

La macchia alta è caratterizzata da arbusti alti in media 3.0±1.5 m e da un LAI di 4.3. Al valore di biomassa totale (84 t ha^{-1}) *Erica arborea* L. contribuisce per il 55%; la biomassa fogliare risulta essere il 10% della biomassa totale epigea.

Passando dalla macchia bassa alla macchia alta, ad un aumento di altezza del 67% corrisponde un incremento della biomassa epigea del 77% e del LAI del 42%.

I boschi sempreverdi a *Quercus ilex L.*

Le leccete presenti nel comprensorio rientrano in cinque classi di biomassa: alla prima classe (121-150 t ha^{-1}) appartengono i boschi costituiti da un solo strato, alto in media 4.5 m. Alla classe più elevata (301-330 t ha^{-1}) corrispondono sistemi strutturalmente più complessi (Fig. 2), caratterizzati da uno strato arboreo alto in media 16 m e da uno strato arbustivo di 3.7±0.8 m; lo strato arbustivo contribuisce per l'83% alla densità totale. Il LAI varia da 3.6 a 4.5 ed il valore più elevato si associa alla classe di biomassa più elevata.

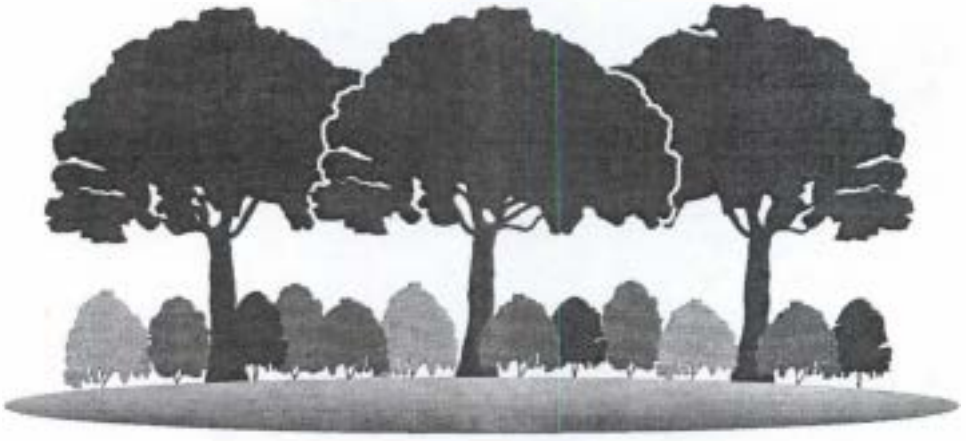


Figura 2 – Caratteristiche strutturali del bosco di Leccio nella classe più elevata di biomassa

I boschi sempreverdi a *Quercus suber L.*

Le sugherete presenti all'interno della Tenuta costituiscono dei sistemi in cui la densità viene periodicamente controllata con il taglio. La biomassa dei boschi di sughera si distribuisce in cinque classi; nella classe più bassa (61-90 t ha^{-1}) rientrano i sistemi alti 4.8±0.7m, comparabili a quelli studiati in Sicilia da Leonardi *et al.* [39]. Il LAI varia fra 1.6 e 2.5.

Il mosaico forestale a determinismo edafico con sclerofille e caducifoglie arboree quali: *Quercus frainetto* Ten., *Quercus cerris* L., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus suber* L.

Questi sistemi presentano la maggiore estensione all'interno della Tenuta. I valori di biomassa rientrano in nove classi, in relazione alla densità e alla composizione in specie; variazioni locali delle specie dello strato dominato determinano variazioni di biomassa. I valori più elevati (331-360 t ha^{-1}) (Fig. 3) si riferiscono agli aspetti con *Carpinus orientalis* Mill. ed i valori più bassi a quelli in cui sono presenti arbusti sempreverdi della macchia mediterranea. Il LAI varia da 2.6 a 4.0 e rientra nel range misurato in Italia da Schirone *et al.* [40], Piccoli e Borelli [41] e da Gratani e Foti [42].

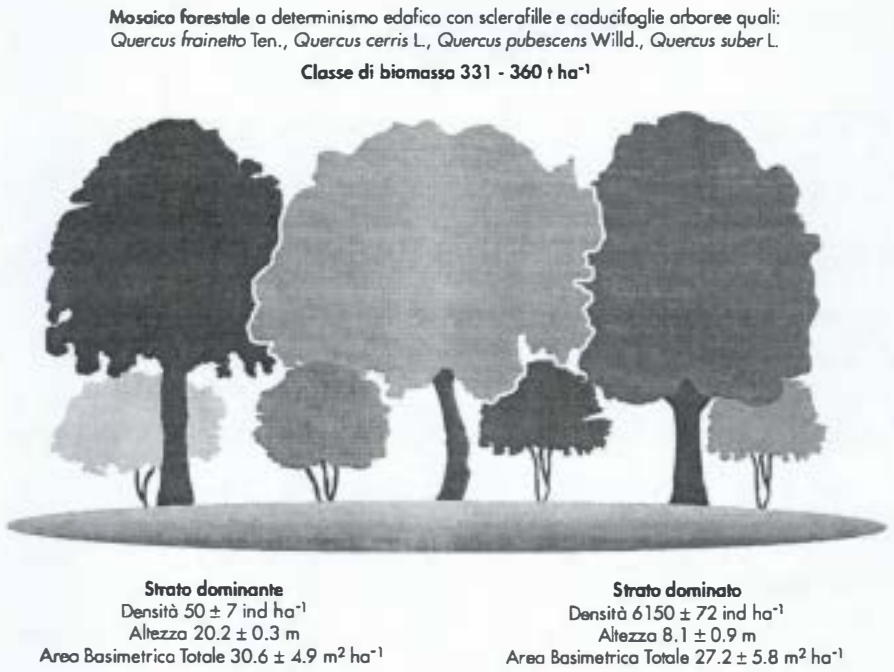


Figura 3 – Caratteristiche strutturali del bosco misto di latifoglie nella classe più elevata di biomassa

Le piantagioni a *Pinus pinea* L.

Le pinete, di diversa età e densità, occupano una vasta estensione e rientrano in 11 classi di biomassa; alla prima (6-30 t ha^{-1}) appartengono le pinete di 11 anni di età, caratterizzate da un LAI di 2.2, mentre appartengono alla classe più elevata (301-330 t ha^{-1}) le pinete di 60-100 anni, che mostrano anche i valori più elevati di LAI (2.6-3.0) (Fig. 4). L'altezza varia da 1.9±0.6 m (pinete di 11 anni) a 20.2±1.5 m (pinete di oltre 100 anni). I dati relativi alle pinete più giovani sono comparabili a quelli ottenuti da Cabanettes e Rapp [43].

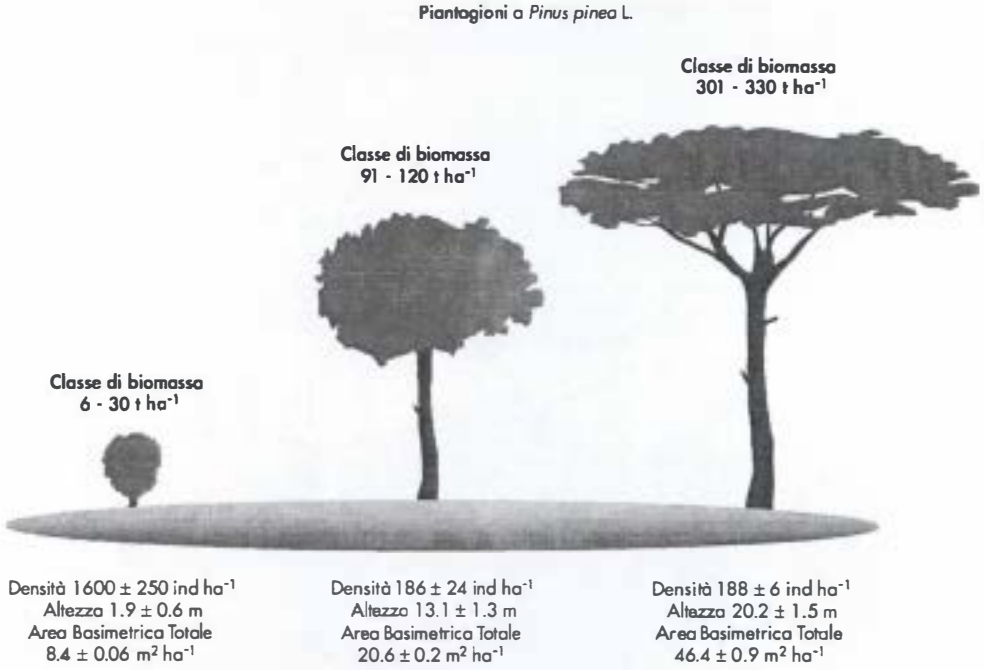


Figura 4 – Caratteristiche strutturali delle pinete in tre diverse classi di biomassa

Le piantagioni a *Eucalyptus globulus L.*
L'altezza media delle piantagioni a *Eucalyptus globulus* varia fra 11.3±1.2 e 18.0±0.9. In relazione all'altezza e alla densità (da 1600 a 2800 individui ha^{-1}) si osserva un variazione della biomassa da 31 a 240 t ha^{-1} e del LAI da 1.1 a 1.5.

Pascoli
I valori di biomassa dei pascoli che si sviluppano nella Tenuta rientrano nella prima classe di biomassa (1.0 a 5.0 t ha^{-1}); il LAI varia da 0.6 a 2.0.

DISCUSSIONE

La struttura dei sistemi vegetali e la capacità produttiva risultano dall'interazione di molte variabili che agiscono sulla vegetazione a livelli diversi; la struttura delle chiome in particolare influenza i processi di crescita e l'efficienza dello sviluppo [44].
I risultati ottenuti per le comunità esaminate sottolineano come i cambiamenti strutturali si riflettano a livello dell'ecosistema: in media la biomassa, l'altezza ed il LAI dei sistemi analizzati aumentano all'aumentare della complessità strutturale. Il LAI è risultato uno dei parametri più importanti per descrivere la struttura delle chiome e per definire la capacità produttiva dei sistemi vegetali poiché è in relazione diretta con la biomassa. Waring [45] e Gratani *et al.* [46] suggeriscono che il LAI può essere un parametro utile per monitorare precocemente sintomi di stress nei boschi.
L'identificazione delle classi di biomassa ha permesso di stabilire il range di esistenza di ciascun sistema, poiché cambiamenti fisionomici sono stati osservati al di fuori del range. Mediante la definizione delle classi di biomassa è possibile identificare all'interno della Tenuta:

- sistemi ad elevata biomassa (301-330 t ha^{-1}), corrispondenti alle pinete più mature, ai boschi sempreverdi a *Quercus ilex* e ai boschi misti di latifoglie;
- sistemi a biomassa media (61-90 t ha^{-1}), corrispondenti alla macchia alta mediterranea, alle piantagioni e ai boschi a *Quercus suber*;
- sistemi a bassa biomassa (valori inferiori a 5 t ha^{-1}), corrispondenti ai pascoli e alla vegetazione psammofila.

I risultati nel loro insieme indicano che: la densità influenza la struttura a causa della competizione inter e intraspecifica; i cambiamenti nella struttura influenzano l'accrescimento e quindi la biomassa che

esprime la capacità di un popolamento di utilizzare al meglio le risorse disponibili; la biomassa varia al variare della struttura di un sistema.
"La Carta della Biomassa Vegetale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano", rappresenta la distribuzione di classi quantitative nell'ambito del Territorio in esame. I valori naturali (sistemi vegetali) sono stati trasformati in parametri quantizzabili (unità di peso su unità di superficie), per valutare zone a diversa biomassa. La carta diviene quindi uno strumento utile per la definizione della capacità produttiva di un territorio di rilevante valenza ecologica, che richiede programmi di monitoraggio mirati a valutare in tempo utile i cambiamenti strutturali e funzionali dei diversi sistemi e a suggerire interventi mirati nell'ambito della gestione del territorio.

BIBLIOGRAFIA

[1] SMITH F.W., SAMPSON D.A., LONG J.N., 1991, Comparison of leaf area index estimates from tree allometrics and measured light interception. Forest Sci., 37, 1682-1688.

[2] GRATANI L., FRATTAROLI A.R., 1995, Analisi strutturale e morfologica fogliare di alcune aree rimboschite a *Pinus nigra* Arn. nell'Appennino Abruzzese. Arch. Geobot., 1, 143-152.

[3] SHAO G., SHUGART H.H., SMITH T.M., 1995, A role-type model (rope) and its application in assessing climate change impacts on forest landscapes. Vegetatio, 121, 135-146.

[4] SHUGART H.H., SHAO G., EMANUEL W.R., SMITH T.M., 1997, Modelling the structural response of vegetation to climate change, pp. 265-272. *In* B. Huntley, W. Cramer, A.V. Morgan, H.P. Prentice, J.R.M. Allen (Eds.), Past and future rapid environmental changes: the spatial and evolutionary responses of terrestrial biota. NATO ASI Series I, Global Environmental Changes 47. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

[5] DICKSON R.E., ISEBRANDS J.G., TOMLINSON P.T., 1990, Distribution and metabolism of current photosynthate by single-flush northern red oak seedlings. Tree Physiol., 7, 65-67.

[6] GRATANI L., MARINUCCI C., AMADORI M., BRUNO F., 1983, Relationship between phytosociological table and biomass estimation of psammophilous vegetation at Castelporziano (Rome, Italy). Acta Oecologica/Oecol. Gener., 4, 307-314.

[7] GRATANI L., 1986, Seasonal study on the chlorophyll content of several species in a mediterranean ecosystem. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., 119, 74-80.

[8] GRATANI L., FIORENTINO E., FIDA C., 1986, Phenological behaviour as a function of temperature for several species of psammophilous vegetation. Anales Jardin Botanico de Madrid, 43, 125-135.

[9] GRATANI L., 1987, A critical approach to the problem of the vigour of *Ammophila littoralis* (Beauv.) Rothm. Ecologia Mediterranea, 13, 53-60.

[10] GRATANI L., FIORENTINO E., 1988, Estimation of leaf area index in *Eryngium maritimum* L. and *Pancratium maritimum* L. Photosynthetica, 22, 567-568.

[11] GRATANI L., AMADORI M., 1990, Vegetative regeneration of some maquis species after fire. Atti del Workshop "*Quercus ilex* L. Ecosystems: Function, Dynamics and Management". Montpellier (Francia) - Barcellona (Spagna), 17-21 Settembre 1990, p. 156.

[12] GRATANI L., 1995, Structural and ecophysiological plasticity of some evergreen species of the mediterranean maquis in response to climate. Photosynthetica, 31, 335-343.

[13] GRATANI L., BASSANI R., 1999, Stomatal conductance correlates with photosynthetic activity in *Quercus ilex* L. during the year. Ecol. Medit., 25, 87-94.

[14] GRATANI L., AMADORI M., VERI L., BRUNO F., PORRI M., 1980, Determinazione di un metodo di stima della biomassa nella macchia di Castelporziano (Lazio). Ann. Bot., Roma, 41, 131-151.

[15] GRATANI L., MORICONI M., AMADORI M., 1981, Distribuzione in elementi minerali in due aspetti a macchia presso Castelporziano (Roma). Ann. Bot., Roma, 39, 297-307.

[16] GRATANI L., AMADORI M., VERI L., 1982, A preliminary study of the maquis at Castelporziano (Lazio) structure and biomass with the use of the phytosociological table. Ann. Bot., Roma, 40, 163-170

[17] GRATANI L., 1985, Variability in chlorophyll content along a gradient in a mediterranean ecosystem. Ecol. Medit., 11, 55-63.

[18] GRATANI L., FIORENTINO E., 1986, Relationship between chlorophyll content and leaf biomass for *Quercus ilex* in a mediterranean maquis stand. Photosynthetica, 20, 267-273.

[19] GRATANI L., FIORENTINO E., 1988, Leaf area index for *Quercus ilex* L. high maquis. Photosynthetica, 22, 458.

[20] GRATANI L., FIORENTINO E., KUBOVA A., MARZI P., 1989, Effect of microclimate on ecophysiological features of some sclerophyllous species. Photosynthetica, 23, 230-233.

[21] GRATANI L., MARZI P., CRESCENTE M.F., 1990, Ecophysiological study in the different layers of a *Quercus ilex* L. evergreen forest: annual trend of leaf characteristics. Atti del Workshop "Quercus ilex L.

Ecosystems: Function, Dynamics and Management". Montpellier (Francia) - Barcellona (Spagna), 17-21 Settembre 1990, p.72.
[22] GRATANI L., CRESCENTE M.F., 1993, Phenological and phenometric studies in a *Quercus ilex* L. evergreen forest (Latium). Ann. Bot., Roma, 51, 193-201.
[23] GRATANI L., 1996, Leaf and shoot growth dynamics of *Quercus ilex* L. Acta Oecologica, 17, 17-27.
[24] GRATANI L., 1997, Canopy structure, vertical light profile and photosynthetic function in a *Quercus ilex* evergreen forest. Photosynthetica, 33, 139-149.
[25] GRATANI L., MORICONI M., AMADORI M., BRUNO F., 1980, Caratterizzazione chimica in elementi minerali di *Asphodelus microcarpus* e suoi rapporti con il substrato. Ann. Bot., Roma, 39: 153-170.
[26] NEWBOULD P.J., 1967, Primary production of forests. Blackwell Scientific Publications, Oxford Edinburgh..
[27] ABER J.D., 1979, A method for estimating foliage-height profiles in broad-leaved forests. J. Ecol.,. 67, 35–40.
[28] SINGH J.S., LAUENROTH W.K., STEINHORST R.K, 1975, Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. Bot. Rev. (Lancaster), 41, 181–232.
[29] BUNCE R.G.H., 1968, Biomass and production of trees in a mixed deciduous woodland. I. Girth and height as parameters for the estimation of tree dry weight. J. Ecol., 56, 759–775.
[30] STEWART H.T.L., FLINN D.W., AEBERLI B.C., 1979, Above-ground biomass of a mixed *Eucalyptus* forest in Eastern Victoria. Austral. J. Bot., 27, 725–740.
[31] OVINGTON J.D., PEARSALL W.H., 1956, Production ecology 2. Estimates of average production by trees. Oikos, 7, 202.
[32] WHITTAKER R.H., MARKS P.L., 1975, Methods of assessing terrestrial productivity, pp. 55–103. *In* H. Lieth, R.H. Whittaker (Eds.), Primary productivity of the biosphere. Springer-Verlag, New York.
[33] BRENNER A.J., CUETO ROMERO M., GARCIA HARO J., GILABERT M.A., INCOLL L.D., MARTINEZ FERNANDEZ J., PORTER E., PUGNAIRE F.I., YOUNIS M.T., 1995, A comparison of direct and indirect methods for measuring leaf and surface area of individual bushes. PI. Cell Environm., 18, 1332–1340.
[34] WELLES J.M., COHEN S., 1996, Canopy structure measurement by gap fraction analysis using commercial instrumentation. J. Exp. Bot., 47, 1335–1342.
[35] LOSSAINT P., 1973, Soil-vegetation relationships in mediterranean ecosystems of southern France, pp. 199–210. *In* F. Di Castri, H. A. Mooney (Eds.), Mediterranean type ecosystems. Origin and structure. Springer-Verlag, New York.
[36] MARGARIS N.S., 1976, Structure and dynamics in a phryganic (est Mediterranean) ecosystem. J. Biogeography, 3, 249–259.
[37] MOONEY H.A., RUNDEL P.W., 1979, Nutrient relations of the evergreen shrub *Adenostoma fasciculatum* in the California chaparral. Bot. Gaz. (Crawfordsville), 140, 109–113.
[38] MERINO J., VICENTE A.M., 1981, Biomass, productivity and succession in the scrub of the doñana biological reserve in southwest Spain, pp. 197–203. *In* N. S. Margaris, H.A. Mooney (Eds.), Components of productivity of mediterranean-climate regions. Basic and applied aspects. Dr W. Junk Publishers, The Hague.
[39] LEONARDI S., RAPP M., FAILLA M., KOMAROMY E., 1992, Biomasse, minéralomasse, productivité et gestion de certains éléments biogènes dans une forêt de *Quercus suber* L. en Sicile (Italie). Ecol. Medit., 18, 89–98.
[40] SCHIRONE B., SCARASCIA MUGNOZZA G., VALENTINI R., 1985, Osservazioni preliminari sull'indice di area fogliare di *Quercus cerris* L. Monti e Boschi, 5, 47–51.
[41] PICCOLI D., BORELLI S., 1988, Introduzione agli studi fitometrici sulla cerreta di Roccarespampani (VT). Inform. Bot. Ital., 20, 810–815.
[42] GRATANI L., FOTI I., 1998, Estimating forest structure and shade tolerance of the species in a mixed deciduous broad-leaved forest in Abruzzo. Ann. Bot. Fenn., 35, 75–83.
[43] CABANETTES A., RAPP M., 1978, Biomasse, minéralomasse et productivité d'un écosystème à Pins pignons (*Pinus pinea* L.) du littoral méditerranéen. Oecol. PI., 13, 271–286.
[44] JACK S.B., LONG J.N., 1991, Structure, production and leaf area dynamics: a comparison of lodgepole pine and sunflower. Ann. Bot. (London), 68, 247–252.
[45] WARING R.H., 1985, Imbalanced forest ecosystems: assessments and consequences. Forest Ecol. Managem., 12, 93–112.
[46] GRATANI L., FRATTAROLI A.R., CONSOLE C., 1994, Regeneration of the undergrowth in reafforested areas with *Pinus nigra*, in the High Aterno Valley (Italy). Belg. J. Bot., 127, 61–66.

GRUPPO DI LAVORO	**VEGETAZIONE**
TITOLO DELLA RICERCA	Componente Vegetazionale dell'Ecosistema di Castelporziano
RESPONSABILE	Prof. A. Pignatti
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Vegetale – Università "La Sapienza" – Roma

CONCLUSIONE

I risultati ottenuti mediante cinque anni di ricerche rappresentano un corpus di conoscenze quali ben pochi ambienti nell'intero bacino mediterraneo possono vantare. Si può quindi a buona ragione ritenere che il lavoro svolto da oltre un centinaio di studiosi abbia avuto pieno successo. Bisogna tuttavia osservare che finora si è avuta una netta prevalenza del discorso di carattere disciplinare svolto da ciascun gruppo, mentre le interazioni tra i diversi gruppi sono state sviluppate soltanto in poche occasioni.

In effetti, durante questo periodo vi era l'effettiva esigenza di portare la conoscenza sulle condizioni obbiettive dell'ecosistema ad un livello per quanto possibile approfondito e corrispondente ai migliori livelli continentali. La possibilità di stabilire tematiche trasversali è stata sempre tenuta presente nella visione ecosistemica, tuttavia è noto che si tratta di un obbiettivo molto ambizioso e che ben raramente può venire raggiunto in questo tipo di ricerche.

Ci si può augurare che le ricerche possano venire continuate anche per il futuro, ed in tal caso sembra opportuno stabilire il principio che debba venire data un'assoluta preminenza nei finanziamenti a quei programmi che rappresentano un'effettiva interazione tra due o più gruppi, in modo da ottenere la fertilizzazione incrociata come effetto di esperienze e competenze diverse. Per quanto riguarda il gruppo Vegetazione sembra che le interazioni possibili siano soprattutto con i gruppi Fauna e Suolo.

Si aprono così prospettive di approfondimenti in campi ancora poco indagati, e che appaiono promettenti per risultati il cui interesse potrebbe andare ben oltre i limiti dell'area studiata.

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	Il Monitoraggio della Fauna
RESPONSABILE	Prof. A. Fanfani
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo Università "La Sapienza" - Roma

INTRODUZIONE

Il Programma di Monitoraggio della Tenuta Presidenziale di Castelporziano è giunto al suo quinto ed ultimo anno.
Il G. di L. Fauna con le sue otto Linee di ricerca e il centinaio di ricercatori. che a vario titolo hanno partecipato, hanno raccolto una quantità notevole di dati, che messi interdisciplinarmente in relazione con quelli ottenuti da altri G. di L. iniziano a chiarire molti aspetti della complessa biologia di questo ambiente mediterraneo.
A questo proposito è bene ricordare gli studi su cinghiale, daino e capriolo, specie queste che, qui a Castelporziano, costituiscono popolazioni ormai isolate, geneticamente differenti da quelle presenti nel resto del territorio italiano. Esse hanno dimostrato di avere una notevole influenza, particolarmente le prime due, sulle capacità di rinnovarsi del bosco e nel delicato rapporto suolo-vegetazione-fauna.
Altrettanto interessanti sono gli studi sull'avifauna migratoria oltre 85 specie censite, la Tenuta dal 1991 è nel Progetto Piccole Isole, su quella svernante almeno 100 specie e su quella nidificante. Queste ricerche mettono in evidenza l'importanza di questo biotopo per la rotta migratoria tra l'Europa centrosettentrionale e l'Africa e per la nidificazione di specie di interesse internazionale, come *Charadrius alexandrinus, Milvus migrans* e *Lanius*. Le ricerche su rapaci notturni non solo contribuiscono a chiarire la biologia di queste specie, ma soprattutto a studiare altri aspetti della faunistica della Tenuta. Infatti se consideriamo queste come indicatori biologici esse ci possono collegare alla presenza e, quindi, allo studio dei micromammiferi e degli insetti. Di particolare interesse è la presenza dell'allocco (*Strix aluco*), con 450-500 territori stimati nell'intera Tenuta e con un picco di densità, in aree a varia coperture boschiva totale, tra i più alti d'Europa pari a 14-18 coppie / km^2 .
Poi è bene ricordare le cosiddette piscine. Le ricerche su questi biotopi hanno messo in evidenza la loro importanza interdisciplinare, come elementi che caratterizzano, in modo veramente significativo, uno degli ultimi ecosistemi compositi ben conservati di ambiente costiero mediterraneo. Le piscine temporanee sono 101 e quelle perenni 20. Durante le ricerche sono state trovate specie di invertebrati sia esclusive di ambienti astatici sia molto significative poiché sinora non segnalate per tutto il territorio italiano o per le regioni centrali, sia piuttosto rare, per un totale di oltre 300 taxa, soprattutto Crostacei ed Insetti.
In particolare per gli Insetti sinora sono state reperite nei diversi ambienti, caratterizzanti la Tenuta, ben 1450 specie appartenenti a 21 Ordini. Di queste la segnalazione di almeno 1000 si deve proprio a queste ricerche. Inoltre la presenza di alcune di queste riveste particolare significato in considerazione della loro biologia e della loro distribuzione; testimonianza della presenza di condizioni ambientali ancora integre e proprie di una grande biodiversità, situazioni ormai quasi completamente scomparse da gran parte del territorio laziale.
Pertanto i dati in nostro possesso, alcuni di recente acquisizione e pertanto non tutti sufficientemente chiariti, altri ulteriormente arricchiti ed elaborati con nuovi metodi di indagine, mettono sempre più in evidenza l'importanza della Tenuta come sede di biocenosi di grande interesse scientifico e naturalistico; alcune delle quali in particolare hanno caratteristiche relittuali, meritevoli di una protezione attenta, corretta e duratura.
La presenza di un numero così elevato di specie animali, alcune di così grande interesse, deve quindi essere considerata una valida motivazione per gestire nella maniera più equilibrata la Tenuta, ora Riserva Naturale, valorizzando le aree a maggiore biodiversità, curando le più soggette a possibile deterioramento, preservando da interventi quelle ove la presenza delle emergenze faunistiche sia precaria.

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	Censimenti delle Entomocenosi Forestali e Litoranee
RESPONSABILE	Dott. P. Maltzeff
UNITA' OPERATIVA	Collaborazione esterna
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	Dott. P. Maltzeff

INTRODUZIONE

Le ricerche riguardanti l'entomofauna della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, volte al censimento delle specie ed alla redazione di una checklist dei taxa identificati, sono continuate nel 1999, apportando in tale anno un incremento di circa 250 specie a fronte del precedente, così da raggiungere il totale di circa 1450 (333 nel primo anno, altre 267 nel secondo, 350 nel terzo, 250 nel quarto).
Di queste, circa 1400 specie sono state reperite sul campo dal 1994 ad oggi dall'autore della presente e dagli altri ricercatori coinvolti, di cui circa 1000 non erano state mai segnalate precedentemente nella Tenuta, mentre per le circa 400 rimanenti risultavano già reperti pregressi, antichi in certi casi anche di mezzo secolo e più, che sono stati pertanto confermati dai dati più recenti.
Delle rimanenti - alcune decine di specie- sono conservati esemplari nelle collezioni "storiche" di Musei, Università e privati e/o esistono citazioni bibliografiche, ma senza che i relativi dati siano stati confermati nel corso degli ultimi cinque anni.
Resta aperto, e può costituire argomento di ulteriori indagini, il duplice interrogativo:

- se le specie non più ritrovate si siano estinte localmente (e se tutte, o in parte, o se si tratti di estinzioni locali apparenti dovute a fluttuazioni demografiche e/o a metodiche di ricerca insufficienti o semplicemente sfortunate);
- e se le nuove specie trovate di recente per la prima volta fossero già presenti in passato e fossero sfuggite all'attenzione dei ricercatori per motivi analoghi a quelli del punto precedente, o se almeno alcuni di tali taxa costituiscano "nuovi arrivi" pervenuti da poco da altre regioni.

Per alcune specie almeno, quest'ultima ipotesi si è dimostrata valida, in alcuni casi per l'intero territorio nazionale: è ben noto che così è ad esempio per il coleottero nitidulide *Epuraea luteola*, per l'omottero *Metcalfa pruinosa* ecc., inesistenti in Italia dieci o venti anni fa.
Per il primo punto, invece, è opportuno precisare che occorre grande prudenza nel formulare ipotesi di estinzioni locali, come confermato da casi peculiari verificatisi anche nel corso di questo stesso quinquennio di indagini.
Ad esempio, i comuni coleotteri carabidi *Scybalicus oblongiusculus, Licinus silphoides* e *Chlaeniellus olivieri* sono risultati introvabili o rarissimi in alcuni dei primi anni citati, mentre sono stati trovati successivamente in buon numero, nelle stesse località e con le stesse tecniche di raccolta.
Viceversa altre specie trovate con facilità e in numero nei primi anni del quinquennio si sono andate diradando ultimamente, tra queste i carabidi *Diachromus germanus*, e *Agonum viridicupreum*, il cerambicide *Corymbia scutellata* e altri.
L'esistenza di questi cicli demografici più o meno periodici, già del resto ben nota, è però difficile da correlare a specifiche e ben determinate condizioni meteorologiche o ad altri fattori sia naturali che eventualmente dovuti ad interventi antropici.
La maggior parte del materiale raccolto è stata già determinata da specialisti, mentre una frazione residua è ancora in fase di smistamento oppure è stata già trasmessa a specialisti ma è tuttora in corso di studio; per alcuni gruppi risulta comunque problematico reperire specialisti disponibili e i relativi tempi non sono brevi, in tali casi è inevitabile riferirsi alle "morfospecie" o accontentarsi temporaneamente di identificazioni preliminari.
Ne consegue che anche il numero delle specie elencate deve essere considerato preliminare, e con approssimazioni variabili a seconda dei gruppi tassonomici considerati.
Tra i taxa esaminati e determinati con certezza dai relativi specialisti rientrano:
Tra i Coleotteri le seguenti famiglie:

- Carabidae: 161 specie determinate da A. Vigna Taglianti;

- Lamellicornia (Lucanidae e Scarabaeidae): 105 specie determinate da G. Carpaneto e E. Piattella;
- Curculionidae, Scolytidae: oltre 200 specie determinate da E. Colonnelli;
- Nitidulidae, Endomychidae, Cleridae, Silphidae: determinate da P. Audisio;
- Meloidae, Pyrochroidae, Oedemeridae ecc.: determinate da M. Bologna;
- Elateridae, Eucnemidae: determinate da A. Liberto;
- Tenebrionidae: determinate da S. Fattorini;
- Dytiscidae, Haliplidae, Anthicidae determinate da G. Nardi;

Tra i Lepidotteri :

- Noctuidae, Sphingidae, Lymantriidae, Lasiocampidae, Arctidae, Saturniidae, Lycenidae, Nymphalidae: determinate da A. Zilli;
- Geometridae: 80 specie determinate da V. Raineri;
- Tortricidae: 25 specie determinate da M. Pinzari.

Tra i Ditteri: 80 specie circa di Tachinidae determinate da P. Cerretti;

- Scyomizidae 10 sp. circa determinate da L. Rivosecchi;
- Culicidae determinate da M. Coluzzi;
- Chironomidae determinate da B. Rossaro.
- Planipennia: (Myrmeleontidae, Chrysopidae, Hemerobiidae) e Mecoptera determinate da Letardi.

Sono in corso di determinazione i Coleotteri Buprestidae e Cerambycidae da parte di G. Gobbi, gli Imenotteri Apidae da parte di M. Comba, ecc.

PARTE SPERIMENTALE

Tra i fattori che hanno consentito l'incremento citato delle specie trovate in Tenuta nel 1999, sono da annoverare i seguenti:

- L'utilizzo di nuove tecniche di raccolta, tra le quali:
  - Tende Malayse, collocate in quattro località della Tenuta, nell'ambito di una Tesi di laurea assegnata a P. Cerretti dall'Università di Roma – "La Sapienza", Dipartimento Biologia Animale e dell'Uomo, relatore prof. A Vigna Taglianti, avente per argomento i Ditteri Tachinidi, e di una contestuale ricerca sugli Imenotteri Braconidi condotta dalla dott. G. Simbolotti. La ricerca, non ancora conclusa, ha già portato alla raccolta di numerosissimi esemplari appartenenti a numerosi ordini e relative famiglie, in corso di determinazione.
  - Allevamento da legname morto o deperiente di xilofagi che vi si trovano allo stato di larva. A tale scopo sono stati tagliati in spezzoni, su indicazione dello specialista G. Gobbi, rami e tronchetti secchi di varie essenze forestali e si sono stoccati entro sacchi di dimensioni appropriate. I Coleotteri Buprestidi e Longicornidi usciti dal legname al termine della metamorfosi sono stati raccolti, nella bella stagione, con cadenza circa settimanale. Sono stati ottenuti anche coleotteri appartenenti ad altre famiglie ed alcuni ditteri ed imenotteri. Lo stesso legname darà luogo nel prossimo anno a schiuse di specie a ciclo bi- o pluriennale.
  - Trappole a caduta innescate con frutta ecc. ed assicurate a rami di varie essenze forestali, anche ad una certa altezza dal suolo, che hanno dato luogo a raccolte di Coleotteri Cetonini ecc. (G. Pontuale, G. Sabatinelli).
- La prospezione intensificata di territori dalle caratteristiche peculiari, alcuni dei quali fino ad ora trascurati; tra questi:
  - Capocotta, nel cui fabbricato principale o Villa è stata impiantata una lampada fissa a luce miscelata, con ampio spazio di richiamo dall'alto sulla sottostante lecceta mista e sulle dune fino alla spiaggia, visibile in lontananza, ed in posizione tale da interessare anche l'entomofauna nittimera e fotofila del prossimo bosco umido di Fraxinus e Populus, come *Apaidia rufeola* (Rambur, 1832); notevoli gli arrivi alla lampada anche di lepidotteri migranti provenienti dal mare, per lo più oriundi dalla costa africana, come *Utetheisa pulchella* (Linnaeus, 1758), *Agrotis biconica* (Kollar, 1844), *Thysanoplusia orichalcea* (Fabricius, 1775) (A. Zilli det.).
  - Grotta Romagnola, ossia la serie di biotopi che si succedono lungo il sentiero che costeggia il Fosso omonimo. Partendo dal basso si incontra dapprima un bosco misto di latifoglie con ampie radure assolate colonizzate da cespugli di Rubus, si sale fino a un pianoro più assolato e arido con gruppi sparsi di Quercus ilex e suber, per poi ridiscendere nella fresca e ombrosa Valle dei Puntoni, racchiusa tra pendii coperti da un bosco misto di essenze mesofile e umbrofile.

* La lecceta di Ponteguidone, bosco puro ed omogeneo ben differenziato dai precedenti, che essendo misti e interrotti da radure presentano spiccati caratteri ecotonali. Oltre all'installazione di una delle quattro Malayse, dalla primavera del 1998, è stata qui installata periodicamente una lampada neon UV a batteria che ha consentito raccolte particolarmente interessanti e caratteristiche di questo particolare biotopo. Particolarmente interessante può risultare il confronto tra le evidenze riguardanti le catture effettuate mediante la lampada e quelle mediante la Malayse, dato che i ditteri ed imenotteri parassitoidi censiti grazie a quest'ultima si sviluppano a spese dei bruchi dei lepidotteri a volo notturno che vengono catturati mediante la prima.
* I prati umidi interessati dal reticolo idrografico di Ponte Ruffo -Fosso Trafusina, comprendente "Piscine" di varie caratteristiche e storia pregressa, una sorgente, corsi d'acqua a regime torrentizio e soprattutto superfici prative sia piane che acclivi costellate di invasi e di depressioni del suolo coperti in buona parte da consorzi di igro- e idrofite. Tale preziosissimo ambiente relittuale aveva già precedentemente fornito taxa irreperibili altrove e si era palesato come una sopravvivenza degli antichi ambienti palustri del Lazio. Malgrado alcuni interventi colturali, che sarebbe stato preferibile evitare, parte della cenosi è ancora in buone condizioni e le ricerche del 1999 effettuate sia mediante raccolta a vista che con Malayse, fototrappola a batteria e trappole a caduta hanno consentito la raccolta di specie particolarmente rare e significative.
* La Piscine e gli altri corpi idrici (Piscinali od aree allagate, Fossi o ruscelli, fontanili ecc.) sono stati esplorati con maggiore continuità e intensità rispetto al passato, sia utilizzando retini da acqua che altri dispositivi di cattura, ciò che ha comportato la raccolta di nuovi taxa di coleotteri idroadefagi, idrofilidi, idrenidi, larve di ditteri ed al.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nel IV Report è stato già precisato il motivo dell'interesse di un raffronto tra i reperti recenti e quelli pregressi entro il Comprensorio ed è stato citato l'esempio dei Coleotteri Carabidi.
E' stato compiuto un analogo lavoro di analisi riguardante i Coleotteri Lamellicorni (Lucanidi e Scarabeidi), le cui risultanze sono state integrate nel 1999 dal reperimento di nuove specie.
Ancora nel IV Report sono stati analizzati i motivi per cui è interessante la comparazione tra il numero totale di specie rinvenute in Tenuta appartenenti ad un gruppo tassonomico definito ed il numero corrispondente di specie facenti parte dell'entomofauna contenuta nel territorio all'interno del Grande Raccordo Anulare di Roma (elencata in un recente catalogo faunistico riguardante i reperti di circa centocinquanta anni di raccolte nella Campagna Romana: M. Zapparoli, 1997).
La percentuale delle specie trovate nella Tenuta a fronte di quelle di Roma (1450 a 5151) è prevedibilmente destinata ad aumentare con il procedere delle raccolte, delle determinazioni da parte degli specialisti e della "riscoperta" di altri reperti pregressi già avvenuti nella Tenuta stessa, ma ancora inediti.
Occorre precisare che l'area contenuta nel GRA di Roma è pari a circa 360 kmq., a fronte dei circa 60 (6000 ettari) del Comprensorio costituente la Tenuta, ed i reperti relativi alla città di Roma riguardano quasi 150 anni di raccolte; va puntualizzato inoltre che numerose delle specie qui citate per il passato vi si sono localmente estinte o vi risultano comunque introvabili da anni e talvolta da molti decenni, mentre i reperti di Castelporziano sono recenti nella loro quasi totalità.

CONCLUSIONI

Le ricerche svolte nel quinquennio 1994 -'99 e in particolare quelle concluse nel 1999 nell'ambito del Censimento dell'entomocenosi della Tenuta Presidenziale di Castelporziano hanno comportato il reperimento di specie precedentemente non note per il Comprensorio, così da portarne il numero complessivo nella Check-list a oltre il triplo di quello precedente.
L'entità ed il significato dei risultati ottenuti convalidano le scelte effettuate nella pianificazione delle ricerche, tra cui quella di impostare indagini ad ampio spettro e con tematiche diversificate.
Occorre puntualizzare inoltre l'utilità delle integrazioni, delle ricadute e sinergie tra tecniche di raccolta variamente incrociate con vari tipi di obiettivi, quali la cattura di ditteri con trappole a caduta per coleotteri, di coleotteri, ditteri, neurotteroidei e tricotteri con fototrappole per lepidotteri, e di numerosi ordini con le "tende" Malayse.

Contestualmente è stata svolta una ricerca sia bibliografica che su esemplari conservati nelle Collezioni "storiche" sia pubbliche che private di Roma allo scopo di acquisire, verificare e ordinare i dati pregressi sia noti che inediti.
Aspetti rilevanti emergenti da questo catalogo sono, oltre alla descrizione dell'entomofauna complessiva del comprensorio, più in particolare l'identificazione di specie guida con il significato di indicatori biologici, la definizione dello spettro corologico e di quello ecologico dell'entomocenosi stessa, nonché l'evidenziazione di "emergenze" faunistiche e ambientali, del massimo interesse sia ai fini dell'analisi conoscitiva del territorio che della tutela delle sue caratteristiche più peculiari.
Infatti la presenza di specie fino ad ora non segnalate nel Comprensorio e talvolta neanche in un circondario più ampio, nell'intero Lazio o nell'Italia Centrale, alcune delle quali facenti parte inoltre di categorie corologiche, ecologiche e zoogeografiche peculiari e a volte inattese per la località, è sicuro indicatore dell'esistenza nella Tenuta di aspetti ambientali e naturalistici ancora integri e caratterizzati da un'elevata diversità biologica e dalla presenza di biocenosi equilibrate e vitali, ormai praticamente introvabili nel resto della Campagna romana e nella massima parte del Lazio.
Pertanto i siti che albergano tali entomofaune e biocenosi del massimo interesse, sovente dalle caratteristiche relittuali, sono da considerare meritevoli della più rigorosa tutela per le caratteristiche e per lo stato di conservazione dell'ecosistema di cui sono parte.
La sopravvivenza di tali peculiarità biocenotiche potrà essere perpetuata solamente applicando con rigore e scrupolo una politica di tutela ambientale che riduca al minimo le alterazioni dovute alle cause più diverse e soprattutto che condizioni ogni intervento al parere dei ricercatori presenti sul campo, per assicurare la conservazione integrale di ambienti naturali tanto preziosi e irripetibili.

BIBLIOGRAFIA

[1] Bonavita P., 1987 - Le Entomocenosi a Coleotteri Carabidi della fascia costiera mediterranea: la Tenuta di Castelporziano. Tesi di Laurea (Prof. A. Vigna Taglianti), Facoltà di Scienze, Università degli Studi di Roma "La Sapienza" (inedito).

[2] Bruno S., 1973 - Catalogo ragionato dei Carabini del Lazio. Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 28: 1-30.

[3] Colonnelli E. & Sacco F., 1997 - Coleoptera Curculionoidea - in Zapparoli, 1997 : 217-235.

[4] Carpaneto G. & Piattella E., 1997 - Coleoptera Lucanoidea, Scarabaeoidea - in Zapparoli, 1997: 155-165.

[5] Carpaneto G., Maltzeff P., Piattella E., Pontuale G., 1998 - I Coleotteri Lamellicorni della Tenuta Presidenziale di Castelporziano e delle aree limitrofe. Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 52 (1-4) (1997): 9-54.

[6] Casale A., Sturani M., Vigna Taglianti A., 1982- Coleoptera Carabidae. I - Introduzione, Paussinae, Carabinae- Fauna d'Italia, 18 - Edizioni Calderini, Bologna, 499 pp.

[7] Di Girolamo I., Mancini L., 1987 - Le mosche sinantropiche della collezione ditterologica dell'Istituto Superiore di Sanità (ex Collezione Saccà) (Diptera, Brachycera), Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 42: 21-35

[8] Gobbi G., 1992 - I Buprestidi del Lazio, Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 47: 39-61

[9] Gobbi G., 1993 - Interessanti reperti di Cerambycidae italiani, specialmente delle regioni centro-meridionali, Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 48: 83-90

[10] Maltzeff P., 1998. - Segnalazioni Faunistiche Italiane: Aesalus scarabaeoides (Panzer, 1794) (Coleoptera Lucanidae), Bollettino della Società entomologica italiana, 130 (1): 78-79

[11] Maltzeff P., Vigna Taglianti A. - I Carabidi della Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Coleoptera, Carabidae), Roma, in preparazione.

[12] Nardi G., 1994 - Note su alcuni Coleotteri rinvenuti sui Monti Lepini e nelle aree limitrofe (Lazio), Quaderni del Museo di Storia Naturale di Patrica (FR), (*6*): 99-117

[13] Papini G., 1965 - Su alcuni Coleoptera Scarabaeoidea italiani specialmente del Lazio e dell'Abruzzo, Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 20: 39

[14] Prola C., Provera P., Racheli T. e Sbordoni V., 1978 - I Macrolepidotteri dell'Appennino Centrale - Parte I - Diurna, Bombyces e Sphinges, Fragmenta Entomologica, 14: 1-217

[15] Prola C., Provera P., Racheli T. e Sbordoni V., 1977 - I Macrolepidotteri dell'Appennino Centrale - Parte II - Noctuidae, Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 32: 1-238

[16] Prola C., Racheli T., 1979 - I Geometridi dell'Italia Centrale. Parte I. Bollettino dell'Istituto di Entomologia dell'Università degli Studi di Bologna, 34 (1978): 191-246.

[17] Prola C., Racheli T., 1980 - I Geometridi dell'Italia Centrale. Parte II. Bollettino dell'Istituto di Entomologia dell'Università degli Studi di Bologna, 35 (1979-80): 29-108.

[18] Rivosecchi L., 1992 - Diptera Scyomizidae- Fauna d'Italia- Vol. XXX- Edizioni Calderini, Bologna, 270 pp.
[19] Rivosecchi L., 1994 - Contributo alla conoscenza degli Otitidi italiani (Diptera, Acalyptera, Otitidae) Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 49: 75-116
[20] Zapparoli M. (edit.), 1997 - Gli Insetti di Roma. Comune di Roma, Dip. X Area Risorsa Suolo e Tutela Ambiente, Quaderni dell'Ambiente, 6, Fratelli Palombi Editori, Roma: 360 pp.

NUMERO DI SPECIE PER ORDINE DI INSETTI RACCOLTE NELLA TENUTA PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO da Paolo MALTZEFFF e altri entro il 1999

DITTERI	**180**
IMENOTTERI	**50**
COLEOTTERI	**720**
LEPIDOTTERI	**400**
TRICOTTERI	**1**
NEUROTTEROIDEI:	
RAFIDIOPTERI	
Inocelliidi	**1**
PLANIPENNI	
Emerobidi	**3**
Crisopidi	**4**
Myrmeleontidi	**8**
MECOTTERI	
Panorpidi	**3**
EMITTERI	**30**
ORTOTTERI (Celiferi, Tettigonidi e Grillidi)	**20**
FORFICULIDI	**3**
MANTOIDEI	**3**
FASMIDI	**1**
BLATTOIDEI	**4**
ISOTTERI	**2**
EMBIDI	**1**
ODONATI	**6**
EFEMEROIDEI	**1**
TISANURI	**3**
DIPLURI	**1**
COLLEMBOLI	**5**

TOTALE 1450 SPECIE circa al 31 dicembre 1999

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	Gli Ambienti Temporanei della Tenuta di Castelporziano: Nuovo Censimento e Distribuzione
RESPONSABILE	Prof. G. Mura
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo – Università "La Sapienza" – Roma Tenuta Presidenziale di Castelporziano
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	P. Zarattini, P. Ruda, C. Tonelli, G. Mura

INTRODUZIONE

Uno degli aspetti più interessanti delle raccolte di acque astatiche che caratterizzano la Tenuta Presidenziale di Castelporziano, è rappresentato dalla composizione delle biocenosi zooplanctoniche, ed in particolare dalla presenza da tempo accertata di *Chirocephalus kerkyrensis*, crostaceo anostraco associato ai biotopi di foresta planiziaria, originario dell'isola di Corfù (Stephanides, 1948), e sino ad oggi rinvenuto esclusivamente nel Lazio a sud di Roma (Stella, 1963; Stella e Margaritora, 1968; Cottarelli e Mura, 1979; Mura e Cottarelli, 1984; Mura e Rinaldi, 1986).
A Castelporziano questa specie è associata alla congenere *C. diaphanus* caratterizzata da ampia valenza ecologica, e colonizzatrice esclusiva degli ambienti temporanei di foresta planiziaria a nord di Roma, ma assente da quelli che *C. kerkyrensis* occupa nella pianura Pontina (Mura et al., 1987).
Da un iniziale censimento effettuato in Tenuta nel 1984, *C. kerkyrensis* risultava la specie dominante. Dei 53 bacini rinvenuti, infatti, 27 risultavano occupati dal solo *C. kerkyrensis*, 10 ospitavano le due specie in associazione, mentre *C. diaphanus* era rinvenuto singolarmente in soli 4 bacini (Mura e Cottarelli, 1984).
Negli anni successivi, la rivisitazione di alcuni dei biotopi studiati in precedenza sembrava rivelare una certa tendenza all'espansione da parte di quest'ultima specie, ritenuta la meno esigente.
Allo scopo di acquisire ulteriori informazioni sulla presenza dei due Chirocefali, e di evidenziare eventuali modificazioni nella loro distribuzione, abbiamo recentemente effettuato (a distanza di 14 anni dalle prime indagini) un nuovo e più approfondito censimento delle raccolte d'acqua temporanee esistenti in Tenuta, rilevando nel contempo informazioni sulla presenza/assenza degli anostraci.

MATERIALI E METODI

Il nostro studio è consistito nella verifica della posizione e delle caratteristiche dei bacini precedentemente individuati, nonché nella schedatura e mappatura di quelli non ancora noti, allo scopo di realizzare una carta aggiornata degli ambienti temporanei della Tenuta, fornendo nel contempo notizie sulla distribuzione delle due specie di anostraci presenti. Tale scopo è stato raggiunto mediante ispezioni periodiche, compiute dal tardo autunno alla primavera del 1996/97, ripetute poi nel periodo corrispondente dell'anno successivo, per riuscire ad acquisire il maggior numero di dati possibile sulla distribuzione degli anostraci, non sempre risultati presenti nelle diverse occasioni, in relazione a differenze nel ciclo idrologico dei vari bacini.

RISULTATI

Alla fine di una lunga quanto faticosa indagine, le raccolte di acque temporanee della Tenuta sono risultate assai più numerose rispetto al precedente censimento del 1984. Oltre alle 53 già note (Fig. 1), sono state infatti rinvenute altre 53 pozze, la cui distribuzione è illustrata in Fig. 2.

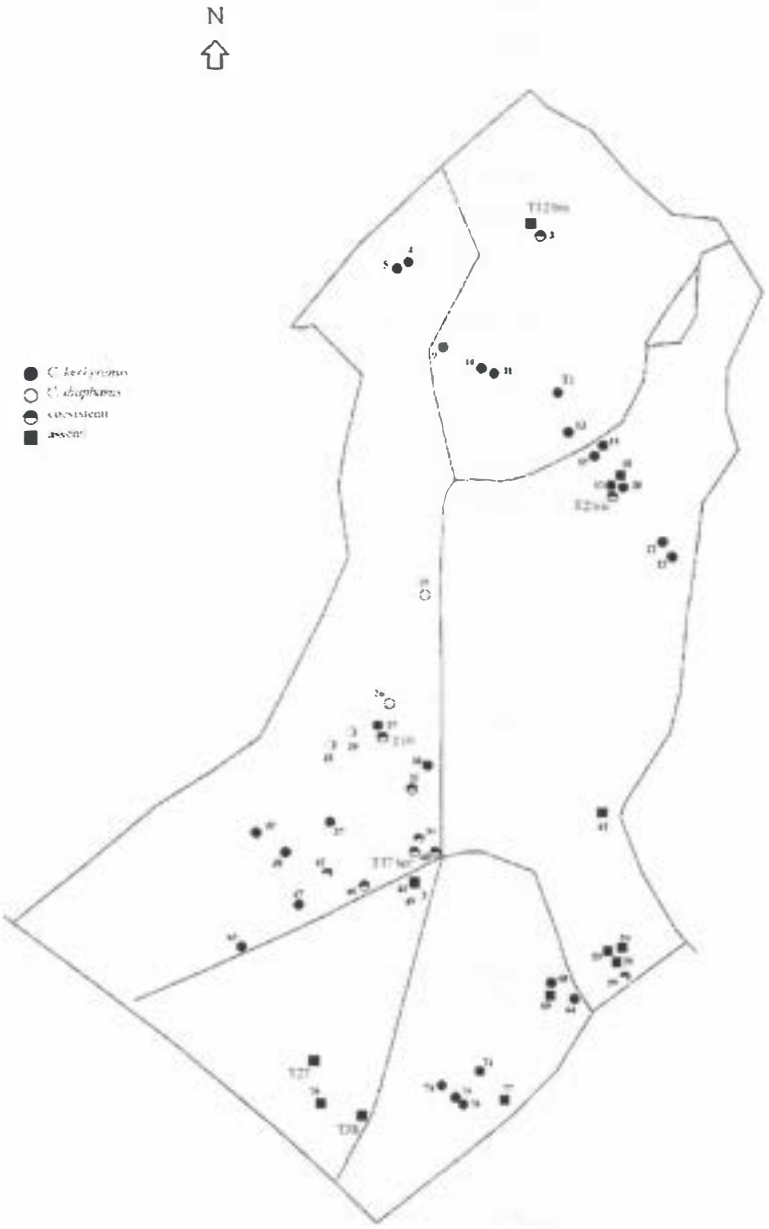


Figura 1 – Localizzazione delle raccolte d'acqua temporanee della Tenuta di Castelporziano censite nel 1984 e distribuzione delle due specie di crostacei anostraci presenti.

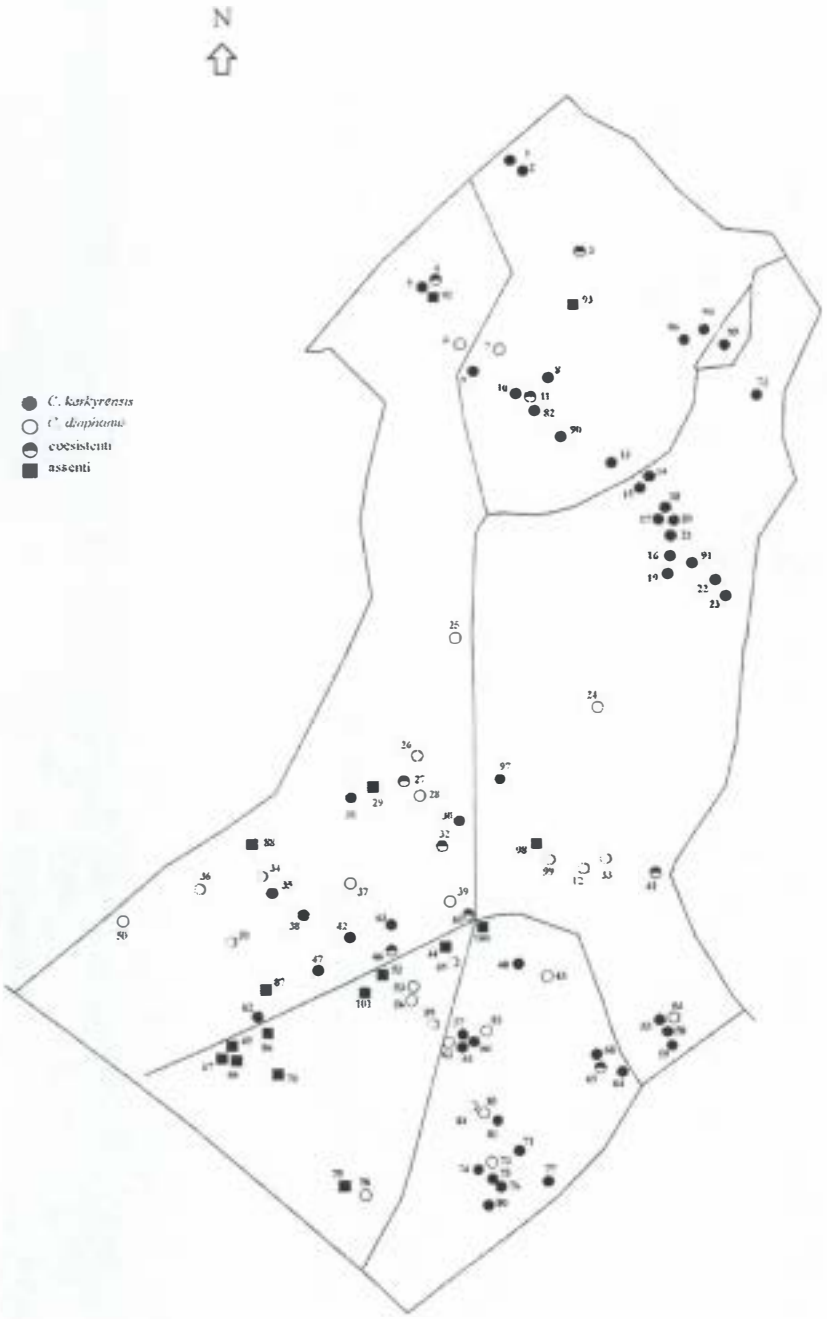


Figura 2 – Localizzazione delle raccolte d'acqua temporanee censite in Tenuta nel periodo 1996-1998 e distribuzione di *Chirocephalus diaphanus* e *C. kerkyrensis*.

codice	nome	localita'	ambiente	1983-84	1999-00
1	-	Infermeria	pascoli		CK
2	-	Trafusa	pascoli		CK
3	T12	Finocchiella	pineta	CD CK	CD CK
T12bis	T12bis	"	"	-	scomparsa
4	S1	Spagnoletta di sotto	sughereto-ericeto	CK	CD CK
5	S2	"	"	CK	CK
6	R15	Sughereto	"		CD
7	R13	Ponte Guidone	lecceta		CD
8	R14	Stacca della luce	bosco misto		CK
9	A5	Ponte Guidone	lecceta	CK	CK
10	A3	"	"	CK	CK
11	A2	"	bosco misto	CK	CD CK
T1	T1	Piscinali	"	CK	permanente
12	P12bis	vicino P12			CD
13	A1	"	"	CK	CK
14	T15	Famete S. Quercio	fameta	CK	CK
15	T10	"	"	CK	CK
16	R4	Santo Quercio	pineta		CK
17	T2	Famete S. Quercio	fameta	CK	CK
T2bis	T2bis	"	"	CD CK	scomparsa
18	T11	"	"	-	CK
19	R5	S. Quercio	pineta		CK
20	T28	Famete S. Quercio	fameta	CK	CK
21	T42	"	"		CK
22	T18	"	"	CK	CK
23	T16	"	"	CK	CK
T19	T19	Materiali	bosco misto	CD CK	permanente
24	R12	Mortellara	sughereto-cerreto art.		CD
25	-	Pepparello	bosco misto	CD	CD
26	T36	Camilletto	"	CD	CD
27	T8	Materiali	"	CK	CD CK
28	T41	"	"	-	CD
29	T7	Stradone di Checco	"	CD	-
30	T24	Pineta Ponziano	pineta	CK	CK
31	T6	Stradone di Checco	bosco misto	CK	CK
32	T23	Pineta Ponziano	pineta	CDCK	CD CK
33	CL	Chiuso Ispt	sughereto-cerreto art.		CD
34	T26bis	Stradone Impalancata	bosco misto		CD
35	T26	"	"	CK	CK
T27	T27	Via del Telefono	pineta	-	scomparsa
36	T39	Pantanelle	bosco misto		CD
37	T5	Camilletto-Str. Colonnacce	"	CK	CD
38	T4	Str. Camilletto-Impalancato	"	CK	CK
39	T17bis	Ciocotè-Dogana	pineta	CD CK	CD
T17ter	T17ter	"	"	CDCK	permanente
40	T17	"	"	CD CK	CDCK
41	T30	Figurone	bosco misto	-	CDCK
42	T9	Della Cattura	"	CDCK	CK
43	T8	Camilletto-Str. Colonnacce	"		CK
44	T35bis	Dogana	pratena ad asfodelo	-	-
45	ex P14	Pineta Figurone	pineta		CD
46	T3	Str. delle Riserve Nuove	bosco misto	CDCK	CD CK
47	T20	Pantano Pallone	"	CK	CK
48	ex P19	Pineta Figurone	pineta		CK
49	T35	Dogana	pratena ad asfodelo	CD	CD
50	R17	Grotta di Piastra	pineta		CD

codice	nome	localita'	ambiente	1983-84	1999-00
51	R6	Piscina Bassana	bosco misto		CD
52	R7	Str delle Riserve Nuove	bosco misto		-
53	R20	Quartacci	pratena ad asfodelo		CD
54	T14bis	Quartacciolo	bosco misto	-	CD
55	T14	"	"	-	CK
56	R19	Quartacci	pratena ad asfodelo		CD
57	R8	Pignocco	bosco misto		CK
58	T14ter	Quartacciolo	"	-	CK
59	T14quater	"	"	CD CK	CK
60	R10	Pignocco	"		CK
61	R9	"	"		CK
62	T29	Str. delle Riserve Nuove	"	CK	CK
63	R11	Pignocco	"		CD
64	T13	Tre Piscine	"	CK	CK
65	R1	Via del Telefono	retroduna		-
66	R2	"	"		-
67	R3	"	"		-
68	T31	Tre Piscine	bosco misto	CK	CK
69	T32	"	"	-	CD CK
70	R18	Via del Telefono (Ingiu)	retroduna		-
71	T33	Tellinaretto	bosco misto	CK	CK
72	R16	Grotta Romagnola	pascoli		CK
73	T21bis	Tellinaro (Sfondino di Vitaleri)	bosco misto		CD
74	T37	"	"	CK	CK
T38	T38	Muraccioli	"	-	scomparsa
75	T21	Tellinaro (Sfondino di Vitaleri)	bosco misto	CK	CK
76	T22	"	"	CK	CK
77	T34	Tellinaretto	"	-	CK
78	R23	Via del Telefono (Muraccioli)	retroduna		CD
79	T25	"	"	-	-
80	R22	Tellinaro (Capanno bruciato)	bosco misto		CK
81	R21	Tellinaretto	"		CK
82	R22bis	Piscinali	"		CK
83	R23bis	Pignocco	"		CD
84	R24	"	"		CD
85	R25	"	"		CD
86	-	Pozzo Napoletto	"		-
87	-	Scopone	"		-
88	-	Piscina Impalancato	"		-
89	-	Altana 3	pineta		CD
90	-	Piscina dietro la villa	bosco misto		CK
91	-	Famete S. Quercio	fameta		CK
92	-	Piscina Barcaccia	sughereto ericeto		-
93	(Tinelli)	Finocchiella	pineta		-
94	-	Contumaci			CK
95	-	Contumaci			CK
96	-	Contumaci			CK
97	-	Cerasolo	pineta		CK
98	(Tinelli)		pineta		-
99	(Tinelli)		pineta		CD
100	(Tinelli)	Dogana	pineta		-
101	(Tinelli)	Quartacci	pratena ad asfodelo		-

Tabella 1 –Elenco aggiornato e situazione attuale riguardante le pozze temporanee in Tenuta e la distribuzione delle specie di crostacei anostraci ivi presenti (in grigio sono evidenziate le pozze censite nel 1984).

Come è evidente anche dalla Tabella 1, fra i bacini censiti nel 1984, alcuni, quali T27 (via del telefono), T38 (Muraccioli) e T2bis (Farnete Santo Quercio), sono scomparsi, verosimilmente inghiottiti dalla vegetazione. Altri invece, sono andati incontro a modificazioni del regime idrologico ed hanno assunto la connotazione di bacini permanenti. E' questo il caso di TI (n°12, Piscinali), nella quale sono state addirittura rinvenute delle Gambusie, o di T17ter (Cioccati), T19 (Materiali) e T35 (n°49, Dogana).
E' interessante notare, comunque, che tali modificazioni del regime idrologico spesso non sono risultate definitive, e alcuni bacini (quali ad esempio la T35, n°49) hanno alternato caratteristiche diverse nei vari anni (Mura, osservazioni non pubblicate; Margaritora e Roberti, 1995).
Analogamente, sono state osservate delle modificazioni nella distribuzione delle specie di anostraci presenti.
Per quanto concerne le pozze già note dal 1984, nella maggior parte dei casi (62%), la situazione è risultata invariata (Fig. 2).
Per motivi ancora da chiarire, gli anostraci sono scomparsi da quattro di tali bacini, divenuti permanenti, e sono risultati assenti anche in altri quattro, che pure hanno mantenuto negli anni di studio il carattere temporaneo. In alcune pozze (13% dei casi), *C. diaphanus* è comparso accanto alla specie colonizzatrice iniziale, *C. kerkyrensis*, o più raramente (2.5% dei casi) lo ha addirittura soppiantato (Tab. 1, Fig. 2). Infine, in casi altrettanto sporadici (2.5%), si è verificato l'opposto, e *C. kerkyrensis* ha sostituito *C. diaphanus* inizialmente presente.
Inoltre, probabilmente in seguito a variazioni climatiche occorse nel frattempo, i cinque bacini che all'epoca apparivano ad invaso sporadico, hanno manifestato maggiore durata e sono risultati tutti colonizzati dagli anostraci.
Per quanto concerne le raccolte d'acqua di recente individuazione, 14 di queste sono risultate colonizzate da *C. diaphanus* e 16 da *C. kerkyrensis* (Fig. 2), mentre nelle restanti, ivi comprese quelle artificiali di recente escavazione (1995), nessuna delle due specie è mai stata rinvenuta, nonostante numerose pescate.

DISCUSSIONE

Per quanto concerne *C. diaphanus* e *C. kerkyrensis*, le differenze emerse negli anni di campionamento rispetto alla situazione rilevata in occasione del primo censimento, ci avevano inizialmente indotti ad ipotizzare una espansione in atto, da parte della specie ritenuta più rustica (*C. diaphanus*), a danno della congenere *C. kerkyrensis*. Tuttavia, l'analisi di tutte le osservazioni compiute sia negli anni precedenti che in quello in corso, e la constatazione che in uno stesso bacino le specie possono alternarsi negli anni, sembra smentire tale ipotesi e suggerire invece quanto segue: data la distanza tra le varie raccolte d'acqua e la grande facilità di dispersione delle uova resistenti tipiche degli anostraci, per la presenza in Tenuta di numerosi possibili vettori, *C. diaphanus* e *C. kerkyrensis* coesisterebbero allo stadio di ecofase resistente (cisti) verosimilmente in tutte le pozze od in buona parte di esse. La presenza contemporanea delle due specie o di una sola delle due, come anche il loro alternarsi nell'occupare un dato bacino durante la fase di vita libera, dipenderebbero pertanto dalle condizioni che si determinano di volta in volta, in rapporto alle esigenze vitali dell'una o dell'altra specie.
Anche i risultati delle indagini di laboratorio sembrano in favore di quanto ipotizzato. Sia gli studi sulla biologia degli adulti che quelli sul determinismo della schiusa (Mura, 1995; Mura, 1997) mostrano che esistono notevoli differenze a livello specifico nella risposta agli stimoli indotti dalle variazioni ambientali.
In particolare nel caso della schiusa delle uova, è emerso che l'iter di allagamento del bacino, a sua volta dipendente dalla sua geomorfologia, oltre che dalla consistenza delle precipitazioni e dall'andamento climatico del periodo, avrebbe la capacità di discriminare la comparsa di una o dell'altra specie (Mura, 1995; Mura e Dowgiallo, 1997).
La profondità dello strato di argilla e le modificazioni del clima determinerebbero, in ultima analisi, la storia del biotopo, e questa, a sua volta, il destino delle specie colonizzatrici.
Resta comunque da approfondire questo aspetto, al fine di riuscire a chiarire nei dettagli la dinamica del fenomeno osservato. Definire i termini del rapporto di causa ed effetto tra caratteristiche abiotiche dei bacini e presenza di ciascuna delle due specie di chirocefali, ci permetterà probabilmente di capire per quale motivo in alcune pozze non si verificano alternanze di sorta tra queste, mentre in altre ciò avviene con frequenza variabile. Inoltre fornirà la chiave di lettura per la presenza inaspettata degli anostraci anche in bacini da sempre permanenti della Tenuta, ritenuta storicamente una contraddizione in termini.

BIBLIOGRAFIA

[1] COTTARELLI V. e G. MURA, 1979. *Chirocephalus kerkyrensis* Pesta (Euphyllopoda): notizie sulla distribuzione e nuove osservazioni sul ciclo biologico della specie. Riv. Idrobiol., 38: 75-94.

[2] MARGARITORA F.G. e M.C. ROBERTI, 1995. Analisi e struttura dei popolamenti di due bacini astatici della Tenuta di Castelporziano (Lazio) con particolare riferimento alla successione dello zooplancton. Riv. Idrobiol., 34: 1-14.

[3] MURA G., 1995. Ecological studies on the fairy shrimps from the temporary waters of Castelporziano Estate (Rome, Latium). Part I: factors affecting the biology of *Chirocephalus diaphanus* and *Chirocephalus kerkyrensis* (Crustacea, Anostraca). Riv. Idrobiol., 34: 69-129.

[4] MURA G., 1997. The life history of *Chirocephalus kerkyrensis* Pesta (Crustacea, Anostraca) in temporary waters of Circeo National Park (Latium, Italy). Hydrobiologia, 346: 11-23.

[5] MURA G. e V. COTTARELLI, 1984. Gli anostraci delle acque temporanee di Castelporziano (Roma). Riv. Idrobiol., 23: 165-171.

[6] MURA G. e G. DOWGIALLO, 1996. Ecological requirements of two *Chirocephalus* species (Crustacea, Anostraca) and effects on their distribution. Riv. Idrobiol., 35: 47-70.

[7] MURA G. e O. RINALDI, 1986. Censimento delle acque astatiche del Parco Nazionale del Circeo. Riv. Idrobiol., 24: 43-49.

[8] MURA G., O. RINALDI e E. ROTA, 1987. Osservazioni sulla biologia dell'anostraco *Chirocephalus kerkyrensis* delle acque astatiche del Parco Nazionale del Circeo. Riv. Idrobiol., 26: 97-110.

[9] STELLA E., 1963. Ricerche ecologiche e faunistiche su alcune pozze di palude della regione Pontina. Rendic. Accad. Naz. IX, 13: 1-41.

[10] STELLA E. e F.G. MARGARITORA, 1968. La fauna ad entomostraci di alcune acque astatiche del Lazio. Rend. Acc. IX, 18: 1-59.

[11] STEPHANIDES T., 1948. A survey of the freshwater biology of Corfù and of certain other regions of the Greece. Pract. Hellen. Hydrobiol. Inst., 2: 1-263.

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	Biomonitoraggio delle Piscine di Castelporziano: lo Zooplancton
RESPONSABILE	Prof. ssa F.G. Margaritora
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo – Università "La Sapienza" - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	F.G. Margaritora, O. Ferrara

INTRODUZIONE

Nella tenuta di Castelporziano sono distribuiti numerosi biotopi acquatici denominati genericamente 'piscine', che dal punto di vista limnologico possono essere differenziati in stagni permanenti e pozze temporanee. Ad accomunare questi bacini sono l'estrema variabilità nel tempo (astaticità), le dimensioni limitate e la scarsa profondità, fattori primari dai quali dipendono tutte le altre caratteristiche sia idrologiche che biologiche. Diversa però è la dipendenza dei due tipi di ambienti dalle condizioni metereologiche: infatti, mentre gli stagni riducono le dimensioni dell'invaso nei mesi più caldi ma si prosciugano completamente solo in annate di eccezionale siccità, le pozze temporanee alternano un periodo di invaso di durata variabile (da 1 a 10 mesi) a una fase di asciutta. Questi bacini seguono un ciclo tipicamente autunnale (*sensu* WIGGINS) [1] e pertanto si riempiono con le prime piogge autunnali mantenendo l'invaso di norma fino a primavera inoltrata o più raramente fino all'inizio dell'estate.
Gli studi faunistico-ecologici, iniziati nel 1964 e successivamente ripresi ad intervalli di circa 5-10 anni [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] sono stati rivolti, allo studio dello zooplancton, con particolare riferimento ai popolamenti a Crostacei. Durante il programma di monitoraggio degli ultimi cinque anni è stato effettuato un censimento faunistico in 40 pozze temporanee e 15 stagni distribuiti in modo tale da ricoprire praticamente tutte le differenti tipologie presenti nella tenuta (prato, bosco ecc.).
Dal punto di vista del popolamento animale, gli stagni permanenti possono essere assimilati ai litorali lacustri, dove abbondano le macrofite acquatiche e gli elementi faunistici ad esse legate, mentre nelle acque temporanee le biocenosi comprendono oltre a specie opportuniste ad ampia valenza ecologica, specie in grado di sviluppare peculiari strategie adattative (ad es. cicli vitali rapidi, diapausa, produzione di stadi di resistenza, ecc.) tali da assicurarne la sopravvivenza e il successo riproduttivo.
Contrariamente ai laghi ed ai fiumi, per i piccoli ambienti astatici non esistono allo stato attuale indici biologici che traducano le informazioni provenienti dalla fauna ad invertebrati in indici numerici di valutazione della qualità ambientale. Per questo motivo gli scopi delle ricerche da noi svolte si sono concentrati principalmente su:

a) compilazione di una lista faunistica il più esauriente possibile, che possa costituire una base di partenza per individuare eventuali modificazioni dovute a fenomeni di degrado ambientale;
b) individuazione di alcune specie tipiche e/o rare sul territorio nazionale che possano essere considerate specie 'bersaglio' nei futuri procedimenti di monitoraggio biologico;
c) conoscenza ecologica dei biotopi studiati in relazione agli aspetti fisico-chimici che regolano il loro funzionamento (tempo di invaso, dimensioni, pH, contenuto di ossigeno nelle acque, ecc.).

MATERIALI E METODI

I prelievi nelle pozze in esame sono stati effettuati con periodicità quindicinale limitatamente al periodo di invaso per le raccolte temporanee e durante l'intero anno per le acque permanenti. Per entrambi i due tipi di ambienti è stata usata una rete da plancton (apertura delle maglie 90 mμ) di 25 cm di diametro; per i prelievi qualitativi è stata trascinata orizzontalmente per 15-20 m, mentre per quelli quantitativi con la stessa rete sono state effettuate ripetute colonne verticali dal fondo alla superficie. Il materiale così raccolto è stato trattato come nei precedenti anni, identificando laddove era possibile i numerosi gruppi zoologici rinvenuti fino a livello di specie.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le ricerche fin qui condotte hanno messo in evidenza oltre ad una diversa composizione nelle biocenosi degli stagni permanenti e delle acque temporanee, anche un diverso andamento stagionale tra le specie, indipendentemente dalla collocazione spaziale dei biotopi o dalla loro natura geomorfologica. Nel corso del periodo di studio si sono verificati inoltre cambiamenti nell'andamento idrologico delle piscine; infatti, alcuni bacini temporanei a causa delle peculiari condizioni metereologiche, hanno mantenuto l'invaso anche nella stagione secca come ad esempio la Piscina della Dogana, mentre stagni permanenti come la Piscina del Muro si sono completamente prosciugati. Un simile comportamento, come era prevedibile, ha influenzato profondamente la composizione delle biocenosi zooplanctoniche di questi biotopi.
Contrariamente a quanto ci si sarebbe potuto attendere per ambienti sottoposti a forti stress naturali, lo studio condotto negli ultimi dieci anni ha portato all'individuazione di un elevato numero di taxa sia nei bacini temporanei che in quelli permanenti (87 nei bacini temporanei e 115 in quelli permanenti, Tab 1). L'elevata diversità complessiva conferisce quindi a questi biotopi il ruolo fondamentale di 'serbatoi' naturali estremamente utili per il ripopolamento di corpi d'acqua limitrofi, come rilevato da studi di alcuni AA [10].

TAXA	**BACINI TEMPORANEI**	**BACINI PERMANENTI**
Rhizopoda	**8**	**8**
Ciliata	**11**	**20**
Gastrotricha		**3**
Rotatoria	**14**	**52**
Tardigrada		**1**
Anostraca	**2**	
Notostraca	**1**	
Cladocera	**22**	**13**
Copepoda	**14**	**8**
Ostracoda	**14**	**6**
Hydracarina		**2**
Chaoborina	**1**	**2**
N° totale	**87**	**115**

Tabella 1 - Ricchezza specifica nelle piscine della Tenuta.

Accanto a specie comunemente diffuse in tutti i tipi di biotopi lentici, sono state reperite specie tipiche o esclusive di acque astatiche, ed altre che presentano un certo interesse faunistico in relazione alla limitata distribuzione nel territorio nazionale, come appare evidente dall'esame delle Checklist [11] e delle guide CNR [12] della fauna italiana e dalle comunicazioni personali di noti specialisti (Tab.2). Elementi interessanti sono stati infatti raccolti tra Rotiferi, Gastrotrichi, Tardigradi, Anostraci, Notostraci, Cladoceri, Copepodi Calanoidi, Ostracodi,. Tra i Rotiferi, quasi tutti nuovi per la Tenuta, sono particolarmente interessanti alcuni ritrovamenti quali ad esempio *Asplanchnopus multiceps, Lecane ohioensis* e le forme ciclomorfotiche di *Asplanchna sieboldi.* Tra i Cladoceri *Alona azorica* e *Daphnia curvirostris* sono nuove per il Lazio. La dafnia, campionata nel 1996-'97 in alcuni bacini nella zona ovest più vicini al mare con un substrato evidentemente più permeabile., può essere considerata vicariante di *Daphnia obtusa* presente nella quasi totalità delle piscine della tenuta. Gli Ostracodi sono presenti a Castelporziano con un discreto numero di specie alcune delle quali, per quanto se ne sa finora , a distribuzione limitata o rare in Italia (*Ilyocyprella inermis, Cypria ophtalmica, Notodromas persica*). Nuove per l'Italia risultano le popolazioni anfigoniche di *Bradleycypris obliqua.*

GRUPPI ZOOLOGICI	TAXA
ROTATORIA	*Lecane ohioensis* *Asplanchnopus multiceps* *Asplanchna sieboldi*
ANOSTRACA	*Chyrocephalus kerkirensis* *C. diaphanus*
NOTOSTRACA	*Lepidurus apus lubbocki*
CLADOCERA	*Scapholeberis rammneri* *Daphnia chevreuxi* *D. curvirostris* *Alona azorica* *A. nuragica* *Tretocephala ambigua*
COPEPODA CALANOIDA	*Diaptomus serbicus* *Hemidiaptomus gurneyi*
OSTRACODA	*Ilyocyprella inermis* *Cypria ophtalmica* *Notodromas persica* *Bradleycypris obliqua*

Tabella 2 - Elenco dei taxa di particolare interesse faunistico rinvenuti nelle piscine della Tenuta.

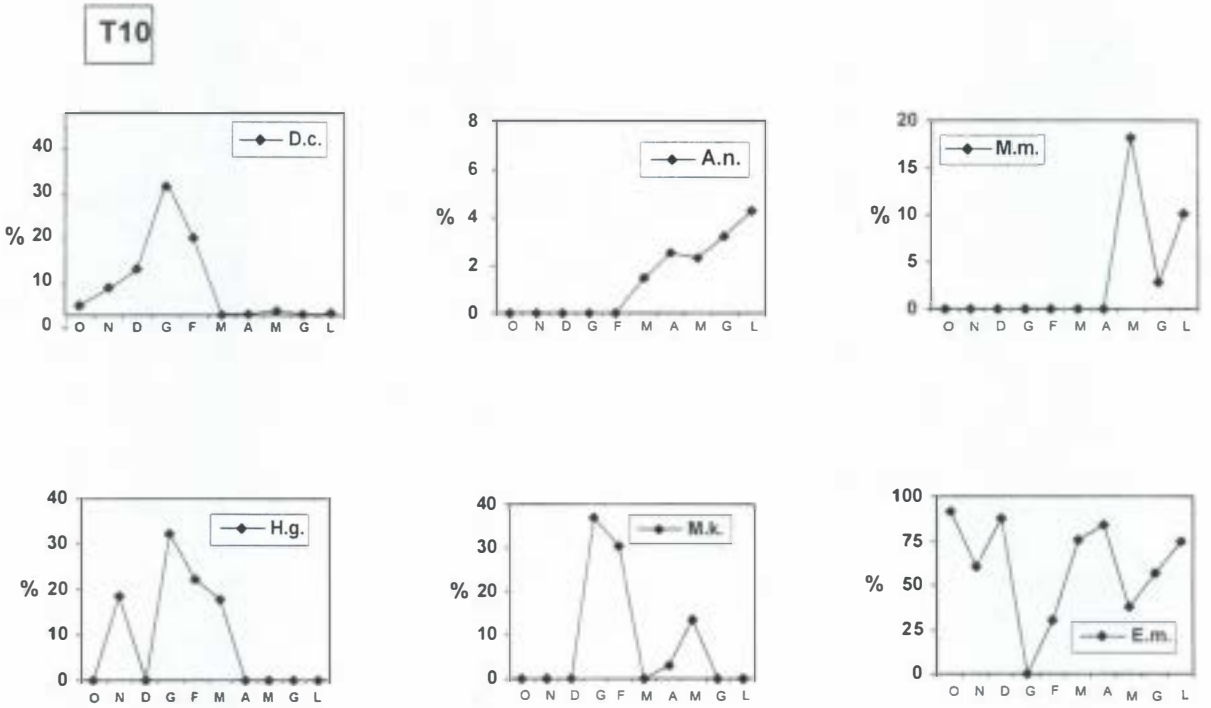


Figura I - Andamento stagionale delle specie più rappresentative di Cladoceri e Copepodi in T10 (1995/96). Un andamento analogo si riscontra negli altri biotopi, pur con differenze nelle composizione biocenotica. (D.c.: *Daphnia chevreuxi*; A.n.: *Alona nuragica*; M.m.: *Moina micrura*; H.g.: *Hemidiaptomus gurney*; M.k.: *Mixodiaptomus kupelwieseri*; E.m.: *Eucyclops macruroides*)

Tra i due tipi di ambiente studiati, oltre ad una diversità nella composizione delle biocenosi per la prevalenza nelle pozze di specie dotate di un alto grado di adattabilità, è stato osservato anche un diverso andamento stagionale. Nelle raccolte temporanee , infatti, i cicli delle singole specie sono molto brevi e tendenzialmente sfalsati nel tempo, così che solo un numero ridotto di taxa è presente in contemporanea nel biotopo (Fig.1). Un simile comportamento è volto presumibilmente a limitare al massimo la

competizione alimentare e spaziale. Si può inoltre attribuire alla maggiore instabilità delle pozze rispetto agli stagni una più alta diversificazione qualitativa della comunità planctonica solo nella fase iniziale e intermedia della colonizzazione, mentre nella fase finale il numero delle specie tende a ridursi e la comunità è dominata quantitativamente da una o due specie (Fig. 2).

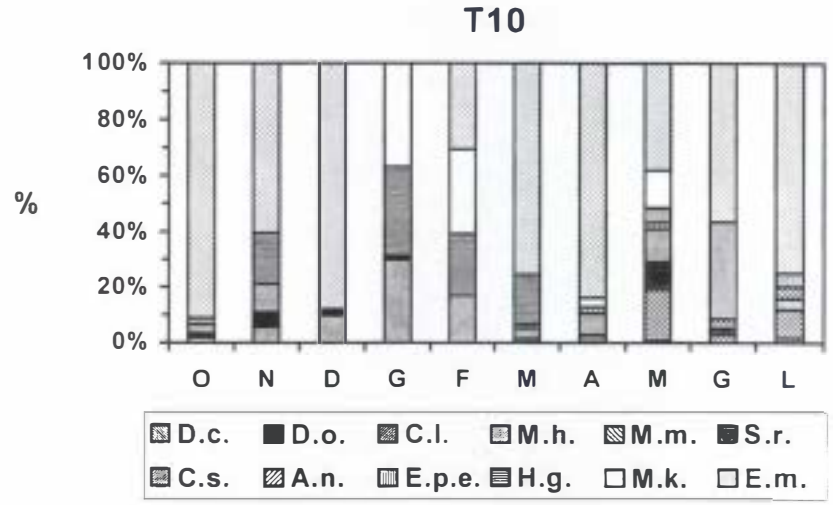


Figura 2 - Struttura delle biocenosi a crostacei nella pozza T10 (1995/96). L'andamento negli altri biotopi temporanei, pur con differenze qualitative, è pressoché simile. (D.c.:*Daphnia chevreuxi*; D.o.: *D. obtusa*; C.l.: *Ceriodaphnia laticaudata*; M.h.: *Macrothrix hirsuticornis*; M.m.: *Moina micrura*; S.r.: *Scapholeberis rammneri)*

Come è stato già notato in precedenti studi [13], nelle pozze temporanee abbiamo rinvenuto un tipo costante di associazione tassonomica, costituita da specie che sono dotate di un alto grado di adattabilità e che adottano peculiari strategie di sopravvivenza (*Daphnia chevreuxi, Hemidiaptomus* spp., *Lepidurus apus lubbocki, Chirocephalus* spp.). Non è stato rilevato nulla di simile invece nelle raccolte permanenti. Gli studi condotti finora, per quanto riguarda le piscine temporanee, possono essere considerati esaustivi, pur con le limitazioni dovute alle caratteristiche proprie di questi ambienti estremamente variabili, sia che si consideri l'arco di un solo anno che di più anni successivi. Per quanto riguarda gli stagni permanenti, le nostre conoscenze sono invece ancora incomplete. Pertanto sono necessari ulteriori approfondimenti volti alla conoscenza della composizione e struttura delle comunità planctoniche, che si sono rivelate molto più ricche del previsto. I dati in nostro possesso possono perciò essere ancora soggetti a modificazioni e arricchimenti. La composizione delle biocenosi degli stagni permanenti di varia estensione e profondità, è complicata inoltre dalla presenza in alcuni di essi di *Gambusia holbrooki* immessa nel 1963 per combattere l'anofelismo [14]. La presenza del pecilide è causa infatti di un vero e proprio 'inquinamento' dei bacini, con marcato impoverimento ed instabilità delle zoocenosi ad invertebrati [15, 5, 16].

CONCLUSIONI

I dati finora raccolti ed esaminati hanno permesso di raggiungere alcuni risultati interessanti. Le piscine della Tenuta, infatti, pur essendo caratterizzati da una considerevole instabilità, ospitano una comunità zooplanctonica ben diversificata e con alta ricchezza specifica. In tal modo questi biotopi possono rivelarsi importanti per il ripopolamento di ambienti limitrofi sottoposti a degrado ambientale. Tra l'elevato numero di specie rinvenute inoltre, oltre a taxa ad ampia valenza ecologica e largamente diffuse nei vari tipi di bacini lentici, sono state reperite specie esclusive di acque astatiche ed alcune che presentano una distribuzione limitata nella nostra penisola, così da poterle considerare importanti per i successivi monitoraggi biologici. Per ultimo è risultato evidente che la comunità planctonica dei biotopi temporanei si diversifica nettamente da quella degli stagni sia per gli andamenti stagionali che dal punto di vista qualitativo. In tali ambienti infatti si vengono a creare associazioni di specie che hanno elaborato

strategie adattative alle peculiari condizioni ecologiche e che sono pertanto in grado di colonizzare questi habitat e di raggiungere molto rapidamente elevate densità.
Da quanto esposto consegue la necessità di tutelare biotopi così particolari e che, purtroppo, stanno scomparendo rapidamente nel restante territorio nazionale a seguito di interventi antropici sempre più massicci.

BIBLIOGRAFIA

[1] WIGGINS G. B., MACKAY R. J., SMITH I. M., 1980 - Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. *Arch. Hydrobiol.* Suppl., **58**: 97-206.

[2] STELLA E., MARGARITORA F.G., 1968 - La fauna ad Entomostraci di acque astatiche del Lazio. Ricerche ecologiche e biologiche. *Rend. Acc. Naz. XL* (ser. 4), **13**: 1-41.

[3] MASTRANTUONO L., STELLA E., 1974 - Morfologia e posizione sistematica di *Acanthocyclops robustus* Sars (Crustacea Copepoda) di uno stagno del Lazio. *Riv. Idrobiol.*, **13**: 211-224.

[4] CROSETTI, D., MARGARITORA F.G., 1987 - Distribution and life cycles of Cladocerans in temporary pools from Central Italy. *Freshwat. Biol.*, **18**: 165-175.

[5] MARGARITORA F.G., 1990 - Influenza di *Gambusia affinis* sulla struttura e dinamica dei popolamenti zooplanctonici degli stagni di Castelporziano (Lazio). *Riv. Idrobiol.*, **29**: 747-762.

[6] MASTRANTUONO L., 1991 - Contributo alla conoscenza dei Ciclopidi (Crustacea, Copepoda) di acque temporanee del Lazio (Tenuta di Castelporziano, Parco Nazionale del Circeo): composizione, distribuzione e confronto con i dati dell'Italia centromeridionale. *Riv. Idrobiol.*, **30**: 283-295.

[7] BAZZANTI M., SEMINARA M., BALDONI S., 1994 - Chironomides (Diptera, Chironomidae) de trois mares temporaires d'une reserve naturelle en Italie Centrale. CILEF 4 Marrakech: 220.

[8] BAZZANTI M., BALDONI S., SEMINARA M., 1996 - Invertebrate macrofauna of a temporary pond in Central Italy: composition, community parameters and temporal succession. *Arch. Hydrobiol.*, 137, 77-94.

[9] MARGARITORA F.G., ROBERTI M.C.,1995 - Analisi e struttura dei popolamenti di due bacini astatici della Tenuta di Castel Porziano (Lazio) con particolare riferimento alla successione dello zooplancton. *Riv.Idrobiol.*, **34**: 1-14.

[10] CZACHOROWSKI S., LEWANDOWSKI K., WASILWSKA A., 1993 - The importance of aquatic insects for landscape integration in the catchment area of the River Gizela (Masurian Lake District, northeastern Poland). *Acta Hydrobiol.*, **35**: 49-64.

[11] MINELLI A., RUFFO S., LA POSTA A. (ed.), 1995- Checklist delle specie della fauna italiana. 1-100. Calderini, Bologna.

[12] RUFFO, S., (ed.), 1977-1985- Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 1-29. CNR, AQ/1/2-AQ/1/233.

[13] STELLA E., MARGARITORA F.G., COTTARELLI V., 1972- La fauna ad Entomostraci di acque astatiche della Sardegna Nord-Orientale. Ricerche biologiche ed ecologiche. *Rend. Acc. Naz. XL*, **22**: 3-50.

[14] VALENTI M., 1964- Impiego delle gambusie per il controllo dell'anofelismo residuo a Castelporziano (Roma). *Riv. Malariol.*, **43**: 50-62.

[15] STELLA E., DI GIROLAMO I., DELL'UOMO G., RIVOSECCHI L., 1984 - Osservazioni sulla distribuzione di *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1854) negli ambienti umidi naturali di Castel Porziano a 20 anni dalla loro immissione. *Riv. Idrobiol.*, **23**: 173-186.

[16] MARGARITORA F.G., FERRARA O., 1999- Influenza della predazione nei cambiamenti della struttura e dinamica dei popolamenti planctonici della "Piscina della Luce". Seminario Tematico G.D.L. FAUNA: "Le piscine a Castelporziano".

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	Comunità a Macroinvertebrati delle Piscine della Tenuta Presidenziale di Castelporziano
RESPONSABILE	Prof. M. Bazzanti
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo Università "La Sapienza" - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	M. Bazzanti, M. Seminara, S. Baldoni

INTRODUZIONE

Nell'ambito dello studio quinquennale relativo al monitoraggio della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, si riportano i risultati relativi ai prelievi effettuati negli anni 1996-97 su di una pozza temporanea ed uno stagno perenne limitrofi. La ricerca si prefiggeva di:

a) verificare eventuali differenze fisico-chimiche e faunistiche tra i due tipi di ambienti;
b) fornire una lista più completa possibile dei taxa presenti nelle piscine (ricchezza specifica);
c) identificare i taxa più significativi ai fini della loro distribuzione a livello nazionale (es. rarità di specie).

I risultati relativi al punto a) contribuiranno alla conoscenza del funzionamento dei due tipi di piscine, mentre quelli dei punti b) e c) costituiranno la base per una identificazione del valore conservativo dei biotopi in studio.
Ai fini della conoscenza complessiva dei biotopi acquatici della Tenuta, i risultati della presente relazione vanno chiaramente integrati con quelli che gli stessi autori hanno svolto in precedenza [1, 2, 3].

METODI

Le piscine prese in considerazione in questo studio sono situate in località dei Cioccati e distano tra loro circa 50 m. Essi possiedono le sigle provvisorie di T17 bis e Px. Dal mese di agosto 1996 a quello di luglio 1997 sono state effettuate con ritmo all'incirca mensile (13 durante l'anno di studio) misurazioni delle dimensioni dei biotopi (profondità massima e superficie), di alcuni parametri fisico-chimici dell'acqua (temperatura, pH, conducibilità, contenuto di ossigeno) e dei sedimenti (sostanza organica e componenti granulometriche). Negli stessi giorni venivano inoltre eseguiti i campionamenti di macroinvertebrati. Le metodiche utilizzate sono quelle riportate nei precedenti lavori [1, 2, 3]. Gli esemplari raccolti sono stati identificati il più possibile a livello specifico, ad eccezione dei Ditteri Chironomidi che sono allo stato attuale ancora in fase di identificazione.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La T17 bis si è riempita alla fine di agosto 1996 e si è prosciugata agli inizi di agosto dell'anno successivo. Il massimo dell'invaso dei due bacini si è verificato nel mese di gennaio con una profondità e superficie di 95 cm e 530 m^2 per la pozza temporanea e 80 cm e 565 m^2 per lo stagno perenne. Un secondo picco, meno pronunciato, è stato registrato ai primi di maggio 1997. Nei due biotopi si è registrato un calo del contenuto di ossigeno verso l'estate a causa delle alte temperature, del limitato rimescolamento delle acque e della maggiore attività di decomposizione della sostanza organica a livello dei sedimenti. Per il resto dello studio l'ossigeno ha mostrato nei due biotopi oscillazioni variabili, in relazione probabilmente alla diversa ventilazione a cui è sottoposta la loro superficie ed alla attività fotosintetica delle macrofite acquatiche durante l'anno. La conducibilità mostra massimi e minimi in relazione inversa alla dimensioni degli stagni e, quindi, alle precipitazioni registrate nell'area. L'analisi granulometrica, infine, ha mostrato per la pozza temporanea una relazione significativa tra le dimensioni ed il contenuto di silt/clay e delle sabbie, evidenziando una prevalenza delle sabbie quando la pozza è al massimo del riempimento e del silt/clay all'inizio ed alla fine della fase umida, in rapporto molto probabilmente ad una maggiore quantità di questo elemento al centro della pozza. Diversi sono i risultati

del Px, in cui si può apprezzare un costante aumento della frazione più sottile nell'arco dell'anno. Differenze significative tra i due biotopi si possono inoltre riscontrare nei valori dell'area, del pH e del contenuto di sostanza organica che sono più elevati in Px che in T17 bis.
Nel complesso sono stati raccolti ed identificati circa 109300 organismi appartenenti a 101 taxa (84 identificati a livello specifico, 8 generico e 9 a livello più elevato), di cui 17 presenti solo nella piscina temporanea e 24 solo in quella perenne. La comunità a macroinvertebrati è composta (Tab. 1) da 76 taxa nella T17 bis e da 84 in Px. Coleotteri e Ditteri (a cui vanno aggiunti i Chironomidi) sono gli ordini più diversificati in entrambi i biotopi.

	T 17bis	Px
IDROZOI	1	1
TURBELLARI	1	1
NEMATODI	7	7
OLIGOCHETI	6	7
IRUDINEI	1	1
ANOSTRACI	1	0
ISOPODI	0	1
IDRACARINI	2	4
EFEMEROTTERI	1	1
ODONATI	8	9
EMITTERI	9	13
COLEOTTERI	27	25
DITTERI	8	10
GASTEROPODI	3	3
BIVALVI	1	1
TOTALE	76	84

Tabella 1 – Numero di taxa raccolti nei due biotopi durante lo studio.

Nella piscina temporanea (Fig. 1) dominano in maniera significativa le larve di Efemerotteri (*Cloeon dipterum*), che fanno coincidere il loro sviluppo larvale con la fase acquatica della pozza [4], e i Molluschi Gasteropodi (appartenenti alla specie *Anisus spirorbis*) che sopravvivono alla fase di secca nel fango umido o sotto la vegetazione marcescente [4, 5]. Più elevate nella T che in P sono risultati anche i Nematodi che sembrano essere bene adattati a resistere alla siccità mediante uova, frammenti del corpo ed individui interi [5].

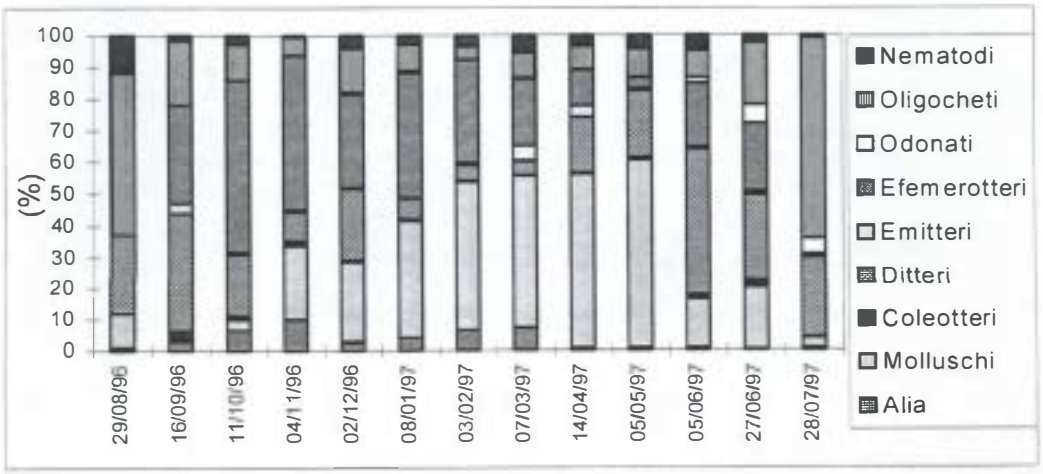


Figura 1 - Variazioni temporali dei gruppi zoologici nella piscina temporanea (T17 bis).

In quella perenne (Fig. 2) sono predominanti invece le larve di Ditteri, con le due famiglie Ceratopogonidae e Chironomidae, e gli Oligocheti Naididi e Tubificidi. Come stato già osservato in precedenti studi [1], anche in questa pozza temporanea si è registrata una forte somiglianza faunistica tra il primo (inizio riempimento) e l'ultimo campionamento (precedente l'essiccamento), in cui la comunità appare composta quasi solo da Oligocheti e Ditteri.

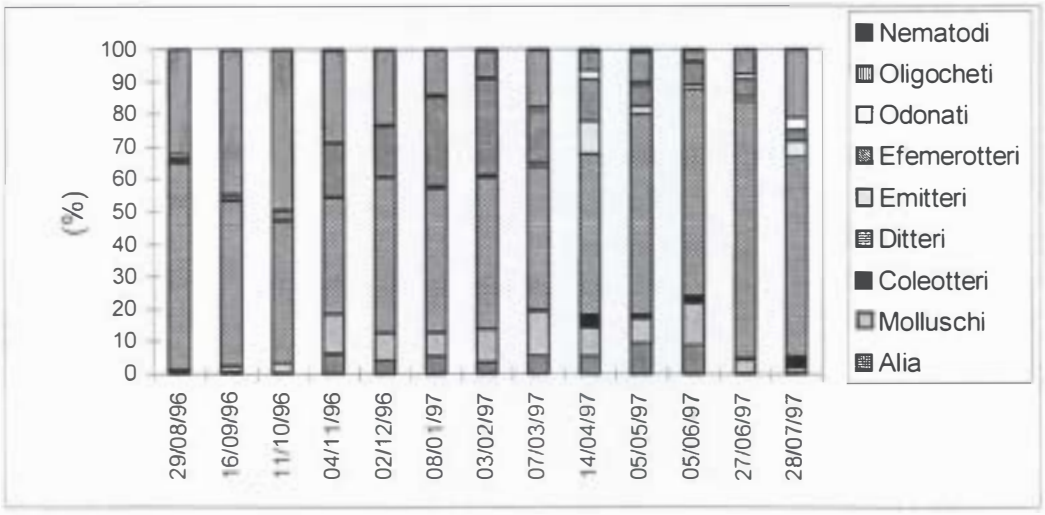


Figura 2 - Variazioni temporali dei gruppi zoologici nella piscina perenne (Px).

I dati dello studio confermano di massima le seguenti osservazioni conclusive già emerse dagli studi precedenti:

a) i biotopi, sia temporanei che perenni, della Tenuta ospitano un elevato numero di taxa, già messo in risalto negli ultimi anni in altri ambienti analoghi, italiani e stranieri [1, 6, 7];
b) sono state reperite specie di particolare importanza ai fini della conservazione delle "piscine", in quanto specie rare nel territorio nazionale o altrimenti interessanti per la loro distribuzione geografica [8, 9];
c) sono state evidenziate alcune differenze faunistico-ecologiche tra biotopi perenni e temporanei [3, 10].

Tali risultati sottolineano nel complesso l'importanza del valore conservativo attribuibile alle "piscine" della Tenuta Presidenziale di Castelporziano.

RINGRAZIAMENTI

La laureanda Simona Giangi ha partecipato attivamente allo studio sul campo ed in laboratorio relativo ai due biotopi svolgendo con impegno e pazienza il suo lavoro di tesi. Un ringraziamento particolare è rivolto ai seguenti specialisti per aver eseguito e/o confermato l'identificazione di una parte del materiale raccolto: Prof. A. Carapezza (Eterotteri), Prof. G. Carchini (Odonati), Prof. B. Cicolani (Idracarini), Prof. L. De Marzo (larve di Coleotteri), Prof. F. Giusti e Dr. G. Manganelli (Gasteropodi), Prof. G. Mura (Anostraci), Ing. F. Pederzani (Coleotteri adulti), Dr. G. Sabatinelli e Dr. M. Di Luca (Ditteri Culicidi).

BIBLIOGRAFIA

[1] Bazzanti, M., Baldoni., S. & Seminara, M., 1996, Invertebrate macrofauna of a temporary pond in Central Italy: composition, community parameters and temporal succession. Arch. Hydrobiol., 137: 77-94.
[2] Bazzanti M., Seminara M. & Baldoni S., 1997, Chironomids (Diptera: Chironomidae) from three temporary ponds of different wet phase duration in Central Italy. J. Freshwat. Ecol., 12: 89-99.
[3] Bazzanti M., Seminara M. & Baldoni S., 1999, Macroinvertebrati di alcune piscine della Tenuta Presidenziale di Castelporziano (1990-1998). Atti del Seminario Tematico G.D.L. Fauna: Le piscine di Castelporziano: 1-10.

[4] Wiggins G.B., Mackay R.J. & Smith I.M., 1980, Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. Arch. Hydrobiol. Suppl., 58: 97-206.
[5] Williams D. D., 1987, The ecology of temporary waters. Croom Helm, London & Sydney and Timber Press, Portland, Oregon.
[6] Lake P.S., Bayly I.A.E. & Morton D.W., 1989, The phenology of a temporary pond in western Victoria, Australia, with special reference to invertebrate succession. Arch. Hydrobiol., 115: 171-202.
[7] Jeffries M., 1994, Invertebrate communities and turnover in wetland ponds affected by drought. Freshwat. Biol., 32, 603-612.
[8] Minelli A., Ruffo S., La Posta A. (ed.), 1995, Checklist delle specie della fauna italiana. 1-110. Calderini, Bologna.
[9] Ruffo S. (ed.), 1977-1985, Guide per il riconscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 1-29. Consiglio Nazionale delle Ricerche, AQ/1/2 - AQ/1/233.
[10] Collinson N.H., Biggs J., Corfield A., Hodson M.J., Walker D., Whitfield M. & Williams P.J., 1995, Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. Biol. Conserv., 74: 125-133.

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	I Rapaci Notturni nella Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Prof. A. Fanfani
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo – Università "La Sapienza" – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	L. Ranazzi, A. Manganaro, R. Tomassi, L. Pucci, U. De Giacomo, E. Piattella, A. Fanfani

INTRODUZIONE

Le ricerche condotte nel triennio 1997-99 sugli Strigiformi nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano hanno consentito di studiare la dieta, la biologia riproduttiva e la distribuzione dell'Allocco (*Strix aluco*); la dieta e la distribuzione della Civetta (*Athene noctua*) e del Barbagianni (*Tyto alba*). Infine, è stato valutato lo status per l'Assiolo (*Otus scops*) e il Gufo comune (*Asio otus*).

PARTE SPERIMENTALE

Per lo studio della dieta, l'identificazione delle prede è stata determinata mediante l'analisi delle borre considerando ai fini del conteggio delle prede il numero minimo disponibile ed effettuando il riconoscimento a livello di specie (Toschi e Lanza, 1959; Toschi, 1965; Chaline *et al.*, 1974; Di Palma & Massa, 1981; Moreno, 1985; Moreno, 1986; Moreno, 1987).
Il censimento notturno degli Strigiformi è stato impostato, sulla base delle tipologie vegetazionali della Tenuta (bosco misto, bosco igrofilo, lecceta, sughereta, pineta, macchia alta, prateria steppica e coltivati a rotazione) rilevate tramite la "Carta della Vegetazione di Castelporziano" (Bruno, 1980), scegliendo delle aree campione rappresentative dell'intera Tenuta. All'interno di queste aree e durante il corso delle stagioni, sono stati effettuati transetti crepuscolari-notturni, con tappe di 250 metri, utilizzando sia l'ascolto passivo sia la stimolazione in *playback* (canto territoriale del maschio adulto).
Al fine di migliorare la raccolta dei dati sul campo è stata sperimentata una nuova metodologia, il *playback* diurno, volta alla localizzazione dei siti di riposo diurno degli allocchi. Per la realizzazione del metodo è stato stabilito un tempo di emissione dei richiami non superiore a 5 minuti per punto di stazionamento. Quando la risposta è stata ottenuta prima della fine dei 5 minuti, il *playback* è stato sospeso se la risposta era sufficiente a localizzare con precisione il predatore. In caso contrario, si è stabilito di continuare la stimolazione se ritenuta utile alla precisa localizzazione del predatore.
Il *playback* diurno è stato realizzato in diverse fasce orarie, al fine di indagare la contattabilità della specie nel corso della giornata. La stessa metodologia è stata applicata anche in aree della Tenuta dove le conoscenze sulla distribuzione dell'allocco erano già ritenute complete, al fine di testare il metodo stesso e per verificare le osservazioni notturne acquisite.
Sono stati registrati i seguenti parametri per ogni punto di stazionamento:
rilevatore/i, data, area, località, condizioni meteo, punto di stazionamento, ora inizio richiami, ora inizio risposta, ora fine richiami, ora fine risposta, tipo di richiamo ascoltato, qualità del richiamo, azimut, distanza presunta, ubicazione del rapace, mobilità del rapace, altre osservazioni.
Con il *playback* diurno, utilizzato limitatamente per l'allocco, è stato possibile:

1. Localizzare rapidamente numerosi siti di riposo diurno e, di conseguenza, rilevare informazioni generali sulla ubicazione del sito diurno.
2. Raccogliere materiali utili allo studio dell'alimentazione.
3. Confermare la presenza di coppie precedentemente contattate nelle escursioni notturne, per le quali non era nota la conoscenza del sito di riposo.
4. Determinare la presenza di nuove coppie laddove mancavano uscite notturne.
5. Osservare il comportamento di risposta al *playback* diurno.

Il calcolo delle densità si è avvalso del metodo delle "nearest neighbour distances" (Newton *et al.*, 1977; Ratcliff, 1980; Kenward & Lindsay, 1981; Tjemberg, 1985; Watson *et al.*, 1987; Court *et al.*, 1988).

La riproduzione è stata studiata mediante sopralluoghi crepuscolari e notturni utilizzando il metodo del *playback*, a partire dal mese di maggio. Sono stati utilizzati i seguenti parametri della biologia riproduttiva: il tasso riproduttivo, il tasso d'involo e la produttività.

RISULTATI E DISCUSSIONE

ALLOCCO

Censimento e Densità

L'allocco è risultato lo Strigiforme più diffuso nella Tenuta con densità (territori/km²) molto elevate in alcune aree indagate. In letteratura i più alti livelli di densità dell'Allocco per l'Europa sono stati riscontrati finora da Southern & Lowe (1968) a Witham Wood (Berkshire, Inghilterra), un'area con boschi composti da querce, conifere ed aceri, alternati a coltivi, con una densità di 7,4 coppie/ km² (30 territori in 405 ha). Nell'ambito della stessa indagine in un bosco di caducifoglie d'alto fusto (Great Wood), compare una densità da 10,6 coppie/km² (11 territori in 104 ha). Nella Tenuta, in località Piscinale (lecceta e forteto) e Scopone (lecceta) la densità si colloca intorno ai 15 territori per km² e raggiunge il valore di 18,10 territori per km² nell'area Farnete – Grotta Romagnola (bosco misto termofilo) (Tab. 1).

Si tratta di situazioni localizzate all'interno della Tenuta poiché in altre aree (Tor Paterno, Spagnoletta e Coltivati Nord) le densità si collocano su valori decisamente meno elevati risultando comprese tra 4 e 7 coppie per km². Nell'area di Pineta Grande (88,7 ha) non è stata rilevata alcuna nidificazione.

Località	Tipologia vegetazionale dominante	Superficie N. N. D. (ha)	N° territori	Territorio medio (ha)	Densità Territori/ km²
Farnete-Grotta Romagnola	Bosco misto termofilo	259,7	47	5,5	18,10
Scopone	Lecceta	227,9	36	6,3	15.80
Piscinale	Lecceta e forteto	262,2	37	7,1	14.11
Tor Paterno	Bosco misto igrofilo	211,6	15	14,1	7.09
Spagnoletta	Sughereta	120	7	17,1	5.83
Coltivati nord	Prato-pascolo con nuclei di bosco misto	274,0	12	22,8	4.38

Tabella 1 – Densità dell'Allocco nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma)

I risultati dei censimenti sono stati parzialmente convalidati dal riconoscimento individuale, mediante l'analisi spettrografica sonora dei canti, effettuata per la località di Piscinale su 12 maschi adulti confinanti (32,4%, n=37) e per l'area di Farnete-Grotta Romagnola su 17 maschi (36,2%, n=47) (Ranazzi et al. 1999).

Riproduzione

Nel 1998 il controllo delle coppie riprodottesi, nell'ambito delle 96 coppie seguite, conferma i risultati del precedente anno di ricerca con valori, tuttavia, leggermente minori. Complessivamente, il tasso riproduttivo (n°coppie riprodottesi/n° di coppie seguite x 100) è risultato pari al 20,4%, il tasso d'involo (n° juv tot/n°coppie riprodottesi) è risultato pari a 1,50 e, infine, la produttività (n° juv tot/n° coppie seguite) è pari a 0,31.

Tali valori confrontati con quelli disponibili per l'area urbana di Roma, appaiono particolarmente bassi (Manganaro *et al.*, 1996).

Playback diurno

Dalle osservazioni effettuate nella Tenuta, allo stato delle attuali conoscenze, il *playback* diurno ha prodotto i seguenti risultati:

1. Sono stati individuati tre nuovi siti di raccolta borre.
2. Si è accertata la contattabilità della specie anche a notevole distanza avendo ottenuto risposte anche da esemplari molto lontani dal punto di emissione del *playback*. In questi casi è possibile che il predatore continui a cantare, più o meno regolarmente, senza involarsi guidando l'osservatore fino all'albero sul quale si trova l'Allocco.

3. Hanno risposto quasi esclusivamente i maschi adulti essendo rare le risposte delle femmine e per ora nulle quelle dei giovani. Di conseguenza la risposta consiste nell'emissione dell'ululato classico.
4. Il tempo di risposta è risultato assai breve e numerose e sorprendenti sono state le risposte ottenute a tempo zero, ossia alla prima stimolazione. In questi casi è anche capitato che la risposta sia stata ottenuta ancora prima del completamento del primo ululato in *playback*. Non sono mancate tuttavia risposte in notevole ritardo (ad oltre 30 minuti dal *playback*).
5. La durata della risposta ottenuta è risultata variabile; da un singolo ululato, a volte incompleto, a canti prolungati per 20-30 minuti.
6. La qualità degli ululati ascoltati, seppur variabile, ha rivelato canti del tutto paragonabili a quelli notturni con ululati regolari e potenti spesso fin dal primo contatto.
7. In molti casi ha risposto più di un maschio contemporaneamente, a parziale conferma delle alte densità rilevate nei censimenti notturni.
8. Gli esemplari contattati possono involarsi, rendendo difficile la localizzazione del sito e il ritrovamento di eventuali reperti. Il predatore sembra normalmente avvicinarsi alla sorgente del richiamo.
9. La stimolazione diurna ha sempre provocato la risposta dei passeriformi e dei piciformi. Tali reazioni oltre a manifestarsi con emissioni di versi d'allarme, portano gli esemplari ad avvicinarsi alla sorgente dei richiami.

Alimentazione

Sono stati individuati, sei siti di raccolta d'Allocco nelle seguenti località: Farnete di Santo Quercio, Grotta Romagnola, Incrocio Presidente, Lecceta di Ponte Guidone, Pignocco e Piscinale.
Complessivamente sono state identificate 279 prede. Tra i Vertebrati predati, i Mammiferi sono rappresentati da 6 specie, mentre 13 specie sono state rinvenute tra gli Uccelli. Dal punto di vista numerico, nella valutazione della dieta spicca la presenza degli Invertebrati (58,06%) rappresentati prevalentemente dall'ordine degli Ortotteri (14,70%) e dal geotrupide *Typhoeus typhoeus* (11,11%); i Cerambicidi sono rappresentati dall'8,96% e gli Scarabeidi dal 4,30%. La predazione sui Gasteropodi Polmonati raggiunge il 7,53%. I Mammiferi sono rappresentati dal 24.73%; il genere maggiormente predato tra i Roditori è *Apodemus* con il 14,70%, segue *Muscardinus* con il 4,30% e *Rattus* con il 2,87%. Sono stati predati, occasionalmente, anche *Microtus savii* e *Talpa romana*. Non è stato reperito alcun esemplare di *Mus* né di Soricidae. Gli Uccelli rappresentano il 14,34%; la specie maggiormente predata è *Turdus merula* con il 2,15%. Sporadica risulta, invece, la predazione sui Rettili (0,72%) mentre gli Anfibi costituiscono il 2,15%. Risultano quindi dominanti le specie appartenenti a categorie di peso medio-basso: Ortotteri, *Typhoeus typhoeus* e *Apodemus*. Importante il contributo di prede occasionali (altre specie predate <2%) pari al 26,88%. I dati ottenuti sono riepilogati nella Tabella 2.

	Taxa	**% numeriche**
1.	*Apodemus* sp.	14,70
2.	Orthoptera ind	14,70
3.	*Thyphoeus thyphoeus*	11,11
4.	*Limax* sp.	7,53
5.	Coleoptera ind.	4,30
6.	*Muscardinus avellanarius*	4,30
7.	*Cerambyx* sp.	3,58
8.	*Cerambyx velutinus*	3,58
9.	*Rattus* sp.	2,87
10.	Geotrupidae ind.	2,15
11.	*Rana dalmatina*	2,15
12.	*Turdus merula*	2,15
13.	Altre specie predate <2%	26,88
	Totale prede	**279**

Tabella 2 – Percentuali sul numero totale di prede nella dieta dell'Allocco della Tenuta Presidenziale di Castelporziano.

BARBAGIANNI

Alimentazione

L'alimentazione del Barbagianni è stata studiata in sette siti della Tenuta: Castello, Casaletto, Trafusa, Cassa, Buon Pastore, Quarticciolo e Beccacce, sia con raccolte sistematiche di borre sia con campionamenti casuali, per un totale di 1764 prede, realizzate ispezionando i casali della Tenuta in diversi periodi dell'anno. Nel sito del Castello la dieta è stata seguita mensilmente per un intero anno (Natalini et al. 1997).

Considerando complessivamente i sette siti di Barbagianni sono state rinvenute 5 specie per i Roditori, 4 per gli Insettivori, 16 per gli Uccelli, oltre a trascurabili presenze di «Invertebrati».

Complessivamente e considerando i valori medi, prevalgono i Roditori con l'87,15% che rappresentano almeno il 90% della biomassa totale. Tre sono le principali prede: *Microtus savii* (38,20%), *Apodemus* (22,47%) e *Mus domesticus* (22,10%). Gli Insettivori costituiscono l'8,22%; la specie maggiormente predata è il *Suncus etruscus* con il 3,14% mentre *Crocidura leucodon* e *C. suaveolens* rappresentano rispettivamente il 2,29% e il 2,43%. La predazione su *Talpa* è risultata occasionale. Gli Uccelli compongono il 2,51% e la predazione è stata rivolta principalmente sui passeriformi ma la specie maggiormente predata, *Passer italiae*, raggiunge solo lo 0,53%. Tra i Roditori , la predazione sul genere *Mus* varia, tra i siti, in misura maggiore rispetto agli altri generi. Solo per i siti I (Castello) e 2 (Casaletto), infatti, tale predazione è risultata ben inferiore a quella esercitata su *Apodemus*, mentre nei siti restanti la predazione su *Mus* è all'incirca uguale o ben superiore a quella su *Apodemus*. La predazione più rilevante è, in cinque siti su sette, quella su *Microtus* che solo nel sito 5 (Buon Pastore) è risultata inferiore sia a quella su *Apodemus* sia a quella su *Mus*. La predazione su *Rattus* è risultata assai limitata ma comunque si è realizzata in sei siti. La predazione su *Muscardinus* è apparsa invece leggermente più importante di quella su *Rattus* e solo nel sito 1 (Castello) ha raggiunto quasi l'8% sul totale delle prede con un valore nettamente diverso da tutti gli altri siti. Tra i Roditori i taxa risultati presenti in tutti i siti sono stati *Microtus savii, Apodemus* e *Mus domesticus*. Nell'ordine degli Insettivori, tralasciando la predazione occasionale su *Talpa* registrata solo in un sito, il genere *Crocidura* prevale leggermente su *Suncus*. Sia *Crocidura leucodon* che *C. suaveolens* appaiono in tutti i siti studiati. La predazione maggiore sugli Insettivori è stata rilevata nel sito 3 (Trafusa).

Una particolare predazione è stata riscontrata nel sito di Casaletto dove in una raccolta autunnale la predazione sui Chirotteri ha raggiunto il 22,60% (n=33) dei Vertebrati predati (n=146). Tale fenomeno (fino a dieci esemplari per borra) può giustificarsi con la presenza di un assembramento temporaneo di Chirotteri, all'interno del casale stesso, sul quale il predatore ha rivolto le sue attenzioni, sicuramente per più giorni di seguito, come l'analisi delle borre lascia intendere. Successivi controlli non hanno confermato tale straordinaria predazione, che non trova riscontro in letteratura e che pertanto deve considerarsi occasionale.

La dieta stagionale del sito Castello

Le raccolte di borre effettuate mensilmente nel sito 1 (Castello) permettono di considerare tale dieta a livello stagionale. I Roditori presentano la maggior predazione in autunno e in primavera, con valori superiori al 90%. Considerando la variazione stagionale delle percentuali numeriche, per ogni singolo genere, si riscontra una predazione su *Mus* prevalente in autunno; su *Muscardinus* risulta maggiore in autunno ed inverno, mentre *Microtus* presenta valori superiori in primavera ed in estate. Il genere *Apodemus* presenta una situazione pressochè uguale in tutte le stagioni e, infine, il genere *Rattus* non risulta predato in primavera.

Gli Insettivori compensano in inverno e in estate il calo della predazione sui Roditori. I passeriformi sono presenti con i valori maggiori in inverno e in autunno. Gli Invertebrati, i non-passeriformi e i Chirotteri sono rappresentati da percentuali minime. I parametri medi di questa dieta (biomassa predata per borra integra = 66,31g; numero di prede per borra integra = 2,53; peso medio della preda = 26,42g) si accordano con i dati presenti in letteratura.

CIVETTA

Censimento e Densità

Nel corso del 1997 il censimento della Civetta è stato realizzato nelle 4 aree campione di Colle Contumaci (bosco misto termofilo/prateria steppica), Piscinale (macchia mediterranea alta), Santola (coltivi con filari arborei) e Dogana (prateria steppica); i valori delle densità sono risultati compresi tra 0,87 e 4,31 territori/ km² (Tomassi et al. 1999).

Nel 1998 il numero delle aree indagate è stato portato a 10 aree campione rappresentative delle tipologie vegetazionali dominanti. Sono state compiute 35 escursioni notturne nel periodo febbraio-luglio in 70

stazioni d'ascolto (canto spontaneo e *playback*). Ciascun punto di stazionamento è stato visitato almeno tre volte.
La Civetta è risultata presente in due sole aree. Nella prima, la zona del Castello, la densità raggiunge un valore di 4,62 territori/ km², nella seconda , la zona dei Coltivati Nord, il valore di 3,14 territori/ km² (Tab. 3). Rispetto al '97 la specie risulta assente a Piscinale, alla Dogana ed alla Santola.

Località	Tipologia vegetazionale dominante	Superficie N.N.D. (ha)	N° territori	Territorio medio (ha)	Densità Territori/ km²
Coltivati nord	Prato-pascolo con nuclei di bosco misto	414,59	13	31,89	3,14
Castello	Prato-pascolo/ Case rurali	151,41	7	21,63	4,62

Tabella 3 –Densità della Civetta nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma) rilevate nel 1998.

I valori di densità della Civetta nell'Europa Centrale, espressi come coppie/kmq, risultano compresi tra 0,3 e 0,7 coppie/km^2 (Cramp, 1985; Exo, 1992; Juillard, 1984). In Italia, nella pianura del Po, sono state registrate sorprendenti densità: tra 9,3 e 11 territori/km^2 (Estoppey, 1992).
Le densità riscontrate, oscillanti nei due anni di studio dai 0,87 ai 4,62 territori/km^2, non si discostano da quelle risultanti da analoghi lavori realizzati recentemente nella campagna romana alla periferia di Roma (Manganaro *et al.*, 1996). Altri dati ottenuti con la stessa metodologia in ambiente mediterraneo riguardano l'area di Tolfa dove sono state registrate densità tra 0,3 e 0,7 coppie/km^2 con densità massima di 8,2 coppie/km^2 (Centili, 1995).

La dieta del sito Casale Cassa
L'analisi delle raccolte è ancora in corso di svolgimento pertanto si dispone di risultati parziali riferibili ad un periodo di nove mesi, compreso tra l'ottobre del 1996 ed il giugno del 1997. Sono state esaminate 266 borre integre, 99 borre parzialmente integre, resti di prede e spiumate che hanno portato all'identificazione di 2905 prede.
Gli Invertebrati costituiscono il 95,42% delle prede totali, in accordo con altri lavori effettuati nell'Italia centro-meridionale (Moschetti, 1993; Zerunian *et al.*, 1982). Tra i Vertebrati, i Mammiferi, con 6 generi, rappresentano il 2,69% delle prede totali. La specie *Microtus savii* costituisce la componente percentualmente più consistente (52,56%) tra i Mammiferi. Un altro roditore, *Muscardinus avellanarius*, è stato predato nel solo mese di maggio. Gli Insettivori sono presenti con la *Crocidura suaveolens* (5,13% dei Mammiferi) ed il *Suncus etruscus* (2,56% dei Mammiferi).
Nell'ambito degli Uccelli, costituenti lo 0,93% delle prede totali, sono state riconosciute 4 specie. Tra queste la più abbondante è risultata *Hirundo rustica* (58,33% delle prede classificate). seguita da *Carduelis carduelis* (16,67%) e, con uguali percentuali, *Passer domesticus*, *Motacilla alba* e *Sturnus vulgaris* (8,33% ciascuna).
I Rettili, componenti lo 0,90% delle prede totali, sono rappresentati da almeno 3 specie. Il genere *Podarcis*, con le 2 specie identificate *P. muralis* e *P. sicula,* è il più numeroso con una percentuale pari al 88,46% dei Rettili totali. L'altra specie predata è stata *Chalcides chalcides* (un solo individuo).
Gli Anfibi rappresentano lo 0,07% del totale con il genere *Rana.*
Gli Invertebrati predati sono quasi esclusivamente Insetti. Tra questi, che costituiscono il 94,42% delle prede totali predominano la famiglia Carabidae con il 39,48% degli Insetti, i Forficulidae con il 25,45%, gli Scarabeidae con il 13,45%, gli Staphylinidae con l'8,38% e i Curculionidae con il 5,43%. La specie più predata in assoluto è risultata la *Forficula auricularia* con una percentuale del 23,38% rispetto al totale delle prede. Le altre classi di Invertebrati predate, Aracnida, Gasteropoda e Crustacea, compongono appena l'1%.
L'andamento mensile delle classi-preda mostra la presenza percentualmente pesante dei Coleotteri in tutti mesi di studio. Si può notare come, nell'ordine degli Insetti, durante il periodo invernale la diminuzione numerica dei Coleotteri sia controbilanciata da un aumento nella predazione dei Dermatteri. A livello di famiglia i Carabidae raggiungono il loro picco in aprile, i Forficulidae sono catturati maggiormente nel periodo invernale, gli Scarabeidae presentano un andamento quasi regolare con picchi a cadenza trimestrale, gli Stafilinidi ottengono la loro percentuale maggiore nei mesi di febbraio-marzo ed infine i Curculionidi sono presenti per lo più da gennaio a marzo. Per ciò che riguarda i Vertebrati la componente di Mammiferi è alta da ottobre a dicembre, i Rettili raggiungono la punta massima in marzo (60% dei Vertebrati), mentre gli Uccelli subiscono un aumento graduale della predazione da novembre a

giugno. In quest'ultimo mese si aggiunge alle altre classi di Vertebrati predati quella degli Anfibi con due individui.

GUFO COMUNE e ASSIOLO
Le indagini mirate sulle due specie svolte con l'ausilio del *playback*, come i sopralluoghi notturni per altri Strigiformi all'interno della Tenuta, non hanno provato alcuna nidificazione né alcuna presenza regolare ed evidente neanche durante i periodi invernali e/o di passo.
Le specie, nella Tenuta, devono pertanto considerarsi accidentali o irregolarmente presenti durante il passo.

CONCLUSIONI

Allo stato delle attuali conoscenze, gli alti valori delle densità registrati per gli Allocchi in alcune aree della Tenuta sono accompagnati da uno scarso successo riproduttivo. È possibile che le disponibilità trofiche pur consentendo la sopravvivenza di una coppia di Allocchi adulti, anche in un territorio di limitata estensione, non garantiscano risorse particolarmente favorevoli alla riproduzione, abbassando il tasso riproduttivo. Sul tasso d'involo potrebbero intervenire fattori quale la spiccata microfagia, la quale limiterebbe l'apporto di biomassa fornita ai nidiacei con conseguente aumento del tempo impiegato nella caccia dagli adulti e concomitante diminuzione dell'apporto energetico per imbeccata. Un altro fattore potrebbe essere rappresentato dalla mortalità dei giovani dovuta a fenomeni di predazione.
Nella Tenuta la Civetta risulta distribuita in maniera non uniforme presumibilmente a causa della maggiore estensione delle aree boschive rispetto agli ambienti aperti più idonei alla presenza di questa specie. Ciò trova conferma dai risultati relativi ai due anni di studio. In particolare la densità è risultata più alta in quelle maggiormente antropizzate come la zona del Castello. Ciò potrebbe far ipotizzare che a parità di tipologia vegetazionale la Civetta prediliga le aree con siti di nidificazione di origine antropica. Altro fattore limitante potrebbe essere costituito dall'alta densità dell'Allocco. per il quale sono già stati registrati casi di predazione sulla Civetta (Manganaro *et al*., 1990)
Per il Barbagianni sembrano essere presenti dei condizionamenti ambientali rilevati in ordine alle diete studiate messe a confronto con i risultati ottenuti nella vicina Capitale. In particolare nella Tenuta è risultato maggiormente predato *Apodemus* sp., *Crocidura* sp. e *Mus domesticus*, mentre a Roma prevale *Microtus savii*, *Rattus rattus* e Aves.

RINGRAZIAMENTI

Un sentito ringraziamento rivolgiamo alla Direzione della Tenuta per aver rilasciato le necessarie autorizzazioni ad effettuare le ricerche.

BIBLIOGRAFIA

[1] Bruno F., 1980. Carta della vegetazione della Tenuta di Castelporziano. Istituto di botanica, Università di Roma "La Sapienza".
[2] Centili D., 1995. Dati preliminari sulla Civetta *Athene noctua* in un'area dei Monti della Tolfa (Roma). Avocetta, 19: 113.
[3] Chaline J., Baudvin H., Jammot D., Saint Girons M.C., 1974. Les proies des rapaces. Doin, Paris.
[4] Court G. S., Bradley D. M., Gates C. C., Boag D. A., 1988. Turnover and recruitment in a tundra population of Peregrine Falcons *Falco peregrinus*. Ibis, 131: 487-496.
[5] Cramp S., Simmons K., 1985. The Birds of the Western Palearctic, Vol. IV. Oxford University Press, Oxford.
[6] Di Palma M.G., Massa B., 1981. Contributo metodologico per lo studio dell'alimentazione dei rapaci. Atti I Conv. Ital. Orn., Aulla, pp. 69-76.
[7] Estoppey F., 1992. Une densité élevée de Chouettes chevêches, *Athene noctua*, dans la plaine du Pô en Italie. Nos Oiseaux XXXXI (5): 315-319.
[8] Exo K.M., 1992. Population ecology of Little Owls *Athene noctua* in Central Europe: a review. In: The ecology and conservation of European owls, ed. by Galbraith C. A., Taylor I. R., Percival S., Peterborough, Joint Nature Conservation Committe. (UK Nat. Conserv. No. 5): 64-75.
[9] Juillard M., 1984. La Chouette chevêche . «Nos Oiseaux», Société romande pour l'étude et la protection des oiseaux. 1197 Prangins: 1 243.

[10] Kenward R. E., Lindsay I. M., 1981. Aspects of goshawks urban ecology. Understanding the Goshawks, Oxford.
[11] Manganaro A., Ranazzi L., Ranazzi R., in: Cignini B., Zapparoli M., (a cura di), 1996. Atlante degli uccelli nidificanti a Roma. Fratelli Palombi, Roma:1-122.
[12] Manganaro A., Ranazzi L., Ranazzi R., Sorace A., 1990. La dieta dell'Allocco, *Strix aluco*, nel parco di Villa Doria Pamphili (Roma). Riv. ital. Orn. 60: 37-52.
[13] Moreno E., 1985. Clave osteologica para la identification de los passeriformes ibericos. (I). Ardeola 32(2): 295-377.
[14] Moreno E., 1986. Clave osteologica para la identification de los passeriformes ibericos. (II). Ardeola 33(1-2):69-129.
[15] Moreno E., 1987. Clave osteologica para la identification de los passeriformes ibericos. (III). Ardeola 34(2):243-273.
[16] Moschetti G., Mancini D. 1993. Dieta della Civetta (Athene noctua) e sue variazioni stagionali in un parco urbano in ambiente mediterraneo. Uccelli d'Italia, 18: 3-12.
[17] Natalini R., Manganaro A., Tomassi R., Ranazzi L., Pucci L., Demartini L., De Giacomo U., Tinelli A., Piattella E., Fanfani A., 1997. Spettro trofico del Barbagianni *Tyto alba* e della Civetta *Athene noctua* nella Tenuta di Castelporziano, Roma.Alula, IV (1-2): 20-28.
[18] Newton I., Marquiss D., Weir D. N., Moss D., 1977. Spacing of Sparrowhawk nesting territories. Journal of Animal Ecology. XXXXVI: 425-441.
[19] Ranazzi L., Pucci L., Manganaro A., Tomassi R., De Giacomo U., Fanfani A., 1999. Distribuzione, biologia riproduttiva ed alimentazione dell'Allocco *Strix aluco* nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Roma. Avocetta, vol. 23(1): 160.
[20] Ratcliff D., 1980. The Peregrine Falcon. Buteo Books, Vermillion.
[21] Southern H. N., Lowe V. P. W., 1968. The pattern of distribution of prey and predation in Tawny Owl territories. J. Anim. Ecol., 37: 75-79.
[22] Tjernberg M., 1985. Spacing of Golden Eagle *Aquila chrysaetos* nests in relation to nest site and food availability. Ibis, 127: 250-255.
[23] Tomassi R., Piattella E., Manganaro A., Pucci L., Ranazzi L., Fanfani A. 1999. Primi dati su dieta e densità della Civetta *Athene noctua* nella Tenuta Presidenziale di Catelporziano, Roma. Avocetta, vol. 23 (1): 159.
[24] Toschi A., Lanza B., 1959. Mammalia. Generalità, Insectivora, Chiroptera. Fauna d'Italia, Calderini ed. Bologna.
[25] Toschi A., 1965. Fauna d'Italia. VII. Mammalia. Lagomorpha, Rodentia. Carnivora, Ungulata, Cetacea. Calderini, Bologna.
[26] Watson J., Langslow D. R., Rae S. R., 1987. The impact of land-use changes on Golden Eagles in the Scottish Highlands. Nature Conservancy Council.
[27] Zerunian S., Franzini G., Sciscione L., 1982. Little owls and their prey in a Mediterranean habitat. Boll. Zool. 49: 195-20

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	L'Inanellamento come Tecnica per Monitorare la Comunità Ornitica nella Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Dott. A. Montemaggiori
UNITA' OPERATIVA	Tenuta Presidenziale di Castelporziano – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	G. Landucci, P. Ruda, S. Taddei, A. Aradis, A. Montemaggiori

INTRODUZIONE

L'inanellamento scientifico è una fra le tecniche maggiormente usate per lo studio di importanti parametri delle comunità ornitiche; questa tecnica, che consiste nella cattura degli uccelli con particolari reti (mist-nets) e nel marcaggio individuale con anelli, ci permette di conoscere, una volta che gli individui marcati sono ricatturati, sia di ottenere dati sugli spostamenti delle specie consentendoci quindi di ricostruire le rotte di migrazione, sia di trarre informazioni sulla fenologia, ecologia e fisiologia delle popolazioni stanziali e migratrici.
Dal 1990 gli inanellatori della Tenuta di Castelporziano, in accordo con l'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, hanno portato avanti una serie di ricerche per studiare la complessa realtà ornitologica della Tenuta. Durante l'anno, infatti, l'area è interessata da importanti fenomeni come la migrazione primaverile, autunnale e lo svernamento. A tale riguardo le attività sono state divise in una serie di progetti di ricerca che includono:

- Progetto Beccacce
- Progetto Passeriformi svernanti
- Progetto Migrazione Primaverile
- Progetto Rondini: Inanellamento alle colonie.
- Progetto Passeriformi Nidificanti

Durante le attività di inanellamento tutti gli avvistamenti sono stati annotati e inseriti in una check-list a parte in modo da integrare la lista delle specie catturate e avere un quadro generale di tutte le specie che utilizzano l'area di Castelporziano.

RISULTATI

Dal 1990 al 1999 sono stati catturati ed inanellati 17336 individui di cui 2155 ricatture appartenenti a 123 specie, 35 famiglie, 15 ordini (Tab. 1).
Qui di seguito è riportata la Checklist degli uccelli inanellati e avvistati, aggiornata al Dicembre 1999:

- **Progetto Beccacce**

Dal 1993 gli inanellatori della Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma), hanno elaborato un progetto di catture e inanellamento della beccaccia, finalizzato alla comprensione della strategia migratoria della specie in Italia centrale e all'apporto di dati biometrici raccolti da individui vivi. La scelta delle aree di campionamento all'interno della tenuta è stata effettuata dopo un'attenta valutazione delle diverse zone dove in precedenza si era riscontrata la presenza della beccaccia per diretta osservazione, per ritrovamento di tracce evidenti (escrementi, segni del becco, ecc.) e tramite il controllo dei registri di caccia della tenuta stessa. Due delle tre località di cattura selezionate (Contumaci e Colonnetta) presentano caratteristiche simili per vegetazione, essendo entrambe adibite a pascolo con rare zone a macchia mediterranea. La terza Località (Santola) invece, è caratterizzata da coltivazioni (avena, erbai e incolto) e dista, in linea d'aria, dalle prime due circa 4 km. Gli ettari coperti in ogni uscita sono stati di 104 ha in località Santola, 40 ha in Località Contumaci e 75 ha in Località Colonnetta.
Sono state catturate in tutto 705 beccacce, di cui 66 auto-ricatture. Fuori dell'area di studio sono state ricatturate (abbattute durante l'attività venatoria) 41 beccacce, in particolare 30 sul territorio nazionale e 11 all'estero. Un dato importante che emerge dall'analisi delle ricatture è che tutti gli individui, anche a distanza di sei anni, sono stati ripresi nelle stesse località dove furono inanellati, inoltre, la buona

percentuale di auto-ricatture all'interno dello stesso anno di inanellamento mostra l'elevata fedeltà oltre che al sito di svernamento della specie anche alla zona di alimentazione. Questo risultato è estremamente importante ai fini della gestione del territorio in funzione della presenza di una specie in forte declino come la beccaccia.
Fino ad oggi non sono stati catturati individui inanellati da altri, questo purtroppo non permette di riconoscere con certezza l'area di provenienza della popolazione svernante a Castelporziano. Comunque dall'analisi delle ricatture estere l'asse di migrazione che in ogni caso si può ipotizzare, passa dall'Italia centrale e attraversa l'area balcanica con un'inclinazione verso nord.

- **Progetto svernanti**

Fin dall'Ottobre del 1990 è stato portato avanti un progetto per monitorare la popolazione di Passeriformi Svernanti a Castelporziano. Dal 1995 i dati presi nella Tenuta sono regolarmente inseriti nel Progetto Passeriformi Svernanti (PPS) ricerca a carattere nazionale coordinata dall'I.N.F.S.. Dal 1990 ad oggi durante tutto il periodo Ottobre- Marzo sono stati catturati 9004 individui di cui 1735 ricatture. L'andamento delle catture è mostrato nella Fig. 1.

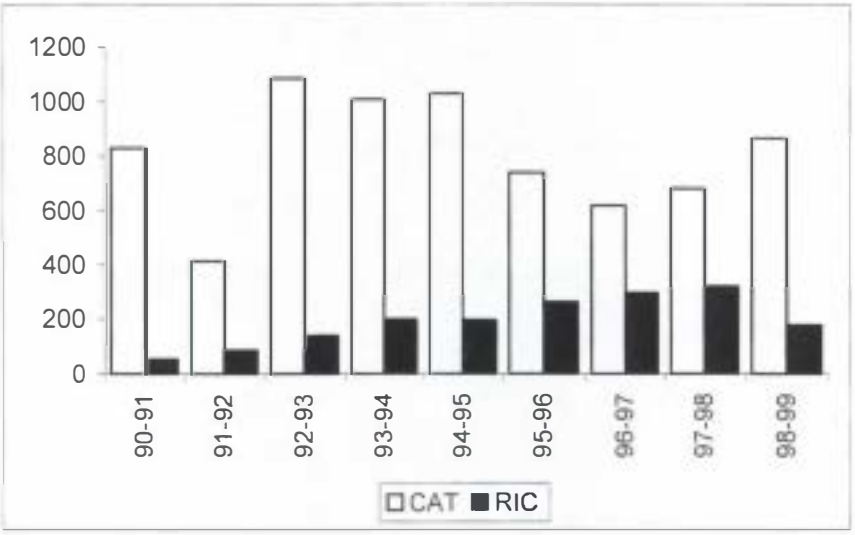


Figura 1 – Andamento delle catture di Passeriformi Svernanti dal l'ottobre 1990 ad oggi

- **Progetto Migrazione primaverile**

Dal 1991 la Tenuta Presidenziale di Castelporziano è stata inserita tra le stazioni costiere aderenti al "Progetto Piccole Isole", ricerca a carattere internazionale che analizza l'attraversamento del Mediterraneo durante il periodo primaverile, da parte dei migratori svernanti in Africa. Il progetto iniziato nel 1988 e coordinato dall'INFS si basa sulle catture giornaliere standardizzate su oltre 20 differenti stazioni di inanellamento sparse in tutto il Mediterraneo centro-occidentale, da Malta a Gibilterra. L'inserimento della Tenuta all'interno del progetto, visto gli importanti dati raccolti sulla fenologia e il monitoraggio effettuato sulle popolazioni di migratori che passano tale area, ha reso possibile una maggiore comprensione dell'uso delle coste da parte dei migratori come importanti aree di sosta. La comprensione dell'utilizzo delle varie aree da parte dei migratori permette, infatti, di programmare piani di gestione del territorio indirizzati a mantenere tali siti in condizioni ottimali per le popolazioni.
Le catture si sono svolte giornalmente dall'alba al tramonto per circa 15 giorni ogni primavera dal 1991 al 1995, e per 30 giorni negli ultimi quattro anni. Complessivamente 6148 individui sono stati catturati molte delle quali appartenenti a specie transahariane.

- **Progetto Rondini**

Dal 1996 su progetto guida dell'INFS, sono state individuate due principali colonie di nidificazione all'interno della Tenuta, ubicate nel fabbricato scuderia Carabinieri e in due fabbricati in località Santola. Sono stati inoltre individuati altri siti di nidificazione in località Dogana e fabbricato Canile, ma i nidi sono isolati e di minore interesse, visto che la ricerca mira all'individualizzazione delle colonie.

Nella colonia Scuderia sono state approntate numerose modifiche strutturali interne al fabbricato che hanno provocato un calo di soggetti nidificanti;
Nella colonia Santola un sito risulta particolarmente degradato con gravi rischi di crollo e con presenza di topi che pregiudicano le covate, nell'altro ci sono problemi di ispezioni perché la colonia è all'interno del canile dei Carabinieri cinofili.

1996 134 pulcini inan.
1997 108 pulcini inan.
1998 63 pulcini inan. (Effettuati lavori all'interno della stalla)
1999 27 pulcini inan.

A tale riguardo si vuole porre l'attenzione su una corretta gestione e manutenzione di questi posti al fine di non ridurre in maniera drastica gli effettivi della colonia di rondini che scelgono la Tenuta di Castelporziano come area di nidificazione.

- **Progetto Passeriformi Nidificanti o Constant Effort Sites-CES**

La ricerca adotta la stessa metodologia del progetto inglese "Constant Effort Sites", che consiste in uno sforzo costante di cattura e ricattura degli individui nidificanti in un determinato ambiente nel corso di diverse stagioni riproduttive. A livello nazionale, il CES è coordinato dall'I.N.F.S e nel 1997 la Tenuta di Castelporziano è entrata a far parte delle diverse stazioni del progetto; in particolare l'ambiente prescelto all'interno della Tenuta per questa ricerca è la macchia retrodunale alta. I dati raccolti sono stati presi durante 4 uscite settimanali per un totale di 876 individui catturati di cui 100 ricatture.
La raccolta dati, iniziata di recente, non permette ancora di avere riscontri confrontabili con altre realtà europee in quanto per ottenere dei risultati il progetto prevede almeno 5 anni di raccolta standardizzata.

- **Specie esotiche**

All'interno della Tenuta di Castelporziano sono stati catturati con le mist-nets (°) e avvistati(*) individui delle seguenti specie esotiche:
Quelea° *Quelea quelea*; Anatra mandarina* *Aix galericulata*; Anatra sposa* *Aix sponsa* Bulbul guanciabianca° *Pycnonotus leucogenys*; Bulbul dai mustacchi rossi° *Pycnonotus jocosus*; Parrocchetto verde* *Psittacula krameri*; Usignolo del Giappone *Leiothrix lutea*; Maina Comune *Acridotheres tristis*

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

[1] Brichetti P. & Gariboldi A., 1997. Manuale pratico di Ornitologia. Edagricole edt.
[2] Voous K.H, 1973, 1977. *List of Recent Holarctic Bird species.* Ibis 115: 612-638; 119: 223-250, 376-406.

Specie	Famiglia[1]	Ordine[1]	Categoria Corologica[2]
*Gavia Stellata**	Gaviidae	Gaviformi	Artica
*Gavia Arctica**	Gaviidae	Gaviformi	Oloartica
*Tachybaptus Ruficollis**	Podicipidae	Podicipediformi	Paleartico-paleotropicale-australasiana
*Podiceps cristatus**	Podicipidae	Podicipediformi	Paleartico-paleotropicale-australiana
*Calonectris diomedea **	Procellaridae	Procellariformi	Mediterraneo-macaronesica
*Puffinus puffinus**	Procellaridae	Procellariformi	Mediterraneo-atlantica
Morus bassanus	Sulidae	Pelecaniformi	Boreoanfiatlantica
*Phalacrocorax carbo**	Phalacrocoracidae	Pelecaniformi	Subcosmopolita
*Botaurus stellaris**	Ardeidae	Ciconiformi	Euroasiatica
Ixobrychus minutus°*	Ardeidae	Ciconiformi	Paleartico-paleotropicale-australasiana
*Nycticorax nycticorax**	Ardeidae	Ciconiformi	Subcosmopolita
*Ardeola ralloides**	Ardeidae	Ciconiformi	Paleartico-afrotropicale
*Egretta garzetta**	Ardeidae	Ciconiformi	Paleartico-paleotropicale-australasiana
*Egretta alba**	Ardeidae	Ciconiformi	Cosmopolita
*Bubulcus ibis**	Ardeidae	Ciconiformi	Subcosmopolita
*Ardea cinerea**	Ardeidae	Ciconiformi	Paleartico-paleotropicale
*Ardea purpurea**	Ardeidae	Ciconiformi	Paleartico-paleotropicale
*Ciconia nigra**	Ciconidae	Ciconiformi	Paleartico-afrotropicale
*Ciconia ciconia**	Ciconidae	Ciconiformi	Eurocentroasiatico-mediterranea
*Plegadis falcinellus**	Threskiornithidae	Ciconiformi	Subcosmopolita
*Platalea leucorodia**	Threskiornithidae	Ciconiformi	Paleartico-orientale
*Anser anser**	Anatidae	Anseriformi	Euroasiatica
*Aix galericulata**	Anatidae	Anseriformi	Asiatica
*Anas penelope**	Anatidae	Anseriformi	Eurosibirica
*Anas strepera**	Anatidae	Anseriformi	Oloartica
*Anas crecca**	Anatidae	Anseriformi	Oloartica
*Anas platyrhynchos**	Anatidae	Anseriformi	Oloartica
*Anas acuta**	Anatidae	Anseriformi	Oloartica
*Anas querquedula**	Anatidae	Anseriformi	Euroasiatica
*Anas clypeata**	Anatidae	Anseriformi	Oloartica
*Aythya ferina**	Anatidae	Anseriformi	Euroasiatica
*Melanitta nigra**	Anatidae	Anseriformi	Artica
*Melanitta fusca**	Anatidae	Anseriformi	Oloartica
*Mergus serrator**	Anatidae	Anseriformi	Oloartica
Pernis apivorus°*	Accipitridae	Accipitriformi	Europea
*Milvus migrans** (°)	Accipitridae	Accipitriformi	Paleartico-paleotropicale-australasiana
*Milvus milvus**	Accipitridae	Accipitriformi	Europea
*Circaetus gallicus**	Accipitridae	Accipitriformi	Paleartico-orientale
Circus aeruginosus°*	Accipitridae	Accipitriformi	Paleartico-paleotropicale- australasiana
*Circus cyaneus**	Accipitridae	Accipitriformi	Oloartica
*Circus pygargus**	Accipitridae	Accipitriformi	Euroturanica
*Accipiter nisus**	Accipitridae	Accipitriformi	Olopaleartica
Buteo buteo°*	Accipitridae	Accipitriformi	Euroasiatica
*Hieraaetus pennatus**	Accipitridae	Accipitriformi	Eurocentasiatico- mediterranea
*Pandion haliaetus**	Accipitridae	Accipitriformi	Subcosmopolita
*Falco naumanni**	Falconidae	Falconiformi	Eurocentasiatico-mediterranea
*Falco tinnunculus** (°)	Falconidae	Falconiformi	Paleartico-paleotropicale
*Falco vespertinus**	Falconidae	Falconiformi	Eurosibirica
*Falco columbarius**	Falconidae	Falconiformi	Oloartica
*Falco subbuteo**	Falconidae	Falconiformi	Olopaleartica
*Falco peregrinus**	Falconidae	Falconiformi	Cosmopolita
Coturnix coturnix°*	Fasianidae	Galliformi	Paleartico-paleotropicale
*Phasianus colchicus**	Fasianidae	Galliformi	Subcosmopolita

Segue

Specie[1]	Famiglia[1]	Ordine	Categoria Corologica[2]
*Rallus aquaticus**	Rallidae	Gruiformi	Olopaleartica
*Porzana porzana**°	Rallidae	Gruiformi	Euroasiatica
*Gallinula chloropus**°	Rallidae	Gruiformi	Subcosmopolita
*Fulica atra**	Rallidae	Gruiformi	Paleartico-orientale
*Grus grus**	Gruidae	Gruiformi	Euroasiatica
*Haematopus ostralegus**	Haematopodidae	Charadriiformi	Euroasiatica
*Himantopus himantopus**	Recurvirostridae	Charadriiformi	Cosmopolita
*Recurvirostra avosetta**	Recurvirostridae	Charadriiformi	Paleartico-afrotropicale
*Burhinus oedicnemus**	Burhinidae	Charadriiformi	Paleartico-orientale
*Charadrius dubius**°	Charadridae	Charadriiformi	Paleartico-orientale
*Charadrius hiaticula**°	Charadridae	Charadriiformi	Artica
*Charadrius alexandrinus**	Scolopacidae	Charadriiformi	Subcosmopolita
*Pluvialis apricaria**°	Charadridae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Pluvialis squatarola**	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Vanellus vanellus**°	Charadridae	Charadriiformi	Euroasiatica
*Calidris canutus**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Calidris alba**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Calidris minuta**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Calidris temminckii**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Calidris ferruginea**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Calidris alpina**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Lymnocryptes minimus**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Gallinago gallinago**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Subcosmopolita
*Scolopax rusticola**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Limosa limosa**	Scolopacidae	Charadriiformi	Euroasiatica
*Numenius phaeopus**	Scolopacida e	Charadriiformi	Artica
*Numenius arquata**	Scolopacidae	Charadriiformi	Euroasiatica
*Tringa erythropus**	Scolopacidae	Charadriiformi	Artica
*Tringa totanus**	Scolopacidae	Charadriiformi	Euroasiatica
*Tringa stagnatilis**	Scolopacidae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Tringa nebularia**	Scolopacidae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Tringa ochropus**	Scolopacidae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Tringa glareola**°	Scolopacidae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Xenus cinereus**	Scolopacidae	Charadriiformi	Eurosibirica
Actitis hypoleucos	Scolopacidae	Charadriiformi	Euroasiatica
*Arenaria interpres**	Charadriidae	Charadriiformi	Artica
*Stercorarius pomarinus**	Stercorariidae	Charadriiformi	Artica
*Larus melanocephalus**	Laridae	Charadriiformi	Mediterraneo-pontica
*Larus minutus**	Laridae	Charadriiformi	Eurosibirica
*Larus ridibundus**	Laridae	Charadriiformi	Euroasiatica
*Larus genei**	Laridae	Charadriiformi	Mediterraneo-turanica
*Larus audouinii**	Laridae	Charadriiformi	Olomediterranea
*Larus canus**	Laridae	Charadriiformi	Oloartica
*Larus fuscus**	Laridae	Charadriiformi	Eurocentroasiatica-mediterranea
*Larus argentatus**	Laridae	Charadriiformi	Boreoanfiatlantica
*Larus marinus**	Laridae	Charadriiformi	Boreoanfiatlantica
*Rissa tridactyla**	Laridae	Charadriiformi	Oloartica
*Gelochelidon nilotica**	Sternidae	Charadriiformi	Subcosmopolita
*Sterna caspia**	Sternidae	Charadriiformi	Subcosmopolita
*Sterna sandvicensis**	Sternidae	Charadriiformi	Boreoanfiatlantica
*Sterna albifrons**	Sternidae	Charadriiformi	Cosmopolita
*Chlidonias nigra**	Sternidae	Charadriiformi	Oloartica
*Columba oenas**°	Columbidae	Columbiformi	Eurocentroasiatica

Segue

Specie[1]	Famiglia[1]	Ordine[1]	Categoria Corologica[2]
Columba palumbus°*	Columbidae	Columbiformi	Eurocentroasiatica- mediterranea
Streptopelia turtur°*	Columbidae	Columbiformi	Eurocentroasiatica-mediterranea
Clamator glandarius°*	Cuculidae	Cuculiformi	Mediterraneo-afrotropicale
Cuculus canorus°*	Cuculidae	Cuculiformi	Olopaleartica
*Tyto alba**	Titonidae	Strigiformes	Cosmopolita
*Bubo bubo** (°)	Strigidae	Strigiformes	Paleartico-orientale
Athena noctua°*	Strigidae	Strigiformes	Eurocentroasiatica-mediterranea
Strix aluco°*	Strigidae	Strigiformes	Eurocentroasiatica-mediterranea
*Asio otus**	Strigidae	Strigiformes	Oloartica
*Asio flammeus**	Strigidae	Strigiformes	Subcosmopolita
Caprimulgus europeus°*	Caprimulgidae	Caprimulgiformi	Eurocentroasiatica-mediterranea
Apus apus°*	Apodidae	Apodiformi	Olopaleartica
*Apus melba**	Apodidae	Apodiformi	Paleartico-paleotropicale
Alcedo atthis°*	Alcedinidae	Coraciformi	Paleartico-orientale
Merops apiaster°*	Meropidae	Coraciformi	Euroturanico-mediterranea
*Coracias garrulus**	Coracidae	Coraciformi	Euroturanico-mediterranea
Upupa epops°*	Upupidae	Coraciformi	Paleartico-paleotropicale
Jynx torquilla°*	Picidae	Piciformi	Eurosibirica
Picus viridis°*	Picidae	Piciformi	Europea
Picoides major°*	Picidae	Piciformi	Paleartico-orientale
Picoides minor°*	Picidae	Piciformi	Eurosibirica
Calandrella brachydactyla°*	Alaudidae	Passeriformi	Eurocentroasiatica-mediterranea
*Galerida cristata**	Alaudidae	Passeriformi	Paleartico-paleotropicale
Alauda arvensis°*	Alaudidae	Passeriformi	Olopaleartica
Riparia riparia°*	Hirundinidae	Passeriformi	Oloartica
Hirundo rustica°*	Hirundinidae	Passeriformi	Oloartica
*Hirundo daurica**	Hirundinidae	Passeriformi	Paleartico-paleotropicale
Delichon urbica°*	Hirundinidae	Passeriformi	Paleartico-orientale
Anthus campestris°*	Motacillidae	Passeriformi	Eurocentroasiatica-mediterranea
Anthus trivialis°*	Motacillidae	Passeriformi	Euroasiatica
Anthus pratensis°*	Motacillidae	Passeriformi	Europea
Motacilla flava°*	Motacillidae	Passeriformi	Olopaleartica
M. f. flava°	Motacillidae	Passeriformi	Olopaleartica
M .f. thumbergi°	Motacillidae	Passeriformi	Olopaleartica
M. f. cinereocapilla°	Motacillidae	Passeriformi	Olopaleartica
*Motacilla cinerea**	Motacillidae	Passeriformi	Olopaleartica
Motacilla alba°*	Motacillidae	Passeriformi	Paleartico-orientale
Troglodytes troglodytes°*	Troglodytae	Passeriformi	Oloartica
Prunella modularis°*	Prunnelidae	Passeriformi	Europea
Erithacus rubecola°*	Turdidae	Passeriformi	Europea
Luscinia megarhyncos°*	Turdidae	Passeriformi	Euroturanico-mediterranea
Luscinia svecica°*	Turdidae	Passeriformi	Euroasiatica
L.s.cyanecula°	Turdidae	Passeriformi	Euroasiatica
Phoenicurus ochruros°*	Turdidae	Passeriformi	Eurocentroasiatica-mediterranea
Phoenicurus phoenicurus°*	Turdidae	Passeriformi	Euroasiatica
Saxicola rubetra°*	Turdidae	Passeriformi	Europea
Saxicola torquata°*	Turdidae	Passeriformi	Paleartico-paleotropicale
Oenanthe oenanthe°*	Turdidae	Passeriformi	Oloartica
Oenanthe hispanica°*	Turdidae	Passeriformi	Olomediterranea
Oenanthe o. melanoleuca°	Turdidae	Passeriformi	Olomediterranea
Monticola saxatilis°*	Turdidae	Passeriformi	Eurocentroasiatica-mediterranea

Segue

Specie[1]	Famiglia[1]	Ordine[1]	Categoria Corologica[2]
*Turdus torquatus**	Turdidae	Passeriformi	Europea
Turdus merula°*	Turdidae	Passeriformi	Paleartico-orientale
Turdus pilaris°*	Turdidae	Passeriformi	Eurosibirica
Turdus philomelos°*	Turdidae	Passeriformi	Eurosibirica
Turdus iliacus°*	Turdidae	Passeriformi	Eurosibirica
*Turdus viscivorus**	Turdidae	Passeriformi	Olopaleartica
Cettia cetti°*	Silvidae	Passeriformi	Euroturanico-mediterranea
Cisticola juncidis°*	Silvidae	Passeriformi	Paleartico-paleotropicale
Locustella naevia°	Silvidae	Passeriformi	Eurocentroasiatica
Acrocephalus schonobaeus°*	Silvidae	Passeriformi	Euroasiatica
Acrocephalus scirpaceus°*	Silvidae	Passeriformi	Euroturanico-mediterranea
Acrocephalus arundinaceus°*	Silvidae	Passeriformi	Euroturanico-mediterranea
Hippolais icterina°*	Silvidae	Passeriformi	Europea
Hippolais polyglotta°*	Silvidae	Passeriformi	Mediterraneo-atlantica
Sylvia sarda°	Silvidae	Passeriformi	W- mediterranea
Sylvia undata°*	Silvidae	Passeriformi	Mediterraneo-atlantica
Sylvia cantillans°*	Silvidae	Passeriformi	Olomediterranea
Sylvia melanocephala°*	Silvidae	Passeriformi	Mediterraneo-macaronesica
Sylvia communis°*	Silvidae	Passeriformi	Olopaleartica
Sylvia borin°*	Silvidae	Passeriformi	Eurosibirica
Sylvia atricapilla°*	Silvidae	Passeriformi	Olopaleartica
Phylloscopus inornatus°*	Silvidae	Passeriformi	Asiatica
Phylloscopus sibilatrix°*	Silvidae	Passeriformi	Europea
Phylloscopus collybita°*	Silvidae	Passeriformi	Olopaleartica
Phylloscopus trochilus°*	Silvidae	Passeriformi	Eurosibirica
Regulus regulus°*	Silvidae	Passeriformi	Euroasiatica
Regulus ignicapillus°*	Silvidae	Passeriformi	Euroasiatica
Muscicapa striata°*	Muscicapidae	Passeriformi	Olopaleartica
Ficedula semitorquata°*	Muscicapidae	Passeriformi	Mediterraneo-pontica
Ficedula albicollis°*	Muscicapidae	Passeriformi	Europea
Ficedula hypoleuca°*	Muscicapidae	Passeriformi	Eurosibirica
Aegithalos caudatus°*	Aegitalidae	Passeriformi	Euroasiatica
Parus caeruleus°*	Paridae	Passeriformi	Europea
Parus major°*	Paridae	Passeriformi	Paleartico-orientale
Sitta europaea°*	Sittidae	Passeriformi	Paleartico-orientale
Certhia brachydactyla°*	Certhiidae	Passeriformi	Europea
*Remiz pendulinus**	Remizidae	Passeriformi	Eurocentrasiatica
Oriolus oriolus°*	Oriolidae	Passeriformi	Paleartico-orientale
Lanius collurio°*	Lanidae	Passeriformi	Euroasiatica
*Lanius minor**	Lanidae	Passeriformi	Euroturanica
Lanius senator°*	Lanidae	Passeriformi	Olomediterranea
L. s.senator°	Lanidae	Passeriformi	Olomediterranea
L.s. badius°	Lanidae	Passeriformi	Olomediterranea
L.s.niloticus°	Lanidae	Passeriformi	Olomediterranea
Garrulus glandarius°*	Corvidae	Passeriformi	Paleartico-orientale
Pica pica°*	Corvidae	Passeriformi	Oloartica
*Corvus monedula**	Corvidae	Passeriformi	Olopaleartica
Corvus corone°*	Corvidae	Passeriformi	Olopaleartica
Sturnus vulgaris°*	Sturnidae	Passeriformi	Euroasiatica
Passer domesticus°*	Passeridae	Passeriformi	Subcosmopolita

Segue

Specie[1]	Famiglia[1]	Ordine[1]	Categoria Corologica[2]
P.d.italiae°	Passeridae	Passeriformi	Endemica italica
*Passer montanus**°	Passeridae	Passeriformi	Paleartico-orientale
*Fringilla coelebs**°	Fringillidae	Passeriformi	Olopaleartica
*Serinus serinus**°	Fringillidae	Passeriformi	Europea
*Carduelis chloris**°	Fringillidae	Passeriformi	Euroturanico-mediterranea
*Carduelis carduelis**°	Fringillidae	Passeriformi	Olopaleartica
*Carduelis spinus**°	Fringillidae	Passeriformi	Euroasiatica
*Carduelis cannabina**°	Fringillidae	Passeriformi	Eurocentroasiatica-mediterranea
*Carduelis flammea**	Fringillidae	Passeriformi	Oloartica-boreoalpina
*Coccothraustes coccothraustes**°	Fringillidae	Passeriformi	Olopaleartica
*Emberiza cirlus**°	Emberizidae	Passeriformi	Mediterraneo-atlantica
Emberiza hortulana°	Emberizidae	Passeriformi	Euroasiatica
*Miliaria calandra**°	Emberizidae	Passeriformi	Euroturanico-mediterranea

[1] = Voous, 1973, 1977; [2] = Brichetti &Garibaldi, 1997

* = Avvistato ° = Catturato con mist-nest e inanellato (°) = inanellato

Tabella 1 – Quadro generale delle specie che utilizzano l'area di Castelporziano

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	La Popolazione di Testuggine Palustre *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) della Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma). II: Spostamenti fra Stagni, Estivazione e Note sull'Ovideposizione
RESPONSABILE	Prof. C. Utzeri
UNITA' OPERATIVA	Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo - Università "La Sapienza" - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	C. Utzeri, B. Serra

INTRODUZIONE

Un aspetto di rilievo, nell'ecologia di una popolazione animale, è la sua capacità di sfruttare l'habitat e quindi, nei casi in cui l'habitat sia mutevole nel tempo e nello spazio, la capacità di compiere spostamenti al suo interno in modo da usufruire continuamente di condizioni ottimali. Pertanto, nell'ambito dell'indagine sulla popolazione di testuggine palustre (*Emys orbicularis*) presente nella tenuta presidenziale di Castelporziano (RAVAGLI, 1996; UTZERI et al., 1996), abbiamo posto attenzione anche agli aspetti dinamici della sua distribuzione, studiandone l'attività di spostamento fra stagni diversi da parte di alcuni individui campione. Le testuggini possono spostarsi verso stagni temporanei (quelli che si prosciugano durante la stagione arida), per utilizzarne la ricca produzione stagionale (CAGLE, 1944; MCAULIFFE, 1978; GRAHAM, 1995), oppure possono abbandonare gli stagni temporanei, nel periodo in cui si prosciugano, per raggiungere stagni permanenti o per estivare o ancora, le femmine, possono abbandonare provvisoriamente l'acqua per deporre le uova, per lo sviluppo delle quali è richiesto un substrato asciutto.

Come esposto in relazioni precedenti (RAVAGLI, 1996; UTZERI et al., 1996), la tenuta di Castelporziano ospita una popolazione di testuggine palustre stimata di 400-500 individui. Questa appare suddivisa in piccoli nuclei gravitanti intorno a gruppi di stagni, ciascuno dei quali comprendente uno o più stagni permanenti e alcuni stagni temporanei. Alla data presente, agli scriventi sono noti circa 80 dei cento stagni censiti recentemente nella tenuta di Castelporziano, di cui solo un quarto a regime permanente negli ultimi anni. Poiché almeno in primavera la testuggine palustre appare in quasi tutti gli stagni, oltre che in alcuni canali di bonifica, e poiché con l'avvento dell'estate la maggior parte degli stagni e dei canali è soggetta a prosciugarsi, la sopravvivenza della testuggine palustre deve essere legata alla sua resistenza a condizioni di scarsità di acqua e alla sua capacità di spostarsi sulla terraferma per raggiungere corpi d'acqua permanenti. Inoltre la capacità di spostamento fra stagni diversi provoca il rimescolamento della popolazione, impedendone il frazionamento del pool genico e garantendone la vitalità nel tempo. Pertanto lo studio degli spostamenti a breve raggio (fra stagni o sistemi di stagni) di una popolazione "chiusa", in cui cioè l'immigrazione e l'emigrazione di individui sono virtualmente assenti (la tenuta di Castelporziano è infatti cintata, controllata e non può essere frequentata liberamente dal pubblico), può fornire informazioni sul grado di isolamento/promiscuità delle singole sottopopolazioni e può costituire un valido aiuto per la previsione della stabilità nel tempo della popolazione complessiva.

Le capacità di spostamento delle testuggini palustri della fam. Emididae sono ben note per alcune specie americane (PEARSE, 1923; CAGLE, 1944; GIBBONS, 1968; PERILLO, 1997) e per quanto riguarda *Emys orbicularis* sono state indagate in Francia da SERVAN (1987) e in Italia da LEBBORONI & CHELAZZI (1991) e ROVERO & CHELAZZI (1996), ma in ambienti dissimili da quello in cui si è svolta la presente ricerca.

MATERIALI E METODI

La presente indagine si è svolta dal 31 luglio 1996 al 9 settembre 1998 nell'area de "Il Camilletto", che annovera, su una superficie di circa 4.35 Km², una ventina di stagni e alcuni tratti di canali di bonifica. Questa zona sembra rappresentativa, per la natura degli stagni, dell'intera tenuta. Gli stagni sono in genere circondati da elementi arborei e/o arbustivi della foresta, presentano una ricca vegetazione acquatica a sviluppo stagionale e una certa variazione in ampiezza (da ca. 6 a ca. 60 m di diametro a pieno invaso), profondità (da alcuni dm a ca. 1,5 m), temperatura dell'acqua ed esposizione al sole. Una distinzione tra gli stagni, utile nel contesto della presente indagine, può essere fatta in base alle variazioni annuali dell'invaso, se permanente o temporaneo. Tradizionalmente, nel nostro laboratorio, gli stagni della tenuta di Castelporziano vengono contraddistinti da una sigla composta dalle lettere P o T, a seconda che permanenti o temporanei, e da un numero d'ordine (per es. P10, T9). Le sigle dei vari stagni sono state conservate nella presente relazione anche se alcuni degli stagni hanno modificato il loro regime, in alcuni degli ultimi venti anni, da permanente a temporaneo o viceversa (nel 1997 P6 e P24 si sono prosciugati del tutto e P7 quasi del tutto, mentre T43 ha mostrato regime permanente). Questi cambiamenti saranno nel seguito sottolineati - quando opportuno.

Gli stagni che abbiamo tenuto sotto osservazione nel periodo della presente ricerca sono: P6, P7, P8, P10, P24, T3, T4 T5, T6, T7, T8, T19, T20, T42, T43, T44 e T45, oltre a tre stagni di nuova localizzazione che abbiamo provvisoriamente denominato N1 e N2 (presso P6) e N3 (presso P8). Le distanze fra gli stagni visitati dalle testuggini, misurate in linea retta fra i centri degli stagni su carta topografica di scala 1:25.000 e approssimate ai 10 m, variano da 90 a 1090 m (Tabella 2).

Tutti gli stagni sono stati controllati periodicamente e di tutte le testuggini catturate o avvistate sono stati registrati il numero di marcatura e la localizzazione. Le localizzazioni delle testuggini sono state effettuate con frequenza di due volte per settimana in inverno (limitatamente all'inverno 1996-1997) e di tre volte per settimana nelle altre stagioni. Nel 1996, ad agosto e a settembre, le testuggini dotate di radiotrasmittenti sono state localizzate due volte al giorno, alle 10:30 e alle 15:30; poiché è stata registrata una scarsa mobilità degli animali nel corso dello stesso giorno, nel seguito gli animali sono stati localizzati una sola volta al giorno, in orari variabili. Le operazioni di localizzazione sono state interrotte fra l'1 e il 19 agosto e fra il 21 e il 27 agosto 1997 a causa della sospensione dei permessi di ingresso nella tenuta da parte delle autorità di gestione. Quando possibile (in relazione alla praticabilità degli stagni, alla profondità dell'acqua e alla facilità di raggiungere gli animali), sono stati catturati esemplari sia marcati che non marcati, per compiere su di essi rilievi di routine (dimensioni canoniche, peso) e rilievi finalizzati all'indagine in corso, come la misurazione della temperatura interna e, per le femmine, la palpazione dell'addome attraverso le aperture inguinali della corazza per evidenziarvi l'eventuale presenza di uova. Gli esemplari privi di marcatura sono stati marcati con una coppia di targhette numerate attaccate dorsolateralmente al carapace, come descritto in RAVAGLI (1996) e UTZERI et al. (1996). Per ogni testuggine catturata è stata redatta una scheda informativa recante la data di cattura, il numero di marcatura, il sesso, le misure del corpo, il peso e la temperatura cloacale, del substrato e dell'aria. Le temperature sono state misurate al decimo di grado centigrado con un termometro digitale a termocoppia Delta OHM HD-9281 corredato di sonda TP742/1. Al termine dei rilevamenti le testuggini venivano liberate ciascuna nello stesso stagno in cui era stata catturata.

Le registrazioni continuate dei luoghi di avvistamento e/o cattura hanno consentito la maggior parte delle localizzazioni delle testuggini e la registrazione dei loro spostamenti successivi. Maggiori dettagli sugli spostamenti sono stati ottenuti tramite l'applicazione, al carapace di 5 femmine e 2 maschi, di piccole radiotrasmittenti (modelli diversi, peso 7-15 g), tramite un collante resinoso. I segnali radio venivano captati da un apparecchio ricevente TRX-2000S (Wildlife Materials, Inc.) dotato di antenna direzionale a tre elementi, da distanze fino a 800 m e permettevano di localizzare agevolmente le testuggini sia col sistema dell'"homing" che con quello delle triangolazioni (SERVAN, 1987), quest'ultimo adottato nei casi in cui l'intrico della vegetazione non permetteva di raggiungere direttamente le testuggini. In Tabella 1 sono riportati alcuni dettagli relativi a questi individui e alle rispettive trasmittenti.

Le stime numeriche dei popolamenti dei singoli stagni sono state effettuate tramite il metodo di Lincoln-Petersen, corretto secondo BAILEY (1951; 1952).

Marcatura	Sesso	Frequenza del segnale (Hz)	Portata del segnale (m)	Data inizio trasmissione	Data termine trasmissione
106	M	748	500	23/08/96	06/10/97
119	M	649	500	23/08/96	10/11/97
114	F	596	500	23/08/96	26/11/97
139	F	699	500	23/08/96	20/08/97
153	F	951	800	11/06/97	09/10/97
182	F	803	800	12/03/97	23/05/97
198	F	902	800	14/03/97	22/09/97

Tabella 1 – Prospetto delle testuggini dotate di radiotrasmittente e di alcune caratteristiche tecniche e operative delle medesime

RISULTATI

La presenza delle testuggini è stata registrata in tutti i mesi dell'anno negli stagni P7, P8, P10 e T43 (permanente nel 1997), mentre negli stagni P6, P24, T3, T4, T8, T19, T20, T42, T44, N1, N2 e N3 la presenza della testuggine è stata registrata soltanto nei rispettivi periodi di allagamento (grossolanamente dall'autunno all'inizio dell'estate). Negli stagni T5, T6, T7 e T45 non abbiamo riscontrato la presenza di testuggini.

Fra agosto 1996 e giugno 1998 abbiamo effettuato 1563 catture di 172 testuggini (105 femmine e 67 maschi - sex-ratio: 1.57 femmine per maschio) - da 40 a 122 catture o avvistamenti individuali per le testuggini provviste di radiotrasmittente e da 1 a 27 per le altre. In questo periodo, 125 testuggini (72.7%) sono state localizzate esclusivamente presso il loro stagno e 47 (27.3%) hanno abbandonato il loro stagno per raggiungere uno stagno diverso, per estivare (eventualmente, al termine dell'estivazione, recandosi in uno stagno diverso da quello di partenza) o per ovideporre. Di queste, 45 (26.2% del campione totale; 18 maschi e 27 femmine - rispettivamente il 26.9% e il 25.7% dei campioni totali dei rispettivi sessi - differenza non significativa al test del χ^2) hanno effettuato 90 spostamenti fra stagni diversi, 12 (6 maschi e 6 femmine) hanno effettuato 13 spostamenti fra stagni e siti di estivazione o di quiescenza (1 maschio due volte in anni diversi) e 2 (femmine) hanno effettuato 3 spostamenti fra stagni e siti di ovideposizione (una femmina due volte in anni diversi). Nel periodo della ricerca, 42 testuggini (16 maschi e 26 femmine) (93.3% di 45) hanno visitato 2 stagni e 3 (2 maschi e 1 femmina) (6.7%) hanno visitato 3 stagni (Tabella 2).

Spostamenti fra stagni

I 90 spostamenti fra stagni diversi hanno avuto luogo prevalentemente in primavera (aprile-giugno: 30.8%) e in autunno (ottobre-dicembre: 39%), ma diversi anche in estate (luglio-settembre: 22.6%) e alcuni in inverno (gennaio-marzo: 7.7%) (valori percentuali mediati nei tre anni di osservazione, tranne per dicembre e gennaio, per cui si riferiscono a un solo anno) (Figura 1). In particolare, 34 spostamenti di 28 testuggini (11 maschi e 17 femmine) hanno avuto luogo in autunno verso gli stagni temporanei, allagati dalle piogge; queste testuggini hanno ibernato negli stagni temporanei. Tutte le testuggini hanno trascorso il periodo invernale in acqua. Alla fine della primavera e nella prima parte dell'estate, mentre l'acqua degli stagni temporanei si prosciugava, 23 testuggini (10 maschi e 13 femmine) hanno effettuato 27 spostamenti verso stagni ancora allagati. Altre 5 testuggini (femmine) hanno effettuato 9 spostamenti fra stagni permanenti tra luglio e settembre e 3 (femmine) 5 spostamenti fra stagni allagati tra dicembre e gennaio. Inoltre 5 testuggini (3 maschi e 2 femmine) si sono spostate fra stagni diversi in seguito a un periodo di estivazione (vedi appresso) e 9 (6 maschi e 3 femmine) hanno effettuato 10 spostamenti fra stagni per i quali non siamo stati in grado di determinare né le date né le correlazioni temporali o accidentali.

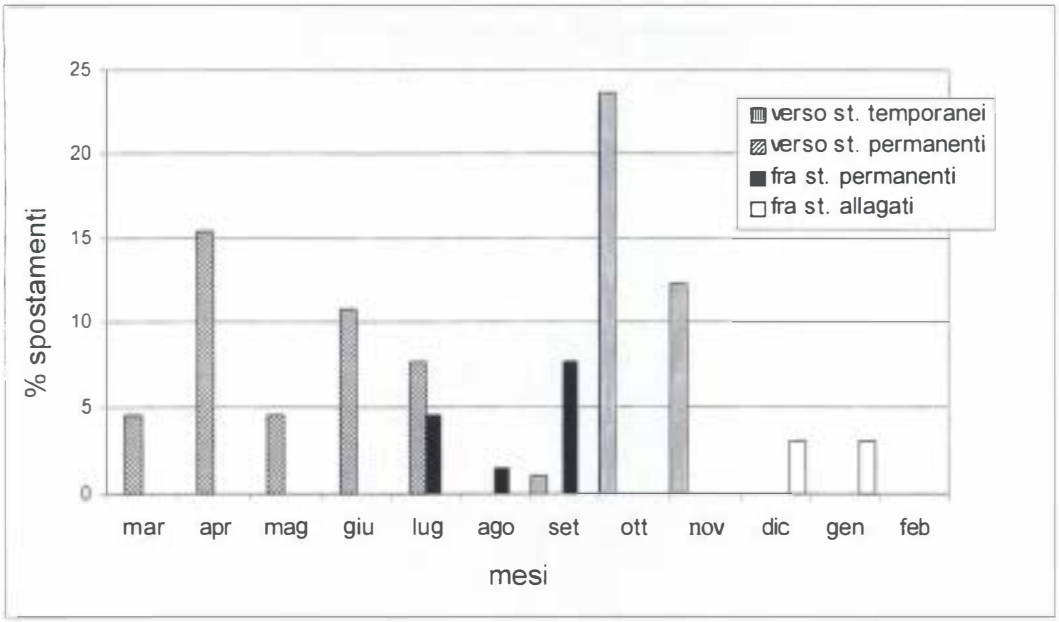


Figura 1 - Distribuzione mensile degli spostamenti fra stagni. I valori dei mesi dicembre e gennaio sono relativi all'inverno 1996-1997. Tutti gli altri sono stati mediati fra quelli rilevati in due o tre anni fra il 1996 e il 1998 e pertanto non corrispondono ai valori numerici riportati nel testo.

Gli spostamenti sono stati compiuti tra stagni distanti fra 90 m (stagni T8-T19) e 1090 m (stagni P6-P10) (Figura 2) e sono così distribuiti: 60 (66.7%) fra 90 e 200 m, 21 (23.3%) fra 201 e 500 m e 9 (10%) a oltre 500 m. Complessivamente, 37 spostamenti fra stagni diversi sono stati effettuati da 18 maschi e 53 da 27 femmine: 13 maschi e 13 femmine hanno effettuato rispettivamente 28 e 32 spostamenti fra 90 e 200 m, 2 maschi e 11 femmine rispettivamente 3 e 18 spostamenti fra 201 e 500 m e 4 maschi e 3 femmine rispettivamente 6 e 3 spostamenti maggiori di 500 m (un maschio ha effettuato spostamenti sia fra 90-200 m che oltre 500 m e pertanto è stato inserito in ambedue le categorie di distanza). Nei confronti fra le quantità di spostamenti effettuati dai due sessi, sia globalmente che sulle diverse distanze, non appaiono differenze significative.

La lunghezza del carapace dei 18 maschi che si sono spostati fra stagni è in media 126.1±2.3 mm (i=111-142) e il loro peso medio è 302.8±14.8 g (i=210-430), mentre la lunghezza dei 49 maschi che non si sono spostati è 121.9±1.3 mm (i=101-139) e il loro peso è 271.8±8.0 g (i=135-395). Sebbene i primi siano un po' più grandi e più pesanti dei secondi, la differenza non è significativa né per le dimensioni ($t=1.71$; $0.10>P>0.05$) né per il peso ($t=1.97$; $0.10>P>0.05$). La lunghezza del carapace delle 27 femmine che si sono spostate fra stagni è in media 137.9±2.4 mm (i=112-166) e il loro peso è 446.3±21.0 g (i= 230-720), mentre la lunghezza delle 78 femmine che non si sono spostate è 132.2±1.2 mm (i=101-152) e il loro peso è 395.7±10.0 g (i=170-605). Al contrario che per i maschi, le femmine che si sono spostate sono significativamente più grandi ($t=2.29$; $P<0.5$) e più pesanti ($t=2.43$; $P<0.02$) di quelle che non si sono spostate.

Non emerge alcuna correlazione significativa fra dimensioni e peso individuali e la distanza fra gli stagni di partenza e gli stagni raggiunti, sia per ciascuno dei due sessi che per tutti gli individui che si sono spostati.

Marcatura	Sesso	Lunghezza (mm)	Peso (g)	Stagni	Distanza (m)
23	M	140	350	P6-P10-N1	1090
45	M	119	345	P8-N3	160
115	M	117	210	P6-N1	170
117	M	122	270	N1-P6	170
119	M	127	290	P6-N1	170
124	M	113	215	P6-N1	170
125	M	123	285	P6-N1	170
168	M	137	325	P10-T19	510
171	M	116	235	P10-T8	590
179	M	124	280	T19-T8	90
188	M	142	430	P10-T19-T8	590
191	M	133	340	T8-T19	90
192	M	134	325	T19-T8	90
194	M	138	390	P7-T20	230
196	M	111	215	N1-P6	170
201	M	127	325	T4-P7	240
225	M	127	340	T43-T3	710
239	M	120	280	P6-N1	170
42	F	128	455	P8-T8	400
44	F	150	540	N3-P8	160
80	F	143	500	P7-T4	240
87	F	143	520	P7-T20	230
100	F	133	320	P6-P7	250
104	F	136	430	N1-P6	170
105	F	137	430	N1-P6	170
110	F	120	320	P6-N1	170
114	F	145	485	P6-N1	170
121	F	144	530	P6-P7	250
126	F	128	375	P6-N1	170
127	F	138	475	P6-P10	1090
128	F	114	295	P6-P7	250
129	F	124	320	P6-N1	170
138	F	112	230	P6-P10	1090
139	F	136	405	P6-N2	160
141	F	129	330	P6-N1	170
153	F	139	460	T19-T8	90
173	F	132	330	P10-T19	510
177	F	143	450	P6-N1	170
182	F	152	585	T8-T19	90
193	F	147	495	P7-T20	230
197	F	145	470	P6-P7	250
198	F	166	720	T8-P24-T19	460
203	F	146	565	P7-T20	230
208	F	142	475	T42-T43	90
216	F	151	540	P8-T8	400

Tabella 2 - Caratteristiche biometriche delle 45 testuggini che si sono spostate fra stagni e distanze rette tra gli stagni utilizzati. In caso di utilizzazione di 3 stagni è indicata la distanza tra i due più lontani.

Estivazione

Durante il periodo estivo del 1997, 6 testuggini (3 maschi e 3 femmine, tra cui 5 dotate di radiotrasmittente) sono state trovate in estivazione. Queste apparivano immobili ma vigili e non erano completamente inattive, dato che controlli successivi hanno portato alla loro registrazione o in ricoveri distanziati di qualche metro da quelli precedenti o nello stesso ricovero con un orientamento diverso dal

precedente. I ricoveri erano una buca nel fango secco di uno stagno (testuggine 198), il terreno sotto un tronco o un grosso ramo abbattuto (153 e 192) e buche nel terreno alla base di piante del sottobosco (le altre). Tranne in due casi, le testuggini hanno estivato entro 40 m di distanza dallo stagno in cui albergavano, mentre la 114 ha estivato in tre siti di cui il più lontano distante 640 m dallo stagno P6, da cui proveniva, e posto fra gli stagni P6 e P10, portandosi, al termine dell'estivazione, allo stagno N1 e la 119 ha estivato anch'essa in tre siti, il più lontano distante 440 m dallo stagno P6, da cui anch'essa proveniva, ma in direzione opposta rispetto alla prima, e tornando, al termine dell'estivazione, allo stagno P6 (Figura 3).

Nel 1997, fra il 18 luglio, prima data di registrazione di una testuggine estivante, e il 10 ottobre, data delle prime piogge autunnali, sono state registrate in acqua 83 testuggini (25 maschi e 58 femmine) (48.3% delle 172 che componevano il campione totale [67 maschi e 105 femmine]). La proporzione di maschi assenti è significativamente maggiore di quella delle femmine (χ^2=5.22; P<0.05). Le stime delle popolazioni degli stagni permanenti P7 e P10, effettuate a luglio e a settembre, hanno dato valori leggermente, ma non significativamente, inferiori nella seconda data e caratterizzati da una diminuzione pure non significativa di maschi, mentre la popolazione dello stagno P6, che si è progressivamente prosciugato, è diminuita drasticamente, restando, a settembre, rappresentata da due maschi (109 e 119) (Tabella 3).

Stagno	Acqua	Data	N individui (±ES)	Maschi	Femmine
P6	abbondante	21-31 luglio	44±9	15 (34%)	29 (66%)
P6	scarsa	21-28 agosto	17±4	5 (29%)	12 (71%)
P6	scarsissima	1-10 settembre	2	2	0
P7	abbondante	21-31 luglio	12±2	2 (17%)	10 (83%)
P7	abbondante	1-10 settembre	10±1	1 (10%)	9 (90%)
P10	abbondante	21-31 luglio	24±6	8 (33%)	16 (67%)
P10	abbondante	1-10 settembre	22±4	7 (32%)	15 (68%)

Tabella 3 - Stime delle popolazioni di tre stagni durante l'estate del 1997.

La durata dell'estivazione delle 5 testuggini dotate di radiotrasmittente (non abbiamo potuto seguire per tutto il periodo quella priva di trasmettitore) è stata in media di 53.6±14.1 giorni, con un intervallo da 23 a 84 (Tabella 4), ma potrebbe essere maggiore se si considera che tre individui, per i quali l'inizio dell'estivazione è stato datato al 20 agosto (1997), potrebbero essere entrati in estivazione diversi giorni prima, senza che potessimo appurarlo per via dell'interruzione dei permessi di ingresso in tenuta (cf. metodi).

Marcatura	Sesso	Data inizio periodo di quiescenza/estivazione	Data fine periodo di quiescenza/estivazione	Periodo verificato (giorni)
106*	M	07/11/96	14/11/96	8
115	M	31/10/96	7/11/96	8
188	M	24/09/96	21/10/96	28
191	M	30/09/96	04/10/96	5
110	F	31/10/96	7/11/96	8
139*	F	28/10/96	14/11/96	18
182	F	16/09/96	04/10/96	19
106*	M	20/08/97	02/10/97	44
119*	M	17/09/97	09/10/97	23
114*	F	20/08/97	10/11/97	83
153*	F	18/07/97	09/10/97	84
198*	F	20/08/97	22/09/97	34

Tabella 4 - Periodi di quiescenza/estivazione di alcune testuggini. Le testuggini del 1997 sono da intendersi più propriamente in estivazione (cf. il testo). Gli individui dotati di radiotrasmittente sono contrassegnati da un *. Le durate dei periodi di quiescenza delle testuggini prive di trasmettitore e quelle degli individui il cui inizio dell'estivazione è datato agosto 1997 sono da intendersi come minime.

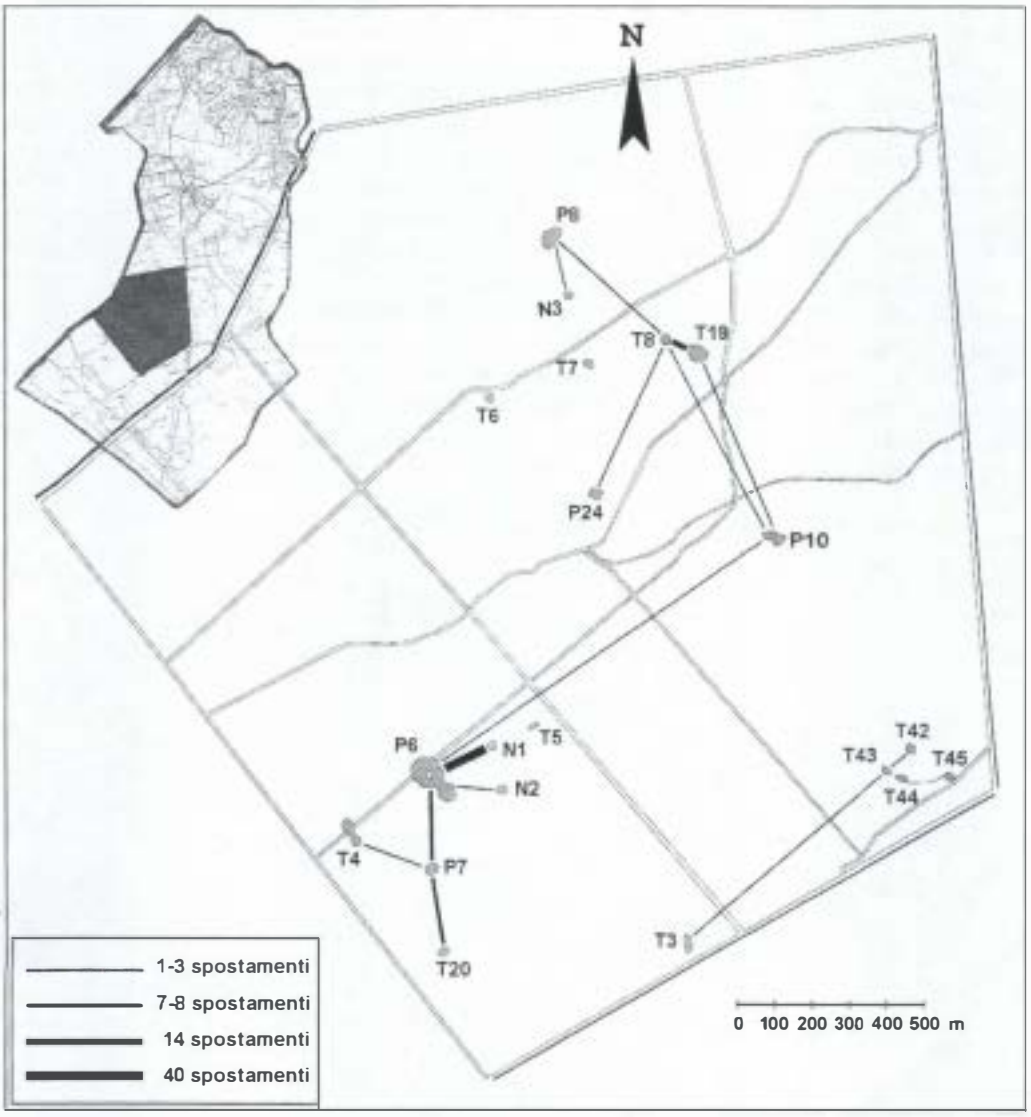


Figura 2 - Area della ricerca e stagni interessati dagli spostamenti delle testuggini.

Le 5 testuggini estivate nel 1997 avevano una temperatura cloacale (x=19,3±2.1 °C; i=15,1-25,6; N=6 [la temperatura di una testuggine è stata misurata due volte in occasioni diverse]) significativamente più bassa di quella di testuggini che negli stessi giorni, fra le 12 e le 17, erano attive in superficie negli stagni ancora allagati (x=23.8±0.5; i=16.3-31.4; N=70) (t=2.6; p<0.02).
Nell'autunno del 1996, durante un periodo piovoso, 7 testuggini, di cui 2 dotate di radiotrasmittente, hanno trascorso un periodo di quiescenza di 5-28 giorni alla base di cespugli del sottobosco (Tabella 4). Al contrario di quelle più propriamente estivate, queste giacevano sulla superficie del terreno e solo una appariva semisepolta nel detrito. Quanto a mobilità e stato di allerta, il loro comportamento era simile a quello delle testuggini estivate. La temperatura cloacale media di queste testuggini era di 15.6±0.8 °C (i=14.0-18.6; N=8 [una misurata due volte]), leggermente, ma non era significativamente, più bassa di quella di 19 testuggini attive in acqua nello stesso periodo (x=16.9±0.6; i=13.3-22.4) (t=1.34; P>0.05).

Ovideposizione

Fra il 27 maggio e il 25 giugno 1997 abbiamo riscontrato la presenza di uova nell'addome di 13 testuggini, che rappresentano il 39.4% delle 33 femmine esaminate nello stesso periodo.
Due femmine dotate di radiotrasmittente si sono spostate nel mese di giugno 1997 dal loro stagno permanente apparentemente per deporre le uova. La femmina 198, il 6 giugno, allo stagno P24,

presentava alla palpazione dell'addome i gusci induriti di alcune uova. Questa femmina è stata localizzata il 12 giugno presso lo stagno temporaneo T19, in cui ha trascorso 5 giorni poi, il 16 giugno, è stata nuovamente localizzata allo stagno P24, ma alla palpazione dell'addome non presentava uova - che probabilmente aveva deposto presso lo stagno T19. Questa femmina ha presumibilmente ovideposto in un sito distante 460 m dallo stagno di provenienza ed ha effettuato un percorso totale di 920 m (in linea retta) in un periodo massimo di 9 giorni. Analogamente la femmina 114 fino al 31 maggio 1997 stazionava nello stagno P6, il 2 giugno è stata localizzata allo stagno N1 e presentava uova e il 6 giugno era di nuovo allo stagno P6 e apparentemente aveva già ovideposto. Questa femmina ha presumibilmente ovideposto in un sito distante 170 m dallo stagno di provenienza ed ha effettuato un percorso totale di 340 m in 5 giorni (Figura 3). La femmina 114 ha prodotto uova sia nel 1997 che nel 1998 e anche nel secondo anno ha probabilmente ovideposto presso lo stagno N1.

Due femmine (15.4% del campione che ha maturato uova) hanno apparentemente prodotto due ovature nel corso della stessa stagione: la femmina 131 presentava uova nell'addome il 27 maggio e il 12 giugno (1997), ma non il 2 giugno, data in cui aveva probabilmente deposto le prime, e la femmina 156 presentava uova il 6 giugno e il 25 giugno, ma non il 12 giugno.

Malgrado ricerche continue sul terreno in prossimità degli stagni che ospitavano testuggini, nel corso della presente indagine non siamo stati in grado di localizzare siti di ovideposizione.

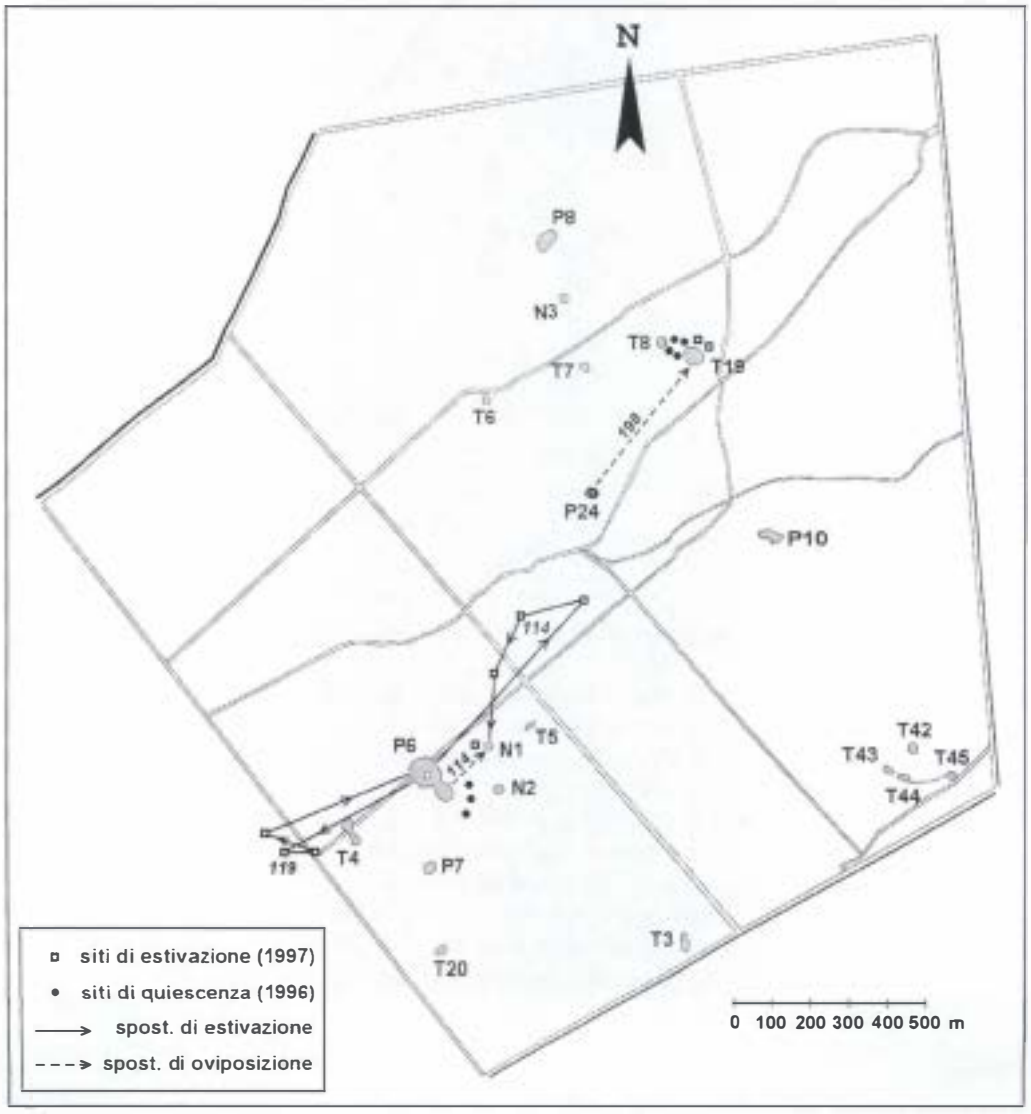


Figura 3 - Mappa dei siti di estivazione e quiescenza autunnale e percorsi effettuati da alcune testuggini verso i siti di estivazione e di ovideposizione.

DISCUSSIONE

Spostamenti fra stagni

Nel corso dei due anni di indagine, la maggior parte delle nostre testuggini sono rimaste legate al proprio stagno, pur abbandonandolo probabilmente per l'ovideposizione (le femmine) o per estivare (ambedue i sessi). Home-range (aree familiari) stabili per periodi di diversi anni sono riportati per diversi emididi (per es. KAUFMANN (1995) per *Clemmys insculpta*, Cagle (1944) per *Chrysemys picta belli*, OBBARD e BROOKS (1981) per *Chelydra serpentina*), inclusa una popolazione toscana di *E. orbicularis* (LEBBORONI & CHELAZZI, 1991). In alcuni emididi, ad esempio *Emidoidea blandingi*, solo le femmine abbandonano l'acqua - per deporre le uova (GIBBONS, 1967; MCAULIFFE, 1978), mentre in altri, ad esempio dei generi *Chrysemys*, *Pseudemys* e *Clemmys*, effettuano spostamenti sia i maschi che le femmine (per es., MCAULIFFE, 1978; BENNET et al., 1970; MACCULLOCH & SECOY, 1983; MORREALE et al., 1984; LOVICH & HERMAN, 1992). Questo è anche il caso della nostra popolazione, nella quale il 26.2% delle testuggini si sono spostate dagli stagni in cui erano state localizzate inizialmente ed ha utilizzato due o tre stagni. Questo valore è intermedio fra quelli riportati per altre popolazioni di altre specie che abitano sistemi di stagni analoghi: 40% per *Clemmys guttata*, secondo ERNST (1982); 30% per *Chrysemys cinera* e *C. picta*, secondo PEARSE (1923) e 15% per *Chrysemys picta*, secondo GIBBONS (1967). In alcune specie i maschi si spostano più spesso e compiono tragitti più lunghi delle femmine (LOVICH & HERMAN, 1992, per *Clemmys*; MacCulloch & SECOY, 1983, per *Chrysemys*; MORREALE et al., 1984, per *Pseudemys*), mentre in altre le frequenze con cui si spostano i due sessi, la lunghezza dei tragitti percorsi e le frequenze con cui si spostano gli individui più grandi e i più piccoli possono non presentare differenze significative (MCAULIFFE, 1978, per *Chrysemys*; BENNET et al., 1970, per *Pseudemys*). Nella frazione delle nostre testuggini che si è spostata maschi e femmine rappresentano proporzioni molto simili dei rispettivi campioni totali ed effettuano quantità di spostamenti proporzionalmente pure molto simili sia globalmente che sulle distanze di 200, 500 e oltre 500 m. Pertanto né il comportamento di migrare fra stagni né il migrare per certe distanze sembrano essere dipendenti dal sesso. Due terzi di tutti gli spostamenti sono stati effettuati entro la distanza di 200 m (il 90% entro 500 m) e il 10% fra 500 e quasi 1100 m, distanze che rappresentano la variazione di ampiezza degli home range delle testuggini palustri a Castelporziano. Gli spostamenti superiori a 500 m, che non appaiono occasionali (infatti sono stati effettuati da 4 maschi e 3 femmine - il 4.6% del campione totale e il 17.8 % del campione che si è spostato), sembrano sufficienti a mantenere un interscambio di individui almeno fra gli stagni della parte meridionale della tenuta (a sud del castello). Lo stagno della parte settentrionale nel quale è stata verificata la presenza della testuggine palustre (T10, strada di Santo Quercio) più prossimo allo stagno della parte meridionale pure abitato dalla testuggine (P18, piscina della Figurella), ne dista, in linea retta, quasi 3 Km, una distanza quasi tripla di quella massima coperta dalle nostre testuggini nel corso della presente ricerca. Non sappiamo, attualmente, se tale distanza rappresenti una barriera al rimescolamento degli individui che abitano gli stagni settentrionali con quelli che abitano gli stagni meridionali, ma questo è un problema per la cui soluzione sarebbero necessarie osservazioni protratte per tempi più lunghi di quelli impiegati per la presente indagine.

Secondo MCAULIFFE (1978) e GIBBONS (1967), gli spostamenti delle testuggini acquatiche sul terreno hanno luogo solo in periodi di pioggia, quando la formazione di ruscelli e pozzanghere ovvia alle difficoltà dell'abbandono dei corpi d'acqua maggiori. Per *E. orbicularis*, LEBBORONI e CHELAZZI (1991) registrano spostamenti infrequenti e pure limitati a periodi temporaleschi, anche se PRITCHARD (1979) afferma che questa specie trascorre sul terreno periodi di tempo più lunghi che gli altri emididi. Gli spostamenti delle nostre testuggini sul terreno che, con l'esclusione di febbraio, si sono verificati in tutti i mesi dell'anno, hanno avuto luogo sia in periodi di pioggia che in periodi asciutti e per oltre il 20% nei mesi estivi (Figura 1), testimoniando una buona resistenza di *E. orbicularis* all'attività terrestre.

La maggior parte degli spostamenti ha avuto luogo in concomitanza con i cambiamenti di stagione. In autunno diverse testuggini si sono spostate dagli stagni permanenti a quelli temporanei, dove hanno trascorso l'inverno, e tra la fine della primavera e l'inizio dell'estate, quando il livello dell'acqua negli stagni temporanei si è abbassato fino a prosciugarsi, sono ritornate agli stagni permanenti. Questa migrazione probabilmente ha luogo con regolarità tutti gli anni in seguito alle piogge autunnali, che riempiono gli stagni temporanei, e al prosciugamento tardo-primaverile o primo-estivo dei medesimi. Diverse testuggini hanno ibernato nell'acqua degli stagni temporanei. L'ibernazione e la nutrizione primaverile in stagni temporanei sono state anche osservate in emididi americani (MCAULIFFE, 1978, per *Chrysemys picta bellii*; CAGLE, 1944 e GRAHAM, 1995, per *Clemmys guttata*; SERVAN, 1987, per *Emys orbicularis* - in Francia). Per la testuggine palustre, trascorrere l'inverno negli stagni temporanei è

probabilmente vantaggioso almeno per i seguenti motivi: (a) gli stagni temporanei sono generalmente meno profondi dei permanenti e quindi le loro acque si scaldano più velocemente in primavera, consentendo un più rapido risveglio delle testuggini dopo l'inverno e una più veloce ripresa dell'attività; (b) la temperatura relativamente alta di questi stagni favorisce la crescita di piante acquatiche e il proliferare di crostacei, insetti e anfibi (girini), che costituiscono gran parte del cibo delle testuggini acquatiche (PEARSE, 1923; CAGLE, 1944; GRAHAM, 1995; MCAULIFFE, 1978); e (c) con la dispersione della popolazione in un numero di stagni maggiore, la competizione per il cibo ed eventualmente per lo spazio può essere limitata. D'altra parte gli stagni permanenti rappresentano per le testuggini un rifugio estivo, ancora in grado di fornire loro alimento quando l'acqua degli stagni temporanei, prossimi al prosciugamento, acquista temperature così elevate da essere incompatibili con la maggior parte delle forme di vita che costituiscono il cibo delle testuggini e con la termoregolazione delle testuggini stesse. Negli stagni permanenti, inoltre, in conseguenza dell'aumento di densità delle testuggini dovuto alle immigrazioni, l'incontro dei sessi è facilitato. E' di rilievo che in molte testuggini acquatiche la massima frequenza degli spostamenti si registra nei mesi primaverili, preliminarmente all'attività riproduttiva (BURY, 1979; CAGLE, 1944; MORREALE et al., 1984; questo articolo, Figura 1). E' possibile tuttavia che la migrazione periodica fra stagni permanenti e temporanei (e viceversa) sia un comportamento recente, nella popolazione di Castelporziano, perché gli stagni temporanei rappresentano uno stadio di invecchiamento degli stagni permanenti e non è da escludere che decine o centinaia di anni fa non avesse luogo o fosse manifestata da un minor numero di individui. Questo potrebbe valere anche al presente, in periodi molto piovosi.

Gli spostamenti di individui verificatisi in estate, che hanno avuto luogo fra stagni permanenti, hanno probabilmente un significato analogo. Potrebbero infatti rappresentare la ricerca di condizioni di habitat più favorevoli, nell'eventualità in cui uno stagno venga abbandonato a causa dell'aumento di competizione fra le testuggini affollate in stagni di dimensioni ridotte o dell'eccessivo riscaldamento dell'acqua. In questo senso, gli spostamenti estivi tra stagni allagati potrebbero rappresentare un'alternativa all'estivazione (vedi poi). Gli spostamenti invernali sono di più difficile interpretazione, ma è evidente che le testuggini coinvolte sono state meno influenzate dalle basse temperature dell'inverno ed è possibile che abbiano migrato in cerca di alimento.

E' di qualche interesse che le testuggini (sia i maschi che le femmine) che hanno effettuato spostamenti fra stagni siano di dimensioni e peso superiori rispetto a quelle che non si sono spostate. Anche se queste differenze sono statisticamente significative solo per le femmine, la maggiore capacità di, o propensione a, spostarsi degli individui più grandi suggerisce sia che essi siano più resistenti al digiuno e alla disidratazione che il viaggio sulla terraferma comporta, sia che possano avere una migliore conoscenza topografica dell'area circostante. Questa conoscenza potrebbe essere correlata alla maggiore età delle testuggini che si spostano, le cui dimensioni corporee, come è regola generale per i vertebrati ectotermi, sono correlate all'età.

Alcune testuggini che si spostano fra stagni allagati mantengono direzioni piuttosto costanti (per es. BENNET et al., 1970, per *Terrapene carolina*; CAGLE, 1944, per *Chrysemys picta*), suggerendo una buona capacità di orientamento almeno all'interno dei loro home range. Noi non abbiamo evidenza diretta di questo, ma la costanza con cui le nostre testuggini hanno mantenuto un legame con i loro stagni, spostandosi talvolta ripetutamente fra l'uno e l'altro, suggerisce che buone capacità di orientamento siano proprie anche di *E. orbicularis*. In caso contrario le testuggini avrebbero probabilmente visitato un numero di stagni maggiore.

Estivazione

Come è noto, in periodo estivo le regioni tirreniche centrali e meridionali sono caratterizzate da elevate temperature associate a scarse precipitazioni, condizioni in cui molti ectotermi terrestri sono indotti a estivare. L'estivazione, per altro, si manifesta come fenomeno opportunistico, cioè non è obbligata (PARKER, 1969) e poiché comporta per le testuggini un lungo periodo di digiuno e di relativa disidratazione nonché una maggiore esposizione ai predatori (MCAULIFFE, 1978), è possibile che le testuggini tendano a evitarla. Infatti, secondo CAGLE (1944), *Chrysemys picta bellii* mostra una certa riluttanza a spostarsi durante la stagione arida e le testuggini che occupano stagni permanenti tendono ad estivare meno frequentemente di quelle che occupano stagni temporanei. Questo è probabilmente valido anche per *E. orbicularis*, le cui popolazioni degli stagni permanenti P7 e P10, pur nell'estate del 1997, che è stata caratterizzata da particolare aridità, hanno conservato una sostanziale stabilità numerica (Tabella III), mentre la popolazione dello stagno P6, che all'inizio di settembre si era prosciugato quasi completamente, si è ridotta drasticamente.

Se da un lato le testuggini estivanti sono state trovate essenzialmente grazie alle radiotrasmittenti, la diminuzione della popolazione dello stagno P6 fra luglio e settembre e l'assenza dall'acqua di 89 delle testuggini in periodo di estivazione suggeriscono che abbia effettivamente estivato il 51.7% del campione totale, frazione che potrebbe essere perfino maggiore se si considera che alcune delle testuggini attive potrebbero essere state registrate in acqua subito prima di entrare in estivazione e subito dopo averla terminata, nell'eventualità che la durata della loro estivazione sia stata più breve del periodo in cui abbiamo appurato la presenza/assenza delle testuggini in acqua. Di questa frazione, la componente maschile è statisticamente più numerosa di quella femminile. Poiché la temperatura interna delle testuggini in estivazione era significativamente più bassa di quella delle testuggini attive nello stesso periodo, indicando che le prime avevano ridotto il metabolismo e, con esso, il consumo delle riserve alimentari e idriche, è probabile che i maschi abbiano risentito maggiormente dello stress ambientale, forse per via delle loro dimensioni minori (cf. RAVAGLI, 1996; UTZERI et al., 1996).
Mentre 10 delle 12 testuggini hanno scelto per estivare un sito in prossimità dello stagno da cui provenivano, le 2 rimanenti, che abitavano lo stagno P6, asciutto alla fine dell'estate 1997, hanno estivato in siti distanti dal loro stagno rispettivamente fino a 640 e 440 m. E' probabile che almeno una di queste testuggini (114) abbia tentato di raggiungere lo stagno P10 (percorso compiuto con successo da altre testuggini) e che sia stata indotta a estivare dall'esaurimento delle riserve idriche durante il tragitto. Questo suggerisce che, per quanto attiene all'estivazione, le testuggini possano adottare due comportamenti: o attendere il prosciugamento del loro stagno ed estivare in prossimità delle sue rive, oppure abbandonare lo stagno in via di prosciugamento per recarsi presso uno stagno ancora allagato. Questo suggerisce che le testuggini abbiano qualche memoria del regime idrico degli stagni che sono compresi nei loro home range. Distanze di estivazione dagli stagni comprese fra 30 e oltre 600 m sono riportate anche da NAULLEAU (1992) per popolazioni francesi di *E. orbicularis*. Secondo CAGLE (1944) gli spostamenti effettuati da *Chrysemys picta bellii* in periodo di aridità, che appaiono assai poco direzionali, potrebbero avere un'importante funzione di dispersione, portando le testuggini alla colonizzazione di nuovi stagni. A Castelporziano, mentre tutti o quasi tutti gli stagni sono di fatto colonizzati, almeno in primavera, non c'è dubbio che gli spostamenti fra stagni diversi abbiano un ruolo importante nel rimescolamento della popolazione.
L'estivazione della testuggine palustre a Castelporziano è di un certo interesse, dato che fino ad oggi non si avevano notizie sull'estivazione di *E. orbicularis* in Italia.
E' anche interessante il periodo di quiescenza autunnale a cui sono andate incontro alcune testuggini nel 1996. Questa quiescenza non sembra riferibile a una vera e propria estivazione, dato che l'estivazione è connessa con l'aridità del clima, mentre l'autunno del 1996 è stato relativamente piovoso e intorno alle testuggini quiescenti il terreno era molto umido e ricco di acqua stagnante. Inoltre le testuggini quiescenti hanno trascorso in tale stato periodi di durata globalmente inferiore rispetto a quelle più propriamente estivate - anche se paragonabili fra alcuni individui dei due campioni. E' possibile che la quiescenza autunnale sia stata una risposta ritardata alle condizioni di aridità immediatamente precedenti, ma non ci sono noti fenomeni analoghi in altre testuggini.

Ovideposizione
Di particolare interesse, anche se nella nostra indagine documentati solo per due femmine dotate di radiotrasmittente, sono gli spostamenti effettuati dalle testuggini in procinto di ovideporre. Infatti una delle femmine (198) si è allontanata di oltre 450 m dallo stagno permanente in cui ha maturato le uova, si è recata a ovideporre presso uno stagno temporaneo quasi asciutto e poi ha fatto ritorno al primo stagno. Uno schema simile ha seguito anche l'altra femmina (114), salvo che lo stagno temporaneo presso cui ha deposto le uova dista da quello di provenienza meno di 200 m. Il fatto che non abbiamo mai reperito siti di ovideposizione suggerisce che a Cstelporziano l'ovideposizione a distanze piuttosto elevate dagli stagni nei quali le femmine maturano le uova possa essere un evento regolare. I motivi della scelta di uno stagno temporaneo per la deposizione delle uova non sono del tutto chiari. Forse alcune testuggini d'acqua dolce ritornano, come le testuggini marine, al luogo in cui sono nate (LOHMANN, 1992; LOHMANN & LOHMANN, 1996; PAPI et al., 1995; 1996) e le nostre testuggini adulte, che potrebbero avere alcune decine di anni di età, potrebbero conservare la memoria di stagni ora temporanei ma un tempo allagati anche d'estate. Oppure le testuggini cercano siti con caratteristiche di compattezza e umidità ottimali per lo scavo dei nidi e lo sviluppo delle uova - che tuttavia non abbiamo individuato. LANKA & VIT (1986) riportano che *E. orbicularis* utilizza terreni di natura sabbiosa, in cui può facilmente scavare i nidi, ma a Castelporziano il terreno che circonda gli stagni appare in genere assai compatto. Certamente è vantaggioso, per una femmina riproduttiva, stazionare in uno stagno permanente, dove la produzione di

uova è favorita dall'abbondanza di alimento, ma potrebbe essere altrettanto vantaggioso pagare i costi di una migrazione sul terreno asciutto, rappresentati dal digiuno e dai rischi della disidratazione e della predazione, per ovideporre in siti che garantiscano un più elevato tasso di sopravvivenza alle testuggini neonate. Nel periodo delle schiuse, che a Castelporziano è probabilmente il medesimo che in Toscana (fra la metà di luglio e la metà di settembre [M. Zuffi, com. pers.]), quando gli stagni temporanei sono di norma asciutti, le giovani testuggini non troveranno probabilmente né acqua né alimento e dovranno sopravvivere a spese dei residui del tuorlo, che alla schiusa sono ancora di una certa consistenza (tra l'altro, sono noti casi di superamento dell'inverno, da parte dei giovani nati, dentro il nido, da cui emergeranno nella primavera seguente [SERVAN, 1983]); ma allo stesso tempo uova e giovani saranno soggetti a minore predazione, dato che nella stagione secca tutti gli animali potenziali distruttori o predatori delle uova di *E. orbicularis* (uccelli e mammiferi) frequentano piuttosto gli stagni permanenti, dove si abbeverano e, alcuni, si alimentano. I giovani, inoltre, improbabilmente torneranno allo stagno da cui proveniva la madre e vagheranno senza direzione costante disperdendosi, i sopravvissuti, fra diversi corpi d'acqua e contribuendo al rimescolamento della popolazione. Al momento non sappiamo con quale frequenza le femmine della popolazione di Castelporziano adottino siti di ovideposizione molto lontani dagli stagni allagati, ma una vera e propria migrazione riproduttiva fra stagni distanti 150-600 m è riportata per una popolazione di *E. orbicularis* dell'alto Lazio (Monte Rufeno) da ROVERO e CHELAZZI (1996).

ZUFFI & ODETTI (1998) riportano, per popolazioni della Toscana, una percentuale di femmine riproduttive del 70% e la possibilità, per alcune di esse (15%), di deporre due ovature nella stessa stagione. La percentuale di femmine riproduttive del nostro campione (39.4%), nettamente più bassa che nel campione toscano, potrebbe essere correlata alla scarsità globale di acqua e alla instabilità generalizzata degli stagni (anche quelli permanenti subiscono drammatiche variazioni di livello e talvolta si prosciugano), che verosimilmente comporta una scarsa disponibilità di alimenti, ecc.. Questo suggerisce che solo alcune delle femmine della nostra popolazione siano in grado di riprodursi annualmente e che il potenziale riproduttivo dell'intera popolazione, almeno nel periodo presente, sia grandemente ridotto. Tuttavia una femmina si è riprodotta in due anni consecutivi e altre due hanno apparentemente maturato due ovature nel corso della stessa stagione, palesando capacità individuali di accedere a maggiori quantità di alimenti. In questo contesto non sfugge all'osservazione che, fatta salva l'esiguità dei nostri campioni, la proporzione di femmine che ha ovideposto due volte nella stessa stagione è la medesima che nelle popolazioni toscane (15%).

Alla luce di quanto sopra evidenziato, la biologia e l'ecologia riproduttive della popolazione di *E. orbicularis* di Castelporziano meritano di essere indagate ulteriormente e in modo approfondito.

CONCLUSIONI

La popolazione di testuggine palustre di Castelporziano potrebbe essere divisa in due popolazioni, all'interno di ciascuna delle quali il rimescolamento di individui sembra garantito dagli spostamenti di individui fra stagni diversi e distanti fra loro fino a oltre 1 Km e dalla deposizione di uova in siti assai distanti dagli stagni materni. Gli stessi spostamenti, che annualmente riguardano una parte consistente della popolazione, avvengono in gran parte fra stagni permanenti e temporanei, suggerendo che sia lo spazio dei primi sia le risorse in essi contenute non sono sufficienti all'intera popolazione. Questa difficoltà ambientale, probabilmente correlata all'attuale periodo di aridità climatica, si riflette anche nell'elevato numero di individui che annualmente vanno incontro a estivazione e nella percentuale relativamente bassa di femmine apparentemente in grado di riprodursi annualmente, anche se gli aspetti demografici della riproduzione attendono di essere indagati approfonditamente. Pertanto, nell'ottica del monitoraggio globale della tenuta, la popolazione di testuggine palustre meriterebbe un'attenta considerazione e un controllo costante nell'immediato futuro.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano esprimere la loro gratitudine al Dr. Alessandro Demichelis, Direttore della tenuta di Castelporziano e a tutto il personale di gestione della medesima per le facilitazioni operative ottenute durante lo svolgimento dei lavori sul campo. Un ringraziamento viene anche rivolto a Maria Ravagli, Agnese Rossi e Sabrina Rossi per informazioni utili alla stesura della presente relazione, raccolte durante lo svolgimento delle loro tesi di laurea. Esprimiamo particolare riconoscenza a Carlo Belfiore per il valido sostegno con il software.

BIBLIOGRAFIA

[1] BAILEY, N.T.J., 1951. On estimating the size of mobile populations from recapture data. Biometrika 38: 293-305.

[2] BAILEY, N.T.J., 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. J. Animal Ecol. 21: 120-127.

[3] BENNETT, D.H., W. GIBBONS & J.C. FRANSON 1970. Terrestrial Activity in Aquatic Turtles. Ecology 51(4): 738-740.

[4] BURY, R.B., 1979. Population ecology of freshwater turtles. In: M. Harless & H. Morlock (ed.s), Turtles: perspectives and research, Wiley, N.Y., pp. 571-602.

[5] CAGLE, F.R., 1944. Home range, homing behavior, and migration in Turtles. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich. 61: 5-34.

[6] ERNST, C.H., 1982. Environmental temperatures and activities in wild Spotted Turtles, *Clemmys guttata*. J. Herpetol. 16(2): 112-120.

[7] GIBBONS, J.W., 1967. Reproductive potential, activity, and cycles in the Painted Turtle, *Chrysemys picta*. Ecology 49(3): 399-409.

[8] GIBBONS, J.W., 1968. Observations on the ecology and population dynamics of the Blanding's turtle, *Emidoidea blandingi*. Can. J. Zool. 46: 288-290.

[9] GIBBONS, J.W., 1970. Terrestrial activity and the population dynamics of aquatic turtles. Am.Midl.Nat 83: 404-414.

[10] GRAHAM, T.E., 1995. Habitat use and population parameters of the spotted turtle *Clemmys guttata*, a species of special concern in Massachussetts. Chelonian Conservation and Biology 1(3): 207-214.

[11] KAUFMANN, J.H., 1995. Home range and movements of Wood Turtles, *Clemmys insculpta*, in Central Pennsylvania. Copeia 1995 (1): 22-27.

[12] LANKA, V. & Z. VIT, 1986.Testuggine d'acqua. In: Rettili e Anfibi. De Agostini, pp: 78-79.

[13] LEBBORONI, M. & G. CHELAZZI, 1991. Activity patterns of *Emys orbicularis* L. (Chelonia Emydidae) in central Italy. Ethology Ecology & Evolution 3: 257-268.

[14] LOHMANN, K.J., 1992. La navigazione delle tartarughe marine. Le Scienze n° 283: 78-84.

[15] LOHMANN, K.J. & C.M.F. LOHMANN, 1996. Detection of magnetic field intensity by sea turtles. Nature 380: 59-61.

[16] LOVICH, J.E. & D.W. HERMAN, 1992. Seasonal activity and movements of Bog Turtles (*Clemmys muhlenbergii*) in North Carolina. Copeia 1992(4): 1107-1111.

[17] MACCULLOCH, R.D. & D.M. SECOY, 1983. Movement in a river population of *Crysemys picta belli* in southern Saskatchewan. J. Herpetol. 17(3): 283-285.

[18] MCAULIFFE, J.R., 1978. Seasonal migrational movements of a population of the western painted turtle, *Chrysemis picta belli* (Reptilia, Testudines, Emydidae). J. Herpetol 12(2): 143-149.

[19] MORREALE, S.J., J.W. GIBBONS & J.D. CONGDON, 1984. Significance of activity and movement in the yellow-bellied slider turtle (*Pseudemys scripta*). Can. J. Zool. 62: 1038-1042.

[20] NAULLEAU, G., 1992. Study of terrestrial activity and aestivation in *Emys orbicularis* (Reptilia: Chelonia) using telemetry. Proc. 6th. Ord. Gen. Meet. S.E.H., Budapest, pp. 343-346.

[21] OBBARD, M.E. et R.J. BROOKS, 1981. A radiotelemetry and mark-recapture study of activity in the common snapping turtle. Copeia 1981(3): 630-637.

[22] PAPI, F., H.C. LIEW, P. LUSCHI & E.H. CHAN, 1995. Long-range migratory travel of a green turtle tracked by satellite: evidence for navigational ability in the open sea. Marine Biology 122: 171-175.

[23] PAPI, F., H.C. LIEW, P. LUSCHI , E.H. CHAN & F. BONADONNA, 1996. Long-distance migration and homing after displacement in the green turtle (*Chelonia mydas*): a satellite tracking study. J. Comp. Physiol. 178:147-452.

[24] PARKER, H.W., 1969. The life of Anphibians. Weidenfeld & Nicolson, London.

[25] PEARSE, A.S., 1923. The abundance and migration of Turtles. Ecology 4(3): 24-28.

[26] PERILLO, K.M., 1997. Seasonal movements and habitat preferences of Spotted Turtles (*Clemmys guttata*) in north central Connecticut. Linnaeus Fund Research Report. Chelonian Conservation and Biology 2(3): 445-447.

[27] PRITCHARD, P., 1979. Encyclopedia of turtles. T.F.H. Publications, Neptune, N.J..

[28] RAVAGLI, M., 1996. Analisi demografica e morfometrica di una popolazione di *Emys orbicularis* (Linneo, 1758) in Italia centrale. Tesi di laurea, Univ. Di Roma "La Sapienza", anno acc. 1995-1996, 52 pp..

[29] ROVERO, F. & G. CHELAZZI, 1996. Nesting migrations in a population of the European pond turtle *Emys orbicularis* (L.) (Chelonia Emydidae) from central Italy. Ethology Ecology & Evolution 8: 297-304.

[30] SERVAN, J., 1983. Émergence printanière de jeunes cistudes en Brenne. Bull. Soc. Herp. Fr. 28: 35-37.

[31] SERVAN, J., 1987. Use of radiotelemetry in an ecological study of *Emys orbicularis* in France. Proc. 4th Ord. Gen. Meet. S.E.H., Nijmegen, pp. 357-361.

[32] UTZERI, C., M. RAVAGLI & S. ROSSI, 1996. La popolazione di testuggine palustre *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) della tenuta presidenziale di Castel Porziano (Roma). I: microdistribuzione, stima e aspetti demografici. *Relaz. 3° Seminario "Progetto di Monitoraggio ambientale della tenuta presidenziale di Castel Porziano"*, 11 pp..

[33] ZUFFI, M.A.L. & F. ODETTI, 1998. Double egg-deposition in the European pond turtle, *Emys orbicularis,* from central Italy. Ital. J. Zool. 65: 187-189.

GRUPPO DI LAVORO	**FAUNA**
TITOLO DELLA RICERCA	Il Popolamento di Odonati
RESPONSABILE	Prof. G. Carchini
UNITA' OPERATIVA	Università "Tor Vergata" - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	M. Di Domenico, C. Tanzilli, T. Pacione

INTRODUZIONE

Il monitoraggio nel tempo dello stato di conservazione di popolazioni animali è un argomento interessante tanto di per sé, che come indicatore biologico dello stato generale dell'ambiente in cui esse vivono. In tale ambito si colloca la presente ricerca, volta allo studio delle popolazioni di Odonati all'interno della Tenuta di Castelporziano. La ricerca ha avuto inizio nella primavera del 1997 ed ha avuto termine nell'autunno del 1999.
Le piscine di Castelporziano rappresentano una grande ricchezza sia di forme vegetali che animali. Gli Odonati rivestono un importante ruolo nell'aumentare la diversità di questo particolare sistema umido. Il loro ciclo vitale è interamente legato all'acqua. Comprende infatti una fase larvale conducente vita limnica e una fase di immagine aericola, legata comunque all'ambiente acquatico sia per l'accoppiamento che per la deposizione delle uova. Dopo avere abbandonato l'ultima esuvia e dopo un periodo più o meno lungo di maturazione sessuale, gli adulti si concentrano presso uno specchio d'acqua. I singoli individui sono in grado, essendo ottimi volatori, di coprire grandi distanze. Per quanto riguarda la Tenuta questo significa che, durante il periodo riproduttivo, sarebbero in grado di spostarsi da una piscina all'altra, rendendo problematica la definizione delle singole popolazioni.
Nella Tenuta di Castelporziano gli Odonati sono stati studiati sin dalla metà degli anni '60 e una lista faunistica è già stata pubblicata (Utzeri et al., 1977). L'attuale ricerca si è in particolare prefissa i seguenti scopi:

1) Analizzare la composizione complessiva della fauna ad Odonati della Tenuta e stilare una nuova lista, da confrontare con la precedente.
2) Analizzare la fauna delle singole piscine, non fatta (o solo in parte) negli anni passati; tale analisi potrebbe consentire un eventuale confronto tra lista di specie per piscina e le altre caratteristiche biotiche e abiotiche della stessa.
3) Valutare la frequenza e l'entità degli spostamenti dei singoli individui da un sito di riproduzione all'altro, tramite marcaggio di singoli individui delle diverse specie.

Nel 1997 e nel 1998 tutti e tre i punti sono stati affrontati (vedi precedenti relazioni). Nel 1999 si è voluto completare lo studio iniziato nelle precedenti due stagioni concentrando i nostri sforzi sulla sola attività di marcaggio. Come negli anni precedenti, sono stati effettuati marcaggi differenziati per osservare gli spostamenti di individui adulti da una piscina all'altra. Si è utilizzato però un approccio leggermente diverso: concentrare in un unico sito l'attività di marcaggio; l'attività di osservazione è stata invece mantenuta invariata, rispetto ai precedenti anni, a tutti i siti.

PARTE SPERIMENTALE RELATIVA ALLA STAGIONE RIPRODUTTIVA DEL 1999

Metodi e siti di studio

I singoli individui venivano catturati con un retino entomologico e quindi veniva loro apposta una macchia di vernice acrilica. Negli Zigotteri la macchia era disposta sulla superficie inferiore dell'ala posteriore sinistra così da evitare il rischio di adesione durante il volo. Negli Anisotteri la macchia era disposta sulla superficie inferiore dell'ala posteriore destra ed inoltre un numero progressivo era disegnato sulla superficie inferiore dell'ala posteriore sinistra. Gli individui marcati venivano immediatamente rilasciati. Per le operazioni di marcaggio sono state scelte tre piscine, ciascuna in un periodo diverso, a seconda delle specie in esame. Le piscine sono state scelte preferendo quelle con un alto numero di specie, abbondanza di individui e facilità di osservazione (piccole dimensioni e praticabilità).

La T1- dei Monti del Pero è stata osservata nel periodo che va da Aprile ad Agosto. Sono stati effettuati marcaggi su *Libellula depressa* ,*Crocothemis erythraea, Anax imperator* e *Orthetrum cancellatum* (per gli Anisotteri); *Cercion lindeni, Coenagrion scitulum, C. puella* e *Ischnura elegans* (per gli Zigotteri).
La P9- Presidente è sta osservata nel mese di Luglio. Sono stati effettuati marcaggi su *O. cancellatum*, molto abbondante in questa piscina.
La P1- Ponte Guidone è stata osservata nei mesi da Settembre a Novembre e i marcaggi sono stati effettuati su *Lestes barbarus*, *L. virens*, *Chalcolestes parvidens* e *C. viridis*.
Le operazioni di marcaggio venivano effettuate ogni sette giorni.
Con la stessa cadenza venivano effettuati i giri di controllo in altre tredici piscine distribuite uniformemente nella Tenuta per tutta la durata della stagione riproduttiva (da Aprile a Novembre).
Durante le operazioni di osservazione venivano registrati gli individui marcati. Per evitare una sovrastima del numero di Zigotteri (ai quali non era stato assegnato un numero progressivo) gli individui venivano ricatturati e tenuti all'interno di una gabbietta fino al termine dell'osservazione.
Nella Tab. 1 sono riportate le piscine in cui si è effettuata solo attività di osservazione, e non di marcaggio, per tutta la stagione riproduttiva.

RISULTATI

I risultati delle operazioni di marcaggio e di osservazione di individui marcati sono esposti nella Tab.2. Da essa si nota, in generale, che le percentuali di individui rivisti sembrano maggiori per gli Zigotteri nonostante una maggiore visibilità degli Anisotteri che sono di dimensioni notevolmente maggiori e niente affatto mimetici. Per la maggior parte delle specie indagate, gli individui sono stati rivisti solo nella stessa piscina in cui sono stati marcati. Ciò è vero per tutte le specie di Zigotteri, sia Coenagrionidae (*Ischnura elegans, Cercion lindeni, Coenagrion puella, Coenagrion scitulum*) che Lestidae (*Chalcolestes sp, Lestes barbarus, Lestes virens*). Ricordiamo però che nella sperimentazione dell'anno precedente, alcuni individui di Coenagronidae furono osservati in pozze diverse da quella di marcaggio.
Al contrario, negli Anisotteri (in realtà tutte le specie indagate appartengono alla famiglia Libellulidae, eccetto *Anax imperator*, un Aeshnidae) la situazione è più variata. Per le tre specie *Orthetrum brunneum, Sympetrum striolatum* e *Anax imperator* nessun individuo marcato fu osservato in seguito, ma il piccolo numero di marcati (rispettivamente 1, 4 e 5) non consente di trarre alcuna conclusione sul comportamento delle specie. *Orthetrum cancellatum* fu invece ritrovato esclusivamente nelle pozze di marcaggio, con la stessa percentuale nelle due pozze. Le rimanenti due specie *Libellula depressa* e *Crocothemis erythraea* sono state invece osservate anche in piscine diverse da quelle di marcaggio, ma con percentuali molto più basse che nelle piscine di marcaggio. Dalle tabelle 3 e 4 si nota inoltre che la quasi totalità degli individui osservati al di fuori della piscina di marcaggio erano individui marcati alla T1 – Monti del Pero e rivisti alla P5 – Monti del Pero, due piscine distanti solo circa 50 metri; un solo individuo di *C. erythraea* fu invece osservato nella piscina P9 - Presidente distante 1,8 km dal sito di marcaggio.
Poiché gli Anisotteri venivano marcati individualmente, dalle osservazioni è possibile estrarre informazioni anche su altri aspetti della biologia delle specie, almeno di quelle che sono state riviste dopo la cattura, in particolare sulla durata del periodo riproduttivo. Essendo impossibile stimare l'età degli individui al momento del marcaggio, essi costituivano un campione casuale, e il periodo riproduttivo può essere valutato prendendo in considerazione il tempo massimo intercorso fra il marcaggio e l'ultima osservazione: esso risulta, per l'anno 1999, di 31 giorni per *Libellula depressa* e 40 giorni per *Crocothemis erythraea*. Per *Orthetrum cancellatum* gli individui marcati alla piscina P 9 – Presidente non sono stati seguiti adeguatamente a causa della proibizione di ingresso nella tenuta per il mese di Agosto. L'unico altro individuo di questa specie fu ritrovato dopo 49 giorni.
Inoltre, gli individui non appaiono costantemente presenti alle pozze durante il loro periodo riproduttivo, infatti la frequenza degli avvistamenti per lo stesso individuo ha moda 1 e range molto ridotto, come evidenziato dalle figure 1, 2 che riguardano rispettivamente *L. depressa* e *C. erythraea*. Nel caso delle femmine, sicuramente vengono alternati momenti di attività riproduttiva all'acqua con periodi più o meno lunghi di assenza dalle pozze dedicati alla alimentazione e alla maturazione di successivi stocks di uova. Per i maschi, viene generalmente ammesso che gli individui non abbiano bisogno di questi periodi di sosta nell'attività riproduttiva, com'è confermato dalla loro predominanza numerica al momento della riproduzione in confronto ad un rapporto sessi 1:1 alla nascita. Tuttavia bisogna ricordare che queste specie sono territoriali, e che quindi il tempo di permanenza sull'acqua dipende dal successo negli scontri intraspecifici. Quindi un individuo potrebbe trascorrere gran parte de suo periodo riproduttivo tentando

di guadagnarsi un posto sull'acqua, riuscendovi in un numero limitato di volte, cosicché la sua visibilità (e quindi osservabilità) potrebbe esserne grandemente ridotta.

CONCLUSIONI

Vengono qui sommariamente commentati sia i risultati dell'anno 1999 che quelli degli anni precedenti, già riportati nelle precedenti relazioni.

1) Analisi qualitativa del popolamento ad Odonati.

La lista di specie compilata nei tre anni del nostro lavoro risulta essere diversa da quella riportata nei lavori precedenti (Utzeri et al, 1977) e da quella risultante dalla analisi della collezione del Museo del Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo dell'Università La Sapienza di Roma), in quanto alcune specie da noi rinvenute non erano state rilevate in passato, mentre altre risultano attualmente scomparse (vedi Tab. 5). In dettaglio:

Nuove specie osservate:

Sympecma fusca. 03.06.1998, circa 60 individui neosfarfallati, 05.06.1998 32 individui neosfarfallati, Tor Paterno; 11.06.1998, circa 20 esuvie, Spagnoletta di sotto; 09.06.1998, circa 150 esuvie, Ponte Guidone; 09.06.1998, circa 150 esuvie, dei Cioccati. Questa specie è caratterizzata da un'ecologia molto particolare, in quanto, insieme alla congenere *S. paedisca*, sverna come adulto, caso unico negli Odonati europei. Gli adulti infatti si riproducono all'inizio della primavera, e le larve, che completano lo sviluppo in circa tre mesi, sfarfallano all'inizio dell'estate. Gli adulti, però, si allontanano presto dall'acqua, per ritornarvi solo nella primavera successiva, e trascorrono gran parte della loro vita molto lontano dai siti riproduttivi. Il numero molto elevato di individui trovati nell'anno 1998 è sorprendente se si considera che la specie è comune ma poco abbondante, e che inoltre non era stata mai osservata a Castelporziano: è possibile che in quell'anno si sia verificato un boom demografico della specie. Inoltre, il suo particolare ciclo riproduttivo rende piuttosto difficile l'osservazione degli individui adulti, che si disperdono per un periodo molto lungo. Questi due fattori insieme possono spiegare i nostri dati.

Coenagrion pulchellum. L'osservazione sporadica e limitata a due sole stagioni di individui maschi non ci consente di stabilire se esistono effettivamente una o più popolazioni che si riproducono a Castelporziano, o se le osservazioni hanno riguardato individui erratici provenienti da siti riproduttivi diversi.

Sympetrum depressiusculum. 11.VII.1997. L'osservazione di questa specie è limitata ad alcuni individui nell'anno 1997, alla piscina T22 Selciatella. Gli individui osservati erano in attività riproduttiva, ma questo dato non si è ripetuto negli anni successivi. Le abitudini migratorie di questa specie possono spiegare la limitatezza delle osservazioni.

Ceriagrion tenellum. 28.V.1997, un individuo, Sorgente Romana; 03.VI.1998, un individuo, 03.VI.1998, due individui neosfarfallati, 16.VII.1998, 4 individui, Tor Paterno. Questa specie era stata osservata da Utzeri et al., 1977, ma considerata accidentale. La nostra osservazione di diversi individui di cui alcuni neosfarfallati indica invece che esiste una piccola popolazione riproducentesi nella Tenuta. Questa specie sembra preferire le acque debolmente correnti dei canali e dei piccoli ruscelli (citazione). In effetti le nostre osservazioni riguardano un piccolo canale (Sorgente Romana), e la zona di Tor Paterno dove è anche presente un minuscolo canale che collega le due parti del lago.

Specie citate in passato e non ritrovate dalle nostre osservazioni:

Calopteryx virgo. Citato solo da Castellani (1936). Specie nettamente reofila, la cui presenza è sicuramente accidentale in biotopi stagnanti.

Lestes dryas. Citata solo da Castellani (1950). Specie infrequente in biotopi a bassa quota in Italia centro-meridionale.

Ischnura pumilio. Un solo esemplare raccolto da Utzeri e citato in Utzeri et al., (1977).

Aeshna cyanea. La specie, non osservata da noi nei tre anni di attività, era comunque considerata sporadica e rara da Utzeri et al., (1977).

Libellula quadrimaculata. Specie più diffusa in quota che a livello del mare, è stata osservata una sola volta da Utzeri et al., (1977).

Platycnemis pennipes. Un solo individuo raccolto negli anni 77-96. Necessita di acque ossigenate; si può trovare quindi sia in acque lotiche sia lentiche, ma in questo caso di alta quota.

Nel complesso, quindi, le specie da noi non ritrovate appaiono tutte per qualche motivo estranee al contingente atteso in un ambiente come quello di Castelporziano, e non vediamo motivo di aggiungerle come probabili alla lista da noi ottenuta. Delle 31 specie da noi riscontrate, alcune possono essere considerate occasionali:

Calopteryx haemorrhoidalis. 10.X.1997, un individuo, T22 Selciatella. La presenza di questa specie, nettamente reofila, è da considerarsi occasionale e non riproducentesi nella Tenuta. Questo dato conferma comunque le precedenti osservazioni di Utzeri et al., 1977.

Calopteryx splendens. 24.VI.1999, un individuo, P5 Monti del pero. Per questa specie valgono le stesse considerazioni fatte per *Calopteryx haemorrhoidalis*.

Brachytron pratense. 16.IV.1998, un individuo, Valle dell'Oro. La nostra unica osservazione di questa specie conferma i dati precedenti (Utzeri et al., 1977), secondo cui *Brachytron pratense* è specie rara a Castelporziano.

Anaciaeshna isosceles. 17.VI.1999, un individuo, P1 Ponte Guidone. Confermate le precedenti osservazioni (un solo individuo catturato a Vetrica l'11.VII.1977, presente nella collezione del Museo del Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo dell'Università La Sapienza di Roma).

Nel complesso, la fauna ad Odonati di Castelporziano appare qualitativamente poco modificata negli ultimi trenta anni. I cambiamenti osservati riguardano essenzialmente specie per qualche motivo occasionali, e per le altre specie (*S. fusca, S. depressiusculum*) appaiono più legati alla normale dinamica del popolamento che all'effetto di alterazioni generalizzate dell'ambiente.

E' opportuno sottolineare che in Castelporziano esiste un popolazione di una specie particolarmente minacciata: *Coenagrion mercuriale*, specie tipica di ruscelli e canali a debole corrente, è presente in un unico sito all'interno della Tenuta, la Sorgente romana. A causa della sistemazione idraulica dei piccoli corsi d'acqua, alla pulizia periodica dei canali e al drenaggio dei corpi idrici minori, è ormai rara e in declino in tutto l'areale europeo (Van Tol J., Verdonk M.J., 1988).

2) La fauna delle singole piscine, valutata negli anni 1997 e 1998 con campionamenti quantitativi, è riportata in tabelle trasmesse al SITAC e disponibili sul DATA BASE in CD-ROM, report del G.d.L. Fauna.

3) Analisi degli spostamenti di Odonati.

Per quanto riguarda l'attività di marcaggio, possiamo concludere che i risultati migliori sono stati ottenuti marcando in maniera diffusa su numerose piscine sparse in tutta l'area della Tenuta (tecnica usata nel 1997), anziché concentrando il lavoro su una sola piscina. Nel primo caso, infatti, sono stati marcati un totale di 1032 individui in sedici siti diversi; di questi, ne sono stati osservati 95 (9%) nelle stesse piscine e 18 (2%) in piscine diverse. Nel secondo caso sono stati invece marcati un totale di 766 individui, ma in una sola piscina; di questi, 136 (il 18%) sono stati rivisti nella stessa piscina, e 8 (l'1%) in altre. Osservando le percentuali dei ricatturati in siti diversi da quelli in cui è stato effettuato il marcaggio, si nota che esse sono simili e piuttosto basse. Va sottolineato, però, che i 18 individui relativi al primo caso sono stati ricatturati in più piscine, situate anche a notevoli distanze dai siti di marcaggio, mentre gli 8 individui relativi al secondo caso, sono stati tutti ricatturati, con l'eccezione di un solo individuo, in un'unica piscina posta a circa trenta metri da quella di marcaggio. Questo è dovuto probabilmente al fatto che gli individui marcati erano, nel primo caso, uniformemente distribuiti in tutta la tenuta e, questo ha fatto si che aumentasse la probabilità di rivederli. Con il secondo metodo, invece, il punto di partenza era unico e gli individui erano distribuiti in modo meno uniforme. Il fatto di marcare sempre in una stessa piscina ha permesso comunque di avere un elevato numero di rivisti nel sito di marcaggio (18%, contro il 9% riscontrato con il primo metodo).

Per quanto riguarda i 28 individui (complessivi delle due stagioni) osservati in siti diversi da quello di marcaggio, osserviamo che 22 di questi sono stati ricatturati a circa 50 metri di distanza, 2 a 900 metri, 3 a distanze comprese tra 1400 e 2700 metri, e solo 1 a 5800 metri (Tab. VI). Nel complesso, sembra evidente che gli Zigotteri non si allontanano dalla piscina dove hanno intrapreso l'attività riproduttiva se non in casi del tutto eccezionali, mentre gli Anisotteri, mostrano una maggiore tendenza alla dispersione in questo particolare periodo di vita. Tuttavia, anche per essi le percentuali sono molto basse quando gli spostamenti superino il centinaio di metri. Questa differenza poteva in parte ssere prevista sulla base della maggiore abilità nel volo da parte degli anisotteri, tuttavia è da notare che all'interno degli Zigotteri la più marcata fedeltà alla piscina di margaggio è stata osservata proprio nel genere *Chalcolestes* che è quello di maggiori dimensioni e quindi potenzialmente capace di maggior prestazioni nel volo. E' quindi evidente che fattori etologici sono anche alla base della maggiore o minore fedeltà al sito di riproduzione.

LAVORI CITATI

[1] Castellani, O. 1936. Contributo alla conoscenza della fauna entomologica del Lazio. Odonata. Bool. Soc. Ent. Ital., 68 (3): 34-40.
[2] Castellani, O. 1950. IV Contributo alla conoscenza alla fauna odonatologica del Lazio (1) e nota su un'importante cattura in Sardegna. Boll. A.R.D.E.: 5 (4): 21-27.
[3] Utzeri, C. E. Falchetti e C. Consiglio. 1977. Lista degli Odonati della tenuta presidenziale di Castel Porziano (Roma). Fragm. Entomol., 13(1): 59-70.

Piscina	Area	Attività svolta
P4- del Muro	Interno	Osservazione
P3- Spagnoletta di Sotto	Interno	Osservazione
P1- Ponte Guidone	Interno	Marcaggio e Osservazione
P5- Monti del Pero	Interno	Osservazione
T1- dei Monti del Pero	Interno	Marcaggio e Osservazione
P9- Presidente	Interno	Marcaggio e Osservazione
T19- Ponte de Materiali	Centro	Osservazione
P10- Frasso	Centro	Osservazione
P6- Camilletto	Centro	Osservazione
T17- dei Cioccati	Centro	Osservazione
T35- della Dogana	Centro	Osservazione
P11- Vetrica	Costa	Osservazione
T22- Selciatella	Costa	Osservazione
P16- Tor Paterno	Costa	Osservazione

Tabella 1 - Elenco delle Piscine

Piscine	Specie	Marcati	Rivisti alla stessa piscina	Rivisti in altre piscine
T1-dei Monti del Pero				
	Libellula depressa	60	7 (12%)	2 (3%)
	Crocothemis erythraea	70	23 (33%)	6 (9%)
	Orthetrum cancellatum	7	1 (14%)	0
	O. brunneum	1	0	0
	Sympetrum striolatum	1	0	0
	Anax imperator	5	0	0
	Ischnura elegans	30	2 (7%)	0
	Cercion lindeni	100	20 (20%)	0
	Coenagrion puella	20	9 (45%)	0
	C. scitulum	51	10 (20%)	0
P9-Presidente				
	Orthetrum cancellatum	29	4 (14%)	0
P1-Ponte Guidone				
	Chalcolestes sp	375	55 (15%)	0
	Lestes barbarus	6	0	0
	L. virens	8	5 (63%)	0
	Sympetrum striolatum	3	0	0

Tabella 2 - Numero individui marcati e rivisti

Codice	Date																
	14-5	20-5	25-5	28-5	31-5	3-6	17-6	22-6	24-6	7-7	12-7	13-7	19-7	21-7	26-7	29-7	6-8
11			M	R													
19			M	R	R												
10			M		R												
16			M		R												
13			M		R												
8			M						R								
43							M		R								
5	M		RP5														
15			M		RP5												

Tabella 3 - T1- dei Monti del Pero. *L. depressa*: individui marcati (M), rivisti alla stessa piscina (R) e rivisti alla P5 - Monti del Pero (RP5).

Codice	Date																
	14-5	20-5	25-5	28-5	31-5	3-6	17-6	22-6	24-6	7-7	12-7	13-7	19-7	21-7	26-7	29-7	6-8
12			M		R												
18					M	R			R								
16					M	R											
23					M		R										
24						M	R										
20							M		R								
9					M				R								
48										M	R						
49										M	R						
47										M	R						
42										M	R						
25							M		RP5			R	R		R		
44										M			R				
52													M	R		RP5	
60													M		R	R	
53													M		R		
54													M		R	R	R
64															M	R	R
7			M	RP5	RP5												
26							M/RP5										
45	14-5									M	RP5						

Tabella 4 - T1- dei Monti del Pero. *C. erythraea*: individui marcati (M), rivisti alla stessa piscina (R) e rivisti alla P5 – Monti del Pero (RP5).

Specie	UTZERI et al., 1977	Raccolte 1977-1996	Presente lavoro
C. haemorrhoidalis	+	+	+
C. splendens	+	-	+
L. barbarus	+	+	+
Chalcolestes sp	+	-	+
L. virens	+	+	+
Sympecma fusca	-	-	+
Platycnemis pennipes	-	+	-
Erythromma viridulum	+	+	+
Ceriagrion tenellum	+	+	+
Ischnura elegans	+	+	+
I. pumilio	+	-	-
Cercion lindeni	+	-	+
Coenagrion puella	+	+	+
C. pulchellum	-	-	+
C. mercuriale	-	+	+
C. scitulum	+	+	+
Anax imperator	+	+	+
A. parthenope	+	+	+
Aeshna cyanea	+	+	-
A. mixta	+	+	+
A. affinis	+	+	+
Anaciaeschna isosceles	+	+	+
Brachytron pratense	+	-	+
Libellula depressa	+	+	+
L. quadrimaculata	+	-	-
Orthetrum cancellatum	+	+	+
O. coerulescens	+	+	+
O. brunneum	+	+	+
Crocothemis erythraea	+	+	+
Trithemis annulata	-	+	+
Sympetrum striolatum	+	+	+
S. fonscolombei	+	+	+
S. sanguineum	+	+	+
S. meridionale	+	+	+
S. depressiusculum	-	-	+
Totale specie	29	26	31
Specie nuove		3	3

Tabella 5 - Elenco delle specie di Odonati presenti nella tenuta di Castelporziano.

Specie (numero individui)	Sito di marcaggio - ricattura (distanza)
Libellula depressa (5)	T1 – P5 (50 m)
Libellula depressa (1)	T49 – T1 (5800 m)
Crocothemis erythraea (12)	T1 – P5 (50 m)
Crocothemis erythraea (1)	T1 – P9 (1800 m)
Orthetrum cancellatum (1)	T1 – P5 (50 m)
Orthetrum cancellatum (1)	T35 – P6 (1400 m)
Orthetrum cancellatum (2)	PI I – T22 (900 m)
Coenagrion puella (1)	T1 – P4 (2700 m)
Cercion lindeni (3)	T1 – P5 (50 m)

Tabella 6 - Riassunto degli spostamenti dei singoli individui ritrovati dopo il marcaggio.

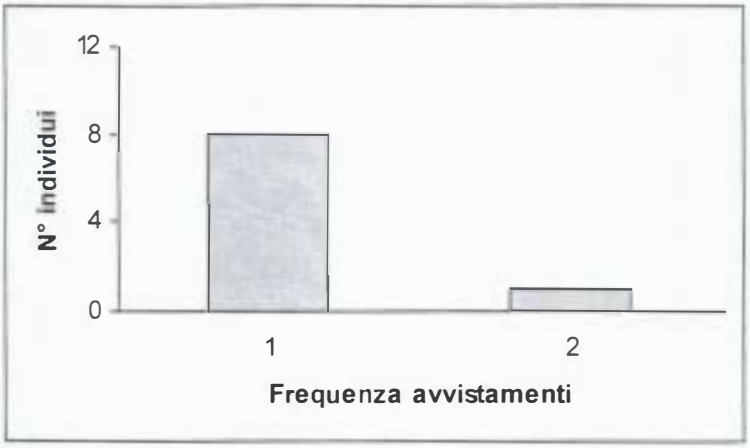


Figura 1 - Frequenza dei riavvistamenti di *Libellula depressa*

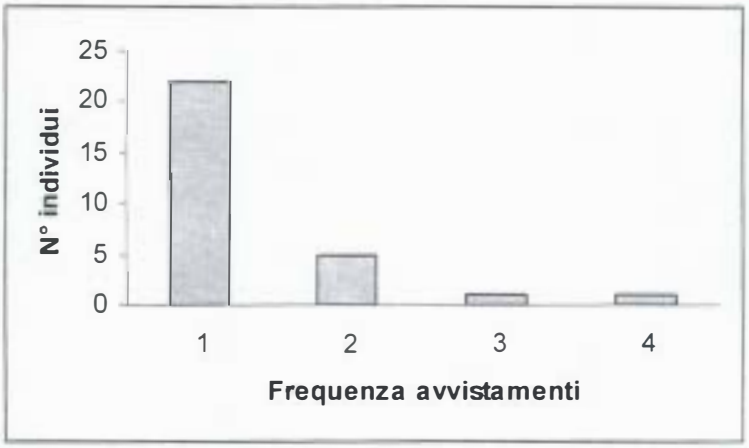


Figura 2 - Frequenza dei riavvistamenti di *Crocothemis aerythraea*

PROGETTO DI MONITORAGGIO
AMBIENTALE DELLA TENUTA
PRESIDENZIALE DI CASTELPORZIANO

TENUTA DI CASTELPORZIANO
RAPPORTO 1999

GRUPPO DI LAVORO

IMPATTO ANTROPICO

Responsabile: Dott. Ing. Aleandro Tinelli

UNITA' OPERATIVE E RICERCATORI

Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma
A. Tinelli, F. Di Paolo, S. Federici, A. Grusovin, M.G. Micheli

W.W.F. Fondo Mondiale per la Natura - Delegazione Lazio - Sezione Litorale Romano
D. Cristiano, A. Vespa, D. Procacci, A. Urbani

ENEA - amb-cat-get C.R. Casaccia - Roma
M. Bucci, G. Busuoli, M. Grillini

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma
F.A. Biondi, C. Di Dio, A. Figliolia, S. Focardi, A. Menconi, G. Montecchi, U. Neri

PANGEA - CNR - Roma
A. Grignetti, R. Casacchia, R. Salvatori

Dipartimento di Biologia Vegetale - Università "La Sapienza" - Roma
M.F. Crescente, D. Pesoli, L. Gratani, M. De Sanctis, A. Fravolini, G. Massari

Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo - Firenze
M. Castaldini, M.T. Ceccherini, N. Miclaus

DISAFRI - Università degli Studi della Tuscia - Viterbo
E. Giordano, G. Scarascia Mugnozza, A. Musicanti

ENEA amb - C.R. Frascati - Roma
S. Merolli, S. Polenta, S. Rea, D. Meloni

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

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Impatto Antropico
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma

INTRODUZIONE

Anche nel 1999 il G.d.L. Impatto Antropico ha attivato numerose ricerche per evidenziare situazioni di stress e di disequilibrio degli ambienti naturali provocati dall'attività antropica e da condizioni di inquinamento.
Sono quindi state organizzate linee di ricerca interagendo con il G.d.L. Suolo per valutare le comunità microbiche del suolo mediante tecniche molecolari. E' stato evidenziato che soprattutto nelle aree coltivate c'è una grave perdita della biodiversità con mutamenti a livello delle popolazioni microbiche profondamente modificate rispetto agli altri siti non coltivati.
E' stata inoltre elaborata la "Carta tematica dell'Erosione" che mette in risalto, attraverso la valutazione del bilancio idrico, le classi di erosione nelle quali ricadono i terreni della Tenuta. Le zone a pendenza e le aree coltivate con continue modificazioni dello strato superficiale dei suoli sono oggetto di riflessioni a causa di livelli di erosione che devono essere tenuti sotto controllo.
Fra i vari fattori rilevati un'attenzione particolare ha riguardato gli effetti dell'attività del rooting dei cinghiali su alcuni parametri funzionali del suolo. L'interazione con il G.d.L Fauna ha permesso di valutare il disturbo e le modificazioni che questi provocano rufolando sullo strato superficiale del terreno.
Interagendo con il G.d.L. Vegetazione sono state oggetto di studio le variazioni strutturali delle pinete in relazione agli eventi antropici selvicolturali, evidenziando la densità, l'incremento del volume della chioma e la variazione del LAI per individuare l'andamento generale della biomassa, in seguito alle attività di diradamento impostate dall'uomo.
Al fine di individuare le cause degli alti livelli di benzene già registrati in Tenuta, in collaborazione con il G.d.L. Atmosfera è stato organizzato un rilievo stagionale del traffico veicolare lungo le principali vie di scorrimento che si trovano limitrofe alla Tenuta. E' stato così possibile mettere in relazione i dati rilevati degli agenti inquinanti atmosferici con il traffico veicolare e soprattutto avere una informazione sul notevole numero di autovetture, motoveicoli e veicoli pesanti che transitano in prossimità di Castelporziano, in particolare nella stagione estiva per raggiungere le località balneari e residenziali. E' stata così messa a punto una metodologia di rilievo del traffico che può essere riproposta anche in altre aree protette con analoghe problematiche.
Un'altra linea di ricerca, per evidenziare l'eventuale inquinamento da campi elettromagnetici, ha preso in esame la sistemazione delle linee elettriche aree che si trovano nel comprensorio della Tenuta. E' stato sottolineato l'aspetto paesaggistico e l'azione di frattura paesaggistica e disturbo di tali linee, progettando il loro interramento al fine di un più attuale inserimento nell'ambiente naturale.
Sono stai inoltre presi in considerazione i viali alberati, quali elementi di notevole pregio paesaggistico e determinanti nella percezione del paesaggio. Sono state progettate diverse ipotesi di intervento per la gestione e l'inquadramento paesaggistico dei viali, che possono essere messe in opera, prevedendo l'evoluzione prospettica futura del viale alberato, nell'ottica di differenti necessità di fruizione.
In particolare è stata attivata una specifica linea di ricerca sull'evoluzione del paesaggio vegetale della Tenuta mediante l'analisi multitemporale delle foto aeree disponibili, che ha permesso di evidenziare i cambiamenti territoriali sia all'interno della Tenuta, provocate dai disboscamenti, dalla realizzazione di prati pascoli e coltivi, dai rimboschimenti e dalle bonifiche, sia nel territorio circostante la Tenuta a causa delle profonde modificazioni territoriali e urbanistiche delle aree ormai residenziali.
Infine per la migliore valorizzazione del patrimonio ambientale della Tenuta sono state individuate delle proposte progettuali per la realizzazione del Museo Naturalistico della Riserva Naturale di Castelporziano.
Infine è stata affrontata una descrizione sintetica dei dati relativi al tratto di mare antistante la tenuta che ha evidenziato i livelli di inquinamento marino esistente.

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Valutazione dell'impatto Antropico sulle Comunità Microbiche del Suolo mediante Tecniche Molecolari
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo - Firenze
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	M.T. Ceccherini, M. Castaldini, N. Miclaus

INTRODUZIONE

Uno sviluppo ecologicamente sostenibile non è possibile senza includere la biodiversità microbica nel suolo e la valutazione dell'effetto dell'uso del territorio sulla biodiversità funzionale della comunità biotica tellurica.

I suoli sono il prodotto di interazioni tra processi abiotici, incluse le alterazioni fisiche e chimiche, i regimi termici, l'idrologia etc., e processi biotici, inclusa la produzione di sostanza organica (SO) per mezzo della fotosintesi, l'asportazione di acqua e nutrienti operata dalle piante e l'eventuale ritorno al suolo attraverso la decomposizione.

La componente microbica del suolo è di estrema importanza nella regolazione dell'asportazione e nel rilascio dei nutrienti e nella decomposizione della SO, nella formazione degli aggregati stabili, e questi processi biotici, insieme con quelli abiotici (fisici e chimici) sono i regolatori primari della fertilità del suolo.

Fra i microrganismi del suolo i batteri rappresentano il gruppo numericamente più rilevante e sicuramente il più importante in termini di attività metabolica in quanto sono essenziali per la mobilizzazione delle sostanze minerali, la mineralizzazione della sostanza organica, la immobilizzazione dei nutrienti, la rimozione delle sostanze tossiche e la partecipazione ai principali cicli biogeochimici, sia in condizioni di aerobiosi che di anaerobiosi. Inoltre sono particolarmente soggetti al cosiddetto "effetto rizosfera", per cui in quelle aree interessate dalle strutture radicali delle piante, le secrezioni da esse prodotte possono indurre modificazioni a carico della diversità microbica, fattore critico per la sostenibilità dell'ecosistema suolo. Pertanto una valutazione appropriata delle interazioni suolo-pianta-microrganismi non può essere raggiunta, senza una piena comprensione della struttura della comunità microbica.

La diversità microbica è una risorsa non conquistata per quanto concerne la conoscenza del funzionamento dei sistemi biologici e per l'acquisizione di nuove biotecnologie

In particolare poco si conosce sulle relazioni tra le diverse specie, sulle loro funzioni e sulla composizione funzionale in relazione allo svolgimento ed intensità dei processi ecologici: numero minimo di gruppi funzionali e di specie nei gruppi funzionali per assicurare la resilienza del suolo nei confronti di stress e disturbi naturali ed antropogenici o la presenza decisiva comunque di certe specie.

Nel determinare la relazione tra biodiversità del suolo e i processi dell'ecosistema in esame, il numero dei gruppi funzionali (Diversità funzionale), il numero delle specie per gruppo funzionale (Diversità delle specie), e la natura dei gruppi funzionali presenti (Composizione funzionale) dovrebbero essere sperimentalmente determinate e gli effetti sui processi del suolo, come decomposizione e mineralizzazione dei nutrienti, misurati in funzione anche della diversità delle piante presenti per determinare ogni effetto a livello di processo tra le diversità sopra e sottostante al suolo.

Le tecniche molecolari si prestano sia allo studio dettagliato di singole popolazioni microbiche che ad ampi screening delle popolazioni presenti nei vari tipi di suolo (Leeflang e Smit, 1997; Castaldini et al., 1997) offrendo il vantaggio di estendere lo studio anche ai microrganismi difficilmente coltivabili, che sono la massima parte della microflora totale presente in ogni ambiente (Miclaus et al., 1998).

Lo scopo di questa ricerca è quello di valutare, mediante tecniche molecolari come l'amplificazione e i DNA fingerprinting ARDRA (Vaneechoutte et al., 1992) e DGGE (Muyzer et al., 1998), le modificazioni sulla comunità eubatterica in relazione alle varie attività antropiche e faunistiche. In particolare, per questo lavoro lo studio è stato condotto a livello della popolazione batterica ammonio ossidante autotrofa per l'estrema sensibilità che essa dimostra nei confronti dell'introduzione

Segue

di elementi di disturbo nell'ecosistema suolo e al ruolo fondamentale che svolge nel ciclo dell'azoto (Hastings et al., 1997; Ceccherini et al., 1998 a).

MATERIALI E METODI

Campionamenti

I campioni sono stati prelevati nello strato superficiale (0-15 cm) dei suoli della Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Roma) indicati in tabella 1; in tale tabella sono compresi sia i campionamenti effettuati nel 1998 che quelli del 1999. I campioni sono stati prelevati negli stessi siti studiati dal gruppo di lavoro "Suolo" dell'ISNP di Roma (Benedetti, 1996; Biondi et al., 1996).

Estrazione del DNA dal suolo

Il DNA dai campioni di suolo è stato ottenuto secondo la metodica di Miclaus et al., 1998 e secondo il metodo di estrazione con FastPrep Instrument (Bio 101).

Primer e sonde oligonucleotidiche

I primer utilizzati per il DGGE sono stati disegnati sul gene del il 16S rRNA. Quelli per gli eubatteri gc-968f/1401r e quelli per gli ammonio ossidanti gc-CTO 189f/654r sono descritti rispettivamente da Felske et al., 1998, e da Kowalchuk et al., 1997. Le condizioni di amplificazione con i primer eubatterici p0/p6 (Lane, 1991) e quelli per gli ammonio ossidanti amox 16S f/r (Smit et al., 1997) sono descritti in Ceccherini et al, 1998 c.

PCR ed elettroforesi

Le condizioni di amplificazione e di elettroforesi sono descritte in Ceccherini et al., 1998b

rDNA fingerprinting mediante enzimi di restrizione

I fingerprinting sugli amplificati del 16S rDNA sono stati ottenuti digerendo 30 µl di PCR mix con 10U degli enzimi di restrizione TaqI e HaeIII (Boehringer Mannheim). L'incubazione è stata effettuata alle temperature appropriate per 3 ore. Le digestioni sono state separate su gel di agarosio al 2,5% in TAE.

rDNA fingerprinting mediante DGGE

Le condizioni per la preparazione e l'elettroforesi per la DGGE sono descritte in Kowalchuk et al., 1997 e in Muyzer et al., 1998.

Sito campionato	simbolo	*Particella	Data di raccolta	Descrizione
Ortaccio A1	1w	269	20.3.98	Fino al 1980 era coltivato a cereali. Dal 1985 è a prato permanente, concimato e tagliato. Pascolo di bestiame domestico. Ci sono canaline per prosciugamento. Creata ex novo la piscina.
Ortaccio A2	4w	269	20.3.98	Il fosso viene ripulito tutti gli anni per convogliare l'acqua al fosso.
Ortaccio A2 Pista	4wP	269	20.3.98	Terreno di riporto dello scavo della piscina.
Piscina infermeria	8w	264	20.3.98	Sempre stato prato-pascolo. La piscina è sempre esistita, non è stata scavata; risale agli anni '30.
Rimessone	9w	263	6.4.98	Area a pascolo da sempre; bestiame domestico.
Casa delle Antilopi	11w	262	6.4.98	Prato pascolo
Piscina infermeria	18w	3	20.3.98	Impianto artificiale di Pino domestico da circa 38 anni
Infernetto	19w	137	6.4.98	Querceto e bosco misto, con sottobosco di macchia mediterranea permanente.

Segue

Colonnetta	33w	210	20.3.98	Sughereta naturale con grossi esemplari centenari; presenza di cerri e lecci. Sottobosco di macchia mediterranea fitta.
Dogana B1	34w	64	6.4.98	Ai margini della particella 64, è presente un'area a Pino domestico di 74 anni diradata recentemente, priva di sottobosco. In prossimità c'è un querceto e bosco misto rado con esemplari di Cerro e Farnia monumentali.
Santola C	35w	224	6.4.98	Area di rimboschimento; sughereta artificiale, di 36 anni. La disposizione è a strisce perché in precedenza nelle interfile di coltivava il grano. In seguito il grano è stato sostituito da prato pascolo. Dal 1978 è stato abbandonato anche il pascolo. Attualmente l'erba non riesce a crescere per l'intenso calpestio animale.
Santola D	**36w**	273	6.4.98 14.10.99	Campo coltivato a cereali. Negli anni '40 c'era pascolo; poi è sempre stato coltivato intensamente.
Santola 236e	36c	236e	14.10.99	Particella, detta ex-coltivo. Nel 1936 è stata disboscata; dal 1936 al 1963 è stata coltivata a grano. Dal 1963 rimboschimento: pineta, sughereta a strisce ed eucalipto.
Campo bufalaro	24w	223	14.10.99	Minimo rooting. Transetto
Capocotta	2		21.10.99	Macchia recente

* I numeri di Particella si riferiscono a quelli indicati sulla Carta sinottica-silografica dei rilievi del 1987 e del 1988.

Tabella 1 - Campioni di suoli oggetto di studio

RISULTATI E DISCUSSIONE

DNA fingerprinting mediante DGGE sulla comunità eubatterica

Non si notano differenze marcate nei profili dei suoli (Fig.1); questo è possibile quando si esamina una comunità complessa perché le variazioni possono essere presenti a livello di popolazioni poco rappresentate e non emergono in una miscela di sequenze totali.

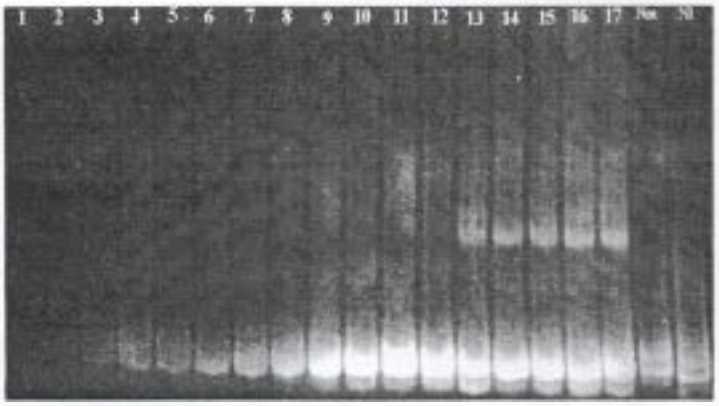
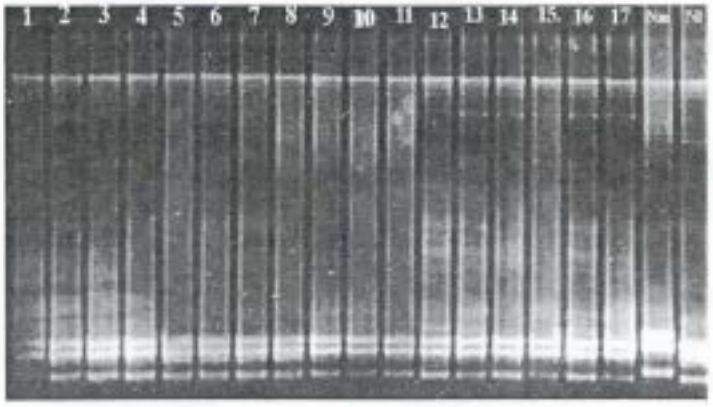


Figura 1 - DGGE della comunità eubatterica; gradiente di denaturazione: 46% - 56%
A lato è indicato il tipo di estrazione del DNA effettuato.

1	1w del 6/4/98	tradizionale
2	4w del 6/4/98	"
3	4wP del 6/4/98	"
4	8w del 6/4/98	"
5	9w del 6/4/98	"
6	11w del 6/4/98	"
7	18w del 6/4/98	"
8	19w del 6/4/98	"
9	33w del 6/4/98	"
10	34w del 6/4/98	"
11	35w del 6/4/98	"
12	36w del 6/4/98	"
13	36Wdel 14/10/99	FastPrep
14	36C del 14/10/99	"
15	24Wdel 14/10/99	"
16	36W del 6/4/98	"
17	Capoc. 2 del 21/10/99	" CTAB
Nm	*Nm. europaea*	
Nl	*Nl. multiformis*	



1	1w del 6/4/98	tradizionale
2	4w del 6/4/98	"
3	4wP del 6/4/98	"
4	8w del 6/4/98	"
5	9w del 6/4/98	"
6	11w del 6/4/98	"
7	18w del 6/4/98	"
8	19w del 6/4/98	"
9	33w del 6/4/98	"
10	34w del 6/4/98	"
11	35w del 6/4/98	"
12	36w del 6/4/98	FastPrep
13	36Wdel14/10/9	"
14	36C del 14/10/99	"
15	24Wdel14/10/99	"
16	36W del 6/4/98	"
17	Capoc.2del 21/10/99	CTAB
Nm	*Nm. europaea*	
Nl	*Nl. multiformis*	

Figura 2 - DGGE della popolazione ammonio ossidante; gradiente di denaturazione: 46% - 56%
A lato è indicato il tipo di estrazione del DNA effettuato.

DNA fingerprinting mediante DGGE sulla popolazione batterica ammonio ossidante autotrofa.
Il risultato più evidente del DGGE (Fig. 2) è che nei suoli analizzati il profilo riferibile a *Nitrosolobus multiformis* è predominante rispetto a quello di *Nitrosomonas europaea*. Ciò conferma i risultati delle ibridazioni su 16S rDNA fingerprinting descritti in Ceccherini et al., 1998c.
Il sito 36w (coltivato a cereali), rappresentato dai campioni 12 (36w 6 aprile 98, estraz. tradizionale), 13 (36w 14 ottobre99, estraz. FastPrep) e 16 (36w 6 aprile 98, estraz. FastPrep), come indicato in tabella 1, mostra il profilo più distintivo, qualunque sia stata l'epoca di campionamento, ed è l'unico profilo dove sono rivelabili "*Nitrosomonas*-like sequences"; infatti questi tre campioni sono gli unici a presentare anche la banda di *Nitrosomonas europaea* e cioè la quarta banda dal basso, seppur poco intensa. Non si vede però la banda più bassa della *Nitrosomonas* di riferimento, il che fa pensare ad una presenza minore delle sequenze appartenenti alla specie *Nitrosomonas europaea*.
Inoltre, il fatto che i campioni 12, 13, 16 mostrino lo stesso profilo sta a significare, che:

1) le estrazioni tradizionali (campione 12) e FastPrep (campione 16) danno risultati equivalenti in termini di fingerprinting, quindi sono comparabili;
2) non si notano differenze nella composizione degli ammonio ossidanti dovute alla stagionalità (campione 13 versus 12 e 16).

DNA fingerprinting sul 16S rDNA mediante enzimi di restrizione.
Per quanto riguarda l'analisi della comunità eubatterica e della popolazione ammonio ossidante del suolo mediante rDNA fingerprinting con enzimi di restrizione , i risultati di questo secondo anno di studio sugli stessi siti concordano con i risultati di Ceccherini et al., 1998c. Infatti, la comunità eubatterica analizzata mediante il 16S rDNA fingerprinting, non rivela variazioni significative nella sua composizione eubatterica dei campioni presi in esame. Tuttavia, la diversa intensità di alcune bande all'interno dei profili indica che alcune popolazioni sono rappresentate in proporzioni diverse: nei suoli della Tenuta 1w, 4w e 8w, non si è verificata tanto una diminuzione drastica della biodiversità genetica (richness) a livello di comunità eubatterica, quanto invece un effetto sulla *eveness*, cioè sulla rappresentatività delle singole specie all'interno degli eubatteri. Tale effetto è evidenziato da una minore intensità delle bande dei profili ottenuti.
Sembra quindi che la microflora eubatterica dominante reagisca dinamicamente agli stress, indicando una capacità di risposta che contribuisce alla *resilienza* di questi suoli (Griffiths et al., 1997).

CONCLUSIONI

Il lavoro descritto in questa relazione è da considerarsi consequenziale allo studio svolto l'anno precedente ed è stato condotto applicando le tecniche più recenti dell'ecologia microbica ambientale, come la Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE).
I profili relativi alla popolazione batterica ammonio ossidante autotrofa ottenuti per il sito 36w, indicano chiaramente che l'antropizzazione (pratiche di coltivazione), provoca dei cambiamenti a livello di questa popolazione, che si manifestano come modificazione della popolazione microbica che risulta diversa da quella degli altri siti non coltivati senza subire modificazioni stagionali. La diversa composizione microbica non significa necessariamente che il sistema suolo abbia perso la propria funzionalità; la microflora infatti possiede la capacità di rispondere alle variazioni ambientali. Questa capacità, però, viene a mancare se le modificazioni provocano cambiamenti di struttura che si spingono al di sotto della soglia di funzionalità propria di un certo ecosistema (van Verseveld et al., 1997). Questo è da tenere ben presente quando le varie attività'antropiche sono intense e tali da portare la funzionalità al di sotto delle capacità di ripristino dell'ecosistema stesso.

BIBLIOGRAFIA

[1] Amann R., Ludwig W., Schleifer K-H., 1995. Phylogentic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. Microbiol. Rev. 59, 143-169.
[2] Beare M.H., Vikram Reddy M., Tian G., Srivastava S.C., 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosytem function in the tropics: the role of decomposer biota. Applied Soil Ecology 6, 87-108.
[3] Benedetti A., 1996. Breve sintesi sul'attività del G.D.L. Suolo: finalità e livelli di indagine. Progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Seminario monotematico G.D.L Suolo, Roma 19 Marzo.
[4] Benedetti A., Alianello F., Trinchera A., 1996. Studio del turnover della sostanza organica del suolo. In Progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Seminario monotematico G.D.L Suolo, Roma 19 Marzo.
[5] Biondi F., Gisotti G., Dowgiallo G., Di Dio C., Tinelli A., 1996. Relazione preliminare di uno studio pedologico applicativo nella Tenuta di Castelporziano. In Progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Seminario monotematico G.D.L Suolo, Roma 19 Marzo.
[6] Castaldini M., Ceccherini M.T., Azzini A., Piovanelli C., Bazzicalupo M., Miclaus N., 1997. Analisi molecolare della microflora eubatterica in diversi tipi di suolo. Atti VIII Congresso Nazionale S.It.E., Parma 10-12 Settembre.
[7] Castaldini M., Ceccherini M.T., Bazzicalupo M., Micluas N., 1998. Direct molecular fingerprinting of soil bacterial communities in different Italian soils. Joint meeting Cost 831, 10-11 dicembre, Roma (in stampa).
[8] Ceccherini M.T, Castaldini M., Piovanelli C., Hastings R.C., McCarthy A.J., Bazzicalupo M., Miclaus N., 1998 a. Effects of swine manure fertilization on autotrophic ammonia oxidizing bacteria in soil. Appl. Soil Ecol. 7, 149-157.
[9] Ceccherini M.T., Azzini A., Castaldini M., Piovanelli C., Miclaus N., 1998 b. Direct molecular detection of ammonia oxidizers in soil. Proceedings of VII International congress of Ecology, 19-25 luglio, Firenze.
[10] Ceccherini M.T., Castaldini M., Miclaus N., 1998c. Valutazione dell'impatto antropico sulle comunità microbiche di suolo mediante tecniche molecolari. Creazione di un sistema informativo territoriale ambientale Castelporziano (SITAC) In Progetto di monitoraggio ambientale della Tenuta presidenziale di Castelporziano, Rapporto 1998.
[11] Felske A., Wolterink A., Van Lis L., Akkermans A.C.L., 1998. Phylogeny of the main bacterial 16S rRNA sequences in Drentse A grassland soils (The Netherland)". Appl. Env. Microb. 64, 871-879.
[12] Griffiths B.S., Ritz K. and Wheatley R.E., 1997. Relationship between functional diversity and genetic diversity in complex microbial communities. In Insam H., Rangger A. (eds.) Microbial communities.
[13] Hastings R.C., Ceccherini M.T., Miclaus N., Saunders J.R., Bazzicalupo M. and McCarthy A.J., 1997. Direct molecular biological analysis of ammonia oxidising bacteria population in cultivated soil plots treated with swine manure. FEMS Microbiol. Ecol. 23: 45-54.

[14] Kennedy A C, Smith K. L., 1995. Soil microbial diversity and the sustinability of agricultural soils. Plant and Soil. 170: 75-86.
[15] Kowalchuk et al., 1997. Analysis of ammonia-oxidiz Appl. Environ. Microb. 63, 1489-1497)
[16] Lane D.J., 1991. 16S/23S rRNA sequencing. In Nucleic acid techniques in Bacterial Systematics; Stackebrandt E., Goodfellow M. Eds. John Wiley and Sons, Chicester U.K. pp. 115-175.
[17] Leeflang P. and Smit E., 1997. Use of the Expand TM PCR system to amplify the 16S ribosomal genes for the characterisation of bacterial communities in soil. Biochemica 1, 16-18.
[18] Manz W., Amann R., Ludwig W., Wagner M., Schleifer K-H,., 1992. Phylogenetic oligodeoxynucleotide probes for the major subclasses of proteobacteria: problems and solutions. System. Appl. Microbiol. 15, 593-600.
[19] Miclaus N., Castaldini M., Ceccherini M.T., Piovanelli C., Bazzicalupo M., 1998. Effetti della fertilizzazione con reflui zootecnici suini sulle popolazioni microbiche del suolo. Agricoltura Ricerca 173, 23-36.
[20] Miclaus N., Castaldini M., Ceccherini M.T., Piovanelli C., Fani R., Bazzicalupo M., 1995. Caratterizzazione molecolare della flora microbica presente in suoli trattati con reflui zootecnici. Atti Convegno Panda 10-11 Aprile, Roma.
[21] Muyzer G., Brinkhoff T., Nubel U., Santegoieds C., Schafer H., Wawer C., 1998. Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) in microbial ecology. In Molecular microbial ecology manual 3.4.4, pp. 1-27.)
[22] Smit E., Leeflang P., Wenars K., 1997. Detection of shifts in microbial community structure and diversity in soil caused by copper contamination using amplified ribosomal DNA restriction analysis. FEMS Mcrobiology Ecology 23, 249-261.
[23] Smith M.S., Tiedje J.M., 1979. Phase of denitrification following oxygen depletion in soil. Soil Biol. Biochem. 11, 261-267.
[24] Van Verseveld J.W., Roling W. FM., van Rossum D., Laverman A.M., van Dijck S., Braster M and Boogerd F.C., 1997. Phenetic and genetic analyses of bacterial populations in fermanted food and envoronmental samples. In Microbial communities Insam H. and Rangger eds., pp. 31-36.
[25] Vaneechoutte M, Rossau R, De Vos P, Gillis M, Janssens D, Paepe N, De Rouck A, Fiers T, Claeys G, Kersters K. 1992. Rapid identification of bacteria of the Comamonadaceae with amplified ribosomal DNA-restiction analysis (ARDRA). FEMS Microbiol. Lett. 93: 227-234.
[26] Weldkamp E., Davidson E., Ericson H., Keller M., Weiz A., 1999. Soil nitrogen cycling and nitrogen oxyde emission along a pasture cronosequence in the humid tropics of Costa Rica. Soil Biol. Biochem. 31, 387-394.

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Breve Commento alla Carta dell'Erosione della Tenuta Presidenziale di Castelporziano
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVE	Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica - Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	F.A. Biondi, A. Menconi, G. Montecchi, A. Tinelli, A. Figliolia

INTRODUZIONE

In collaborazione con la Tenuta di Castelporziano è stato svolto uno studio da parte dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante sulla valutazione dell'erosione dei suoli della zona di Castelporziano-Capocotta.
Il suolo può essere considerato il risultato, nel tempo, tra l'azione della morfogenesi e quella della pedogenesi sulla roccia madre, dove concorrono diversi fattori tra i quali meritano particolare attenzione, ai fini dei processi erosivi, il clima, la vegetazione, la natura del substrato e l'attività antropica. La conservazione del suolo è legata principalmente alla combinazione di questi fattori e quindi vincolata all'intensità con la quale ciascuno di essi gioca il suo ruolo in particolare nei processi pedogenetici. Una alterazione di questo equilibrio si riflette sulla evoluzione del suolo e quindi sulla sua produttività , cioè sulla produzione di biomasse, con possibili ricadute sul campo economico. In merito a quest'ultimo, limitandosi al solo ambito agrario, la terra che viene asportata dall'erosione idrica ogni anno è quella più superficiale e più fina, in particolare l'argilla ed il limo, cioè la frazione granulometrica a cui sono legati maggiormente i macronutrienti, quindi quella più fertile dal punto di vista chimico. Questo problema, nell'area mediterranea, è particolarmente accentuato in quanto il massimo della piovosità coincide con il periodo autunno-invernale quando i terreni agrari sono stati lavorati e si presentano privi di vegetazione, o con piante spesso prive dell'apparato fogliare. In questa area, a causa dei processi erosivi, si ritiene che circa 3 milioni di ettari di suolo agrario vengano perduti ogni anno e che altri 2 milioni di ettari vadano soggetti a processi di desertificazione (Buringh, 1981).
Per lo studio della valutazione dell'erosione, allo stato attuale, sono seguite essenzialmente due linee di ricerca: quella dei modelli fisici di base e quella dei modelli empirici. La prima è orientata verso lo studio e le applicazioni delle equazioni di idraulica, di meccanica dei terreni e delle formule del trasporto solido; la seconda, più pratica, mira al risultato approssimando il fenomeno e pertanto utilizza essenzialmente formule derivate da "semplificazioni" di equazioni fisiche. Sono stati proposti vari modelli, ciascuno con determinate caratteristiche che li rendono validi solo per specifiche condizioni. Il modello di Ciccacci *et al.* (1986), per esempio, che correla il trasporto solido in sospensione con alcuni parametri geomorfici, da risposte soddisfacenti solo per grandi bacini. Il modello PISIAC (1965) è risultato valido per zone ad alta energia (montane), il modello di Zanchi (1983), che fa uso di simulatori di pioggia, da risposte molto precise per superfici piccole. In questo lavoro è stato applicato il modello proposto da Wischmeier (1978), già sperimentato nella realtà italiana da: Bazzoffi (1984), Persicani (1989) e Basso (1996).

CENNI DI GEOLOGIA

La Tenuta di Castelporziano si estende su di un territorio di circa 6.100 ettari posto a Sud-Est della città di Roma, compreso tra le quote di 0 m s.l.m. alla spiaggia e 85 m s.l.m. nel punto più alto in località Santo Quercio.
La stratigrafia della zona presenta alla base la formazione di Ponte Galeria (risalente a circa 0,84 milioni di anni fa), la quale affiora con lembi ridottissimi alla base dei versanti della vallata del Fosso di Malafede ed è composta da una alternanza di depositi di facies marina e continentale costituiti da argille, argille salmastre, sabbie deltizie e sabbie dunari.

Seguono in successione i tufi del Vulcano Laziale (datati circa 0,5 milioni di anni fa), che affiorano nella parte settentrionale della Tenuta e sono composti da Tufo pisolitico e da Pozzolane inferiori. Il primo è rappresentato da depositi vulcanoclastici rimaneggiati dalle acque , mentre le pozzolane, di colore ocraceo, sono formate da scorie più o meno porose, fondamentalmente vetrose e da pochi elementi cristallini.
La formazione della Duna rossa antica, costituita da depositi eolici wurmiani di sabbia quarzifera, occupa circa i due terzi dell'area della Tenuta e copre parte della formazione vulcanica.
Le formazioni più giovani sono rappresentate dalla Duna recente e dalle Alluvioni attuali. La prima è presente lungo una fascia larga circa 300/600 m, parallela alla linea di costa ed è costituita da sabbie grigie fini quarzose ricche di gusci di foramniferi; la seconda, presente nella zona settentrionale del fosso di Malafede, è costituita da sedimenti di deposizione fluviale derivanti prevalentemente da materiale vulcanico.

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Dalla sovrapposizione della carta geologica (Biondi F.A., Badali M. Socciarelli S. - SISS 1997) e di quella delle pendenze, redatta appositamente da: Biondi F.A., Menconi A., Montecchi G. 1999, è stata elaborata una carta delle "unità geomorfologiche". Dove il territorio della Tenuta, spostandosi da Nord verso Sud, è stato suddiviso in cinque unità: Alluvioni, Vulcaniti, Duna antica, Duna recente e Spiaggia attuale.
L'Unità delle Alluvioni è costituita dal fondo valle del Fosso di Malafede ed è caratterizzata da una morfologia a fondo piatto, dove il corso d'acqua tende a meandrificare e nei periodi di piena ad esondare; al fine di limitare questi inconvenienti, recentemente, l'alveo è stato incanalato in più tratti con argini "cementificati".
Segue l'Unità delle Vulcaniti formata essenzialmente da tufi, i quali presentano una giacitura stratificata a debole pendenza verso Ovest. Questa unità ha una morfologia notevolmente movimentata con una serie di vallecole, piccoli pianori e scarpate. Queste ultime si presentano spesso con pareti subverticali di altezza variabile da 3 a 7 m.
L'Unità della Duna Antica mostra una conformazione morfologica pressoché pianeggiante, presentando una pendenza media del 4 % verso Ovest. In detta unità è stata riscontrata la presenza di due terrazzi morfologici costieri, dovuti ai movimenti glacio-eustatici di cicli trasgressivi medio-pliocenici a scala regionale. Questi terrazzi, nonostante che attualmente siano ricoperti dalle sabbie della duna antica, sono riconoscibili dal punto di vista morfologico per un netto cambiamento di pendenza. Questa unità ha un importate interesse paesaggistico perché ospita uno dei residui di foresta planiziale costiera del Lazio.
L'Unità della Duna Recente è formata da dune costiere caratterizzate da ondulazioni con altezze oscillanti tra i 2 ed i 5 m, e nelle aree interdunali dette "lame", sede di ristagni d'acqua, sedimentano limi ed argille. Il passaggio dall'unità della Duna antica a quella della Duna recente è evidenziato sia da una variazione cromatica della sabbia (da rossastra a grigio chiara che dalla morfologia, pianeggiante nella prima, ondulata nella seconda.
L'unità della Spiaggia Attuale, di ampiezza esigua, infatti non supera i 100 m, comprende la spiaggia in senso stretto ed i primi 2 cordoni dunali. E' una unità tuttora in evoluzione, nella quale si distinguono due zone: una interna soggetta all'azione dei venti, che tende ad essere colonizzata e stabilizzata dalla vegetazione, ed una esterna, verso il mare, soggetta sia all'azione del moto ondoso che al trasporto eolico.

CENNI SUI SUOLI E SULLA COPERTURA VEGETALE

L'area della Tenuta, pur essendo limitata, presenta una certa diversificazione dei suoli dovuta essenzialmente alla natura dei substrati pedogenetici presenti. Per ogni unità geomorfologica individuata vengono di seguito riassunte le caratteristiche principali dei suoli classificati secondo la Soil Taxonomy (U.S.D.A.).
I suoli dell'Unità delle Alluvioni si sono formati su sedimenti caratterizzati da alternanze di depositi ad andamento lenticolare di sabbie limose e argille, pertanto sono suoli giovani profondi appartenenti al grande gruppo dei Fluvent.
I suoli dell'Unità delle Vulcaniti presentano uno sviluppo differenziato in funzione del fattore morfologico, per cui si trovano principalmente Inceptisuoli in prossimità dei bordi vallivi, Entisuoli sui versanti più acclivi ed Alfisuoli nei pianori sommitali. Questi ultimi sono suoli profondi lisciviati con l'orizzonte **A** esiguo (0-30 cm) e con l'orizzonte **B** argillico spesso (30-80 cm).

L'unità geomorfologica della Duna antica presenta suoli che hanno raggiunto uno stadio evolutivo piuttosto avanzato, si tratta di Alfisuoli lisciviati (Palexeralf e Aploxeralf), i quali presentano un brusco salto di tessitura tra l'epipedon sabbioso-franco ed il sottostante orizzonte **B** franco-argilloso. L'accumulo di argilla illuviale nell'orizzonte **B,** la cui vicinanza alla superficie e la scarsa permeabilità sono causa di ristagni d'acqua nelle stagioni piovose, contribuisce alla formazione di falde d'acqua superficiali ed effimere, la cui oscillazione stagionale provoca l'alternanza di condizioni ossidanti e riducenti; infatti, in generale, gli orizzonti profondi presentano caratteristiche di "pseudogley".
I suoli dell'unità della Duna Recente sono prevalentemente a tessitura sabbiosa o franco-sabbiosa, ricchi di $CaCO_3$ di origine bioclastica e costituzionalmente asciutti. La topografia ondulata ha determinato una certa differenziazione, per cui si passa dagli Entisuoli nelle alture o comunque nelle posizioni meglio drenate, a Entisuoli mollici ed a veri Mollisuoli nelle parti più interne delle aree interdunali.
La copertura vegetale attualmente è composta per l'85 % da bosco, il 10,5 % da prati e pascoli ed il 4,5 da coltivi. Il bosco planiziale è costituito prevalentemente da querce igrofile caducifoglie: farnia (*Quercus peduncolata*), cerro (*Quercus cerri*), farnetto (*Quercus frainetto*). Nelle zone più aride sono presenti specie di querce sempreverdi: la sughera (Quesrcus suber) e il leccio (Quercus ilex) in forma sia arborea che arbustiva nelle zone a macchia mediterranea. Nell'area oggetto di rimboschimento nei decenni passati, sono stati impiantati soprattutto specie sempreverdi come il pino domestico (*Pinus pinea*) e varie specie di eucalipto. I coltivi ed i prati pluriennali sono ubicati in parte sull'unità delle "Alluvioni" ed in parte su quella delle "Vulcaniti", mentre i pascoli naturali sono dislocati sull'unità della "Duna antica".

SITUAZIONE CLIMATICA

Le caratteristiche climatiche della zona di Castelporziano sono state determinate utilizzando i dati termo-pluviometrici registrati dalla stazione meteorologica situata all'interno dell'area stessa.
Pur disponendo una serie storica di dati termo-pluviometrici relativi alla zona, il calcolo dell'intensità erosiva della pioggia (R) è stato eseguito mediando i dati delle precipitazioni relativi al all'ultimo quinquennio 1993-1997, in quanto è stata notata, in questi ultimi anni, una tendenza sia dell'andamento che della quantità delle piogge a discostarsi dai valori medi trentacinquennali (valori rilevati dalla stazione meteorologica di Ostia). Nella tabella 1 sono riportati i dati relativi ai periodi 1993-1997 (serie 1) e 1941-1976 (serie 2) .

Periodo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
1993-1997	46	60	49,1	76	36	44,4	5,1	40,1	69,3	158,4	141,7	115,0	844,6
1941-1976	67	81	59	48	37	23	14	25	76	98	123	103	754

Tabella 1 – Precipitazioni medie espresse in mm

Dal confronto dei dati riportati in tabella 1 relativi ai due periodi emerge che oltre ad un aumento di circa 12 % nel valore annuo, le precipitazioni diminuiscono nel periodo invernale ed aumentano nettamente in quello autunnale.
Le precipitazioni medie annue (tab. 1) sono poco superiori ai 840 mm e la curva pluviometrica (figura 1, serie 1) presenta un andamento con diversi picchi, in cui il massimo assoluto, con circa 158 mm, cade nel periodo di ottobre ed il minimo nel mese di luglio con 5 mm. Le precipitazioni sono concentrate nel semestre autunno-invernale con circa 574 mm contro i circa 270 mm del semestre primaverile-estivo.

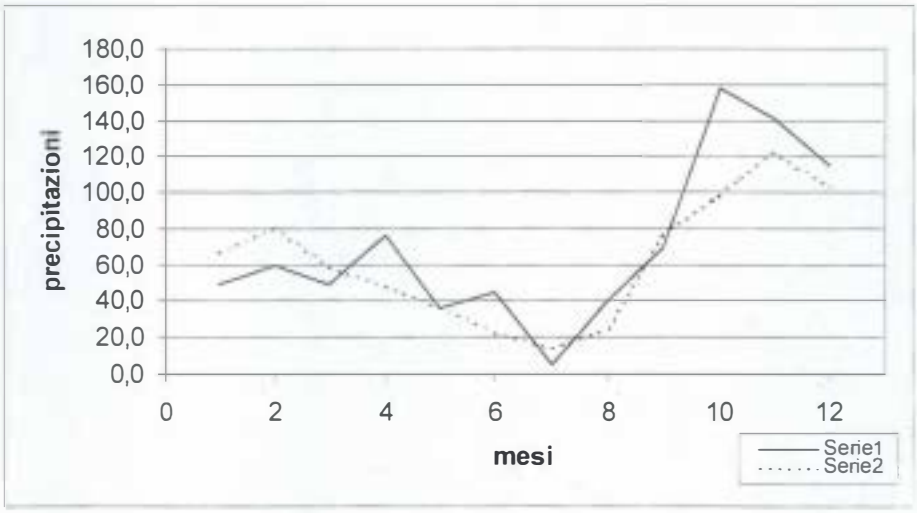


Figura 1 – Curve pluviometriche

Il bilancio idrico del suolo è stato calcolato secondo il metodo di Thornthwaite (tab.2), per tre situazione diverse di "riserva utile di acqua": 50, 100 e 150 mm, in considerazione che nella Tenuta sono presenti più tipi di suoli con caratteristiche diverse. Dai dati riportati in tabella 2 si osserva che il surplus (S) di acqua nel suolo è concentrato nel periodo autunno invernale, cioè nel momento di minima difesa del suolo da parte della vegetazione, e varia da 365 a 276 mm in funzione della capacità di ritenuta idrica del terreno. Quest'ultima è legata a diversi fattori compresa la profondità del suolo; pertanto in quelli poco profondi, come si sa, c'è una maggiore possibilità di scorrimento superficiale di acqua e quindi maggiore rischio erosivo.

Bilancio idrico del suolo secondo Thornthwaite (riserva utile = 50 mm)													
Mesi	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
T °C	8,1	8,3	10,5	13,2	16,7	20,0	24,0	23,8	21,7	17,6	12,3	9,3	15,5
P mm	49,6	60,0	49,1	76,0	36,0	44,4	5,1	40,1	69,3	158,4	141.7	115.0	844.7
I	2,08	2,15	3,08	4,35	6,21	8,16	10,75	10,62	9,23	6,72	3,91	2.59	69.9
ETP	16,6	17,5	31,6	49,5	81,1	109,1	147,2	135,0	101,8	66,5	32,4	19.9	808.2
A.WL	0	0	0	0	45,1	109,6	251,9	346,8	379,3	0	0	0	
ST	50	50	50	50	20	5	0	0	0	50	50	50	
C.ST	0	0	0	0	30	15	5	0	0	50	0	0	
ETR	16,6	17,5	31,6	49,5	66	59,4	10,1	40,1	69,3	66,5	32,4	19.4	478.4
D	0	0	0	0	15,1	49,7	137,1	94,9	32,5	0	0	0	329.3
S	33	42,5	17,5	26,5	0	0	0	0	0	41,9	109,3	95.1	365.8

Bilancio idrico del suolo secondo Thornthwaite (riserva utile=100 mm)													
Mesi	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
T °C	8,1	8,3	10,5	13,2	16,7	20,0	24,0	23,8	21,7	17,6	12,3	9,3	15,5
P mm	49,6	60,0	49,1	76,0	36,0	44,4	5,1	40,1	69,3	158,4	141,7	115,0	844,7
I	2,08	2,15	3,08	4,35	6,21	8,16	10,75	10,62	9,23	6,72	3,91	2,59	69,9
ETP	16,6	17,5	31,6	49,5	81,1	109,1	147,2	135,0	101,8	66,5	32,4	19,9	808,2
A.WL	0	0	0	0	45,1	109,6	251,9	346,8	379,3	0	0	0	
ST	100	100	100	100	66	33	8	3	1	92,9	100	100	
C.ST	0	0	0	0	-37	-30	-25	-5	-2	91,9	7,1	0	
ETR	16,6	17,5	31,6	49,5	73	74,4	30,1	45,1	71,3	66,5	32,4	19,9	527,9
D	0	0	0	0	8,1	34,7	117,1	89,9	30,5	0	0	0	280,3
S	33	42,5	17,5	26,5	0	0	0	0	0	0	102,2	95,1	316,8

Segue

Bilancio idrico del suolo secondo Thornthwaite (riserva utile=150 mm)													
Mesi	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
T °C	8,1	8,3	10,5	13,2	16,7	20,0	24,0	23,8	21,7	17,6	12,3	9,3	15,5
P mm	49,6	60,0	49,1	76,0	36,0	44,4	5,1	40,1	69,3	158,4	141,7	115,0	844,7
I	2,08	2,15	3,08	4,35	6,21	8,16	10,75	10,62	9,23	6,72	3,91	2,59	69,9
ETP	16,6	17,5	31,6	49,5	81,1	109,1	147,2	135,0	101,8	66,5	32,4	19,9	808,2
A.WL	0	0	0	0	45,1	109,6	251,9	346,8	379,3	0	0	0	
ST	150	150	150	150	111	73,5	27	13,5	10,5	102,4	150	150	
C.ST	0	0	0	0	-39	-37,5	-46,5	-13,5	-3	91,9	47,6	0	
ETR	16,6	17,5	31,6	49,5	75	81,9	51,6	53,6	72	66,5	32,4	19,9	568,1
D	0	0	0	0	6,1	27,2	95,7	81,4	29,8	0	0	0	240,2
S	33	42,5	17,5	26,5	0	0	0	0	0	0	61,7	95,1	276,3

T	temperatura media mensile	ST	Riserva idrica utile del suolo
I	indice calorico	C.ST	Variazione della riserva idrica del suolo
P	Precipitazioni mensili	AE	Evapotraspirazione reale
PE	Evapotraspirazione potenziale	D	Deficit
A.WL	perdita d'acqua accumulata	S	Surplus

Tabella 2 – Bilancio idrico secondo Thornthwaite a diversa "riserva utile di acqua".

MATERIALI E METODI

Il modello applicato in questo studio è quello di Wischmeier che va sotto il nome di "Universal Soil Loss Evaluation" (U.S.L.E.), il quale fornisce la quantità di suolo erosa annualmente per unità di superficie, espressa in tonnellate/ettaro per anno.
Nell'erosione pluviale entrano in gioco due tipi di forze quelle relative alle caratteristiche della pioggia (erosività dell'acqua) e quelle relative al terreno (erodibilità del suolo). Il primo dipende dalle dimensioni, dalla velocità e dall'intensità delle gocce costituenti l'evento piovoso; il secondo tipo dipende dalle caratteristiche intrinseche del suolo, dalla topografia e dal tipo di copertura vegetale. Pertanto, Wischmeier propone la seguente formula:

$$A = R*K*L*S*C*P$$

Dove **A** è la perdita di terreno in t/ha per anno, **R** è il fattore principale, che rappresenta la capacità erosiva della pioggia espressa come prodotto dell'energia cinetica (E) per l'intensità massima nella mezza ora dell'evento piovoso (I_{30}); la somma dei prodotti ($E*I_{30}$) estesa a tutti gli eventi piovosi verificatisi nell'arco di un anno determina il "valore indice annuo". Il fattore **K** prende in considerazione le caratteristiche di erodibilità di uno specifico suolo ed è definito come la perdita di suolo misurata in tonnellate ettaro per unità dell'indice **R**. Gli altri fattori **L, S, C, P** sono coefficienti correttivi del fattore **K**. In particolare i termini **L** ed **S** sono fattori adimensionali che tengono conto della topografia dell'appezzamento di terreno dove viene effettuata la valutazione di perdita di suolo, **L** ne esprime la lunghezza ed **S** la pendenza. Il fattore **C** esprime gli effetti del tipo di vegetazione ("canopy") presente sul terreno, più precisamente indica il rapporto tra la perdita di suolo relativa ad un terreno sul quale compie il suo ciclo biologico una determinata specie vegetale e quella di una parcella sperimentale lavorata e lasciata senza copertura vegetale. Il fattore **P** esprime l'influenza delle pratiche agricole antierosive; tale azione viene calcolata mediante il rapporto tra la perdita di suolo che si verifica in un campo in cui siano adottate opportune tecniche di sistemazione e di lavorazione e la perdita di una parcella tipo nella quale venga eseguita una lavorazione secondo la linea di massima pendenza.
Con l'ausilio della foto-interpretazione (da fotografie aeree a scala 1:10.000) e della carta delle unità geomorfologiche sono state individuate le varie "unità cartografiche di paesaggio" dell'area in esame. Queste ultime sono state utilizzate per pianificare il rilevamento di campagna e per la scelta delle "aree tipo" dove eseguire le campionature di suolo. Sui campioni di suolo prelevati sono state successivamente effettuate analisi chimico-fisiche specifiche.
I numerosi rilievi di campagna, relativi alle aree tipo individuate nelle unità cartografiche di paesaggio, hanno permesso di ottenere una serie di dati puntuali di erosione. Sovrapponendo a tali dati le seguenti carte tematiche: pendenze, idrografia superficiale, suoli e vegetazione, è stata redatta la carta dell'erosione.

Dal presente studio sono state escluse la spiaggia e il primo sistema dunale. Il moto ondoso e l'energia eolica, che modellano queste zone, sono forze non considerate nella equazione di Wischmeier, pertanto queste superfici dovranno essere studiate con modelli specifici.
In merito alla quantità di suolo asportata, Gisotti G. (1985), tenendo conto delle varie situazioni pedologiche e climatiche italiane, propone la seguente scala di valori di perdita di suolo in t/ha anno: ≤ 6 bassa, 6 - 30 media, ≥ 30 alta. Secondo Lorè A.- Magaldi D. (1995) l'entità dell'erosione nelle regioni mediterranee può variare da 10 a 100 t/ha anno e il massimo accettabile di erosione per conservare la superficie produttiva dei suoli non dovrebbe essere superiore a 10 t/ha anno. Secondo l'ASMODE (Valutazione e monitoraggio della Desertificazione nell'area Mediterranea-1994) la perdita di suolo stimata varia da zero a oltre 100 t/ha anno, e la perdita di suolo tollerabile sarebbe dell'ordine di 10 t/ha anno.
Considerando le condizioni climatiche del litorale romano ed i tipi di suolo presenti nel territorio, nonché quanto riportato in letteratura, sono state distinte 5 classi di erosione:

- 1° classe: erosione inferiore o uguale a 6 (t/ha anno)
- 2° classe: erosione compresa tra 6 e 12 (t/ha anno)
- 3° classe: erosione compresa tra 12 e 24 (t/ha anno)
- 4° classe: erosione compresa tra 24 e 48 (t/ha anno)
- 5° classe: erosione superiore a 48 (t/ha anno).

RISULTATI

Dall'indagine eseguita risulta che l'area della Tenuta può essere suddivisa in due grandi settori quello settentrionale e quello meridionale, separati nettamente dalla linea di spartiacque. Quest'ultima, compresa tra le quote di 65 ed 85 m s.l.m., taglia il territorio passando nelle seguenti zone: Malafede-C.Colombo, Piscinale, Santo Quercio.
Il primo settore, quello meridionale, è composto dalle unità geomorfologiche della *Duna antica* e della *Duna recente*. In esso sono presenti alcuni fossi di drenaggio naturale con andamento lineare, il cui valore di densità di drenaggio (definita come il rapporto tra la lunghezza delle aste drenanti di un bacino e l'area di quest'ultimo) è pari a 0,3 , valore piuttosto basso che testimonia uno scarso scorrimento delle acque superficiali. In questa zona l'erosione è piuttosto contenuta, a causa della concomitanza dei seguenti fattori: bassa pendenza, buona copertura vegetale, epipedon dei suoli con granulometria prevalentemente sabbioso-franca ed una discreta presenza di sostanza organica. I terreni dell'unità della Duna antica rientrano quasi tutti nella prima classe (erosione < 6 t/ha anno). La seconda classe di erosione (6-12 t/ha anno) è presente in aree piuttosto limitate, ed in particolare nelle zone coincidenti con i terrazzi morfologici dove si riscontrano pendenze maggiori rispetto alla media del settore. Le altre zone che sono state classificate in seconda classe sono quelle dei prati naturali, dove la copertura vegetale è prevalentemente erbacea con abbondante presenza di asfodelo (Asphodelus microcarpus) e piante rade della macchia mediterranea. L'unità della *Duna recente* è stata classificata tutta in prima classe, infatti, pur essendo in atto un effetto morfogenico di livellamento, però di fatto lo spostamento di materiale è molto breve e molto lento, in quanto fortemente rallentato dalla presenza della "macchia mediterranea" molto fitta.
Il secondo settore, quello settentrionale, coincidente con le unità geomorfologiche delle *Vulcaniti* e delle *Alluvioni recenti*, presenta forme di erosione piuttosto accentuate, le quali, nel tempo, hanno modellato questa parte di territorio incidendo profondamente le piroclastiti di copertura fino a scoprire la sottostante formazione di Ponte Galeria. In questo settore si è impostato un reticolo idrografico di tipo "dendritico" con una densità di drenaggio di circa 2,8, che ha dato origine ad una serie di vallecole più o meno ampie, caratterizzate da fondivalle subpianeggianti. La morfologia dei fondivalle è stata determinata sia dalle litologie presenti, sia dall'intensa azione antropica a cui sono stati soggetti. Questa unità presenta situazioni di erosione complesse dove il fattore morfologico e quello litologico prevalgono su gli altri.
Nei pianori sommitali e nelle vallate, pur essendo i valori di pendenza molto bassi, l'erosione tende comunque ad essere sensibile, pertanto sono state considerati in terza classe (12-24 t/ha anno). Queste zone, essendo quelle più fertili, sono soggette ad intenso sfruttamento antropico, che da una parte riduce sensibilmente il tenore di sostanza organica, con conseguente indebolimento degli aggregati, dall'altro fa si che il terreno si trovi allo stato lavorato e privo di copertura vegetale nel periodo di massima piovosità (stagione autunno-invernale).
La zona dei versanti vallivi, che danno sulla vallata del Fosso di Malafede, presenta caratteristiche di erosione diversificate, ma comunque molto elevate. Più precisamente le zone delle Tre Cannelle, Fosso Trafusa e la Cassa fino all'inizio della Valle dell'Oro, i cui versanti sono formati dall'unità sedimentaria

alluvionale-deltizia di Ponte Galleria, presentano pendenze comprese tra 10 e 30 % ed una erosione medio alta, pertanto figurano in quarta classe (24-48 t/ha anno). Mentre i versanti compresi tra la Valle dell'Oro e il Fosso della Romagnola, dove affiorano le formazioni di Ponte Galeria in basso e quella delle piroclastiti in alto, ricadono in quinta classe (erosione > 48 t/ha anno). Tali versanti presentano, in generale, valori elevati delle pendenze (30~50 %) soprattutto in corrispondenza dei punti di affioramento delle vulcaniti e l'entità dell'erosione, sia lineare che areale, è notevolmente alta anche se parzialmente mitigata dalla copertura vegetale arborea. Nei sistemi vallivi di Fosso dell'Oro e Fosso Romagnola i versanti, costituiti prevalentemente da tufi, presentano frequentemente forme di erosione con pareti sub-verticali, che in alcuni casi hanno le caratteristiche di forre. Abbinati a questa forma erosiva si riscontrano numerosi movimenti franosi di tipo a "crolli", causati da scalzamento alla base. Questa circostanza è dovuta al fatto che le formazioni delle piroclastiti hanno una risposta all'erosione più contenuta rispetto ai sottostanti litotipi della formazione di Ponte Galeria composta essenzialmente da alternanze di limi argillosi e da ghiaie limo-sabbiose ad alta erodibilità.

CONCLUSIONI

Nonostante che si sia rilevata una tendenza ad una distribuzione diversa delle piogge durante l'anno ed un sensibile aumento delle stesse nel periodo autunnale, la quasi totalità del territorio studiato presenta valori di erosione medio-bassi di erosione (< 12 t/ha anno). Ciò è riconducibile ad una concomitanza di fattori: geopedologici (i suoli hanno prevalentemente un epipedon sabbioso), morfologici (gran parte dell'area presenta deboli pendenze) e vegetazionali (estesa copertura boschiva).
Valori elevati di erosione (> 24 t/ha anno) sono stati riscontrati esclusivamente nel settore settentrionale, in una piccola fascia limitatamente ai suoli con substrati vulcanici, dove i versanti vallivi sono particolarmente acclivi. In queste zone, inoltre, sono presenti anche numerose frane per crolli, in particolare dove le valli tendono a chiudersi e prendere l'aspetto di forre.

BIBLIOGRAFIA

[1] AGROTEST S.A., AUW, EARS, IBERSAT S.A., ITC, KNMI (1994) - *Progetto ASMODE* - Programma EC DG-XII RTD. Progetto EV5V-CT91-002

[2] Aru A. (1997) – *Progetto Medalus in Sardegna* – Iniziative europee per combattere la desertificazione nel bacino mediterraneo, I° Forum Internazionale, Matera (Italia)

[3] Basso F., Bellotti A., De Natale F., Ferrara A:, Pisante M. (1997) – *Analisi del rischio di degradazione del suolo in aree agricole della Basilicata: una proposta metodologica* - I° Forum Internazionale, Matera (Italia)

[4] Borselli L. (1993) – *Temporal changes in soil erodibility* – Ediz. Tip. Bertelli, Firenze

[5] Giordano A. , Marchisio C. (1991) – *Analysis and correlation of the existing soil erosion maps in the Mediterranean basin* - Ediz. Tip. Bertelli, Firenze

[6] Ciccacci S., Fredi P., Lupia Palmieri E. &Pugliese F. (1980) – *Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali* – Boll. Soc. Geol. It 99, 455-516

[7] Lorè A., Magaldi D. (1995) - *Erosion hazard assessment: an example for the Province of L'Aquila, Central Italy* – Ediz. Tip. Bertelli, Firenze

[8] Gisotti G. (1985) – *Elementi di geopedologia* – Pathron Edit. , Bologna

[9] Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1995) – *Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains* – Agriculture Handbook n.282, Agriculture Research Service U.S.

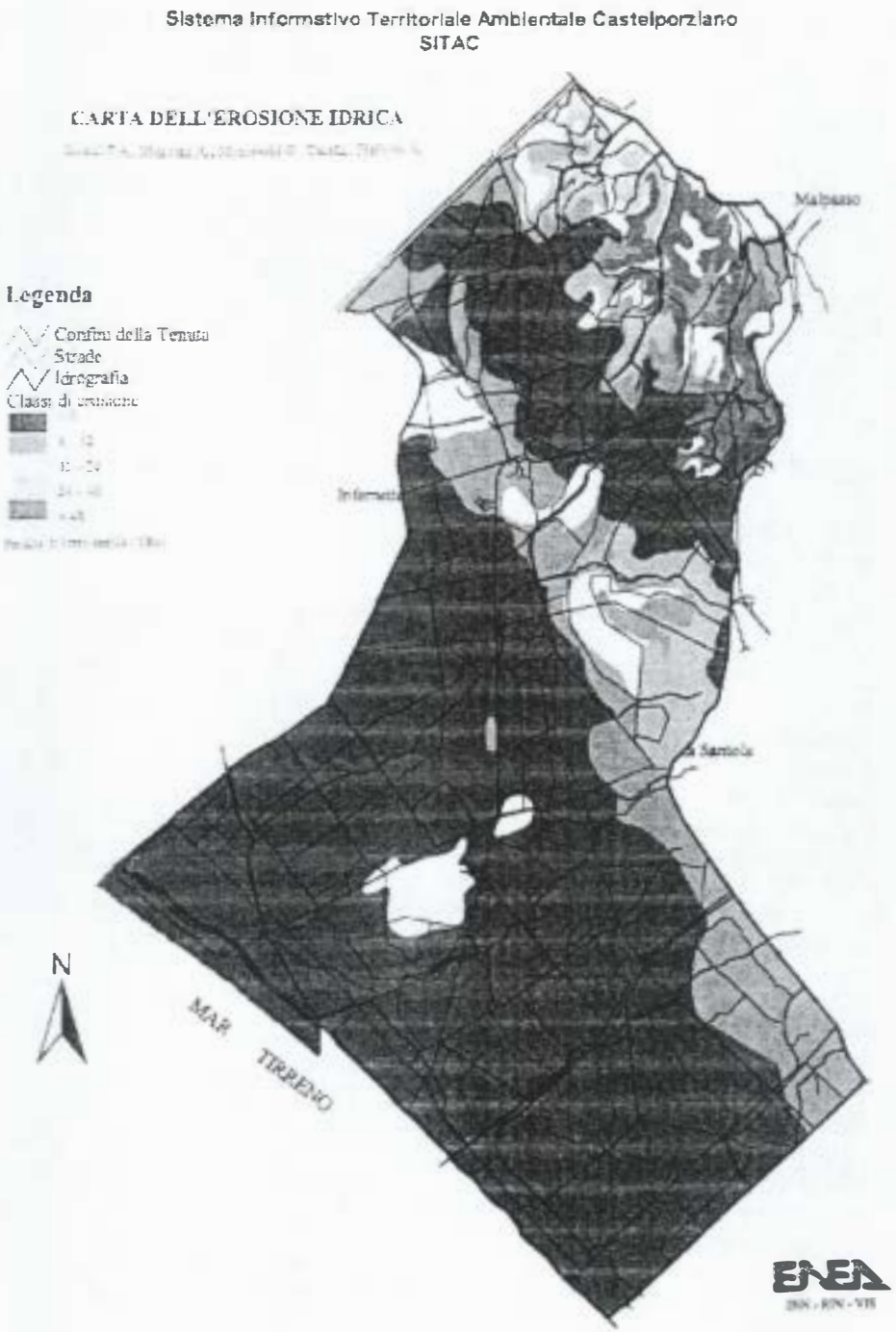


Figura 2 - Carta dell'Erosione Idrica della Tenuta Presidenziale di Castelporziano

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Effetti su alcuni Parametri Funzionali del Suolo in seguito all'Attività di Rooting dei Cinghiali
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVE	Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica - Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	C. Di Dio, F.A. Biondi, S. Focardi, U. Neri, A. Tinelli, A. Figliolia

INTRODUZIONE

La Tenuta di Castelporziano ha un'estensione di circa 6.000 ha ed è popolata da numerose specie animali, tra le quali il cinghiale (*Sus scrofa*) costituisce una presenza importante e peculiare, stimata intorno a 600-700 unità.
Ai fini della conservazione delle caratteristiche naturali degli ecosistemi che caratterizzano la Tenuta, è stato condotto uno studio interdisciplinare nell'ambito del Monitoraggio Ambientale. al quale hanno partecipato i G.d.L. Impatto Antropico, Suolo e Fauna. La finalità dello studio è stata quella di individuare le eventuali relazioni causa-effetto esistenti tra la presenza dei cinghiali e la loro attività di rooting e le caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche del suolo.
Precedenti studi sull'attività di scavo dei cinghiali, di durata pluridecennale, effettuati in ambienti pedoclimatici differenti da quello mediterraneo, in zone caratterizzate da clima continentale (Olanda), non hanno messo in luce particolare influenza sull'ecosistema terrestre, relativamente a: sostanza organica, pH e densità apparente dei suoli oggetto di studio, mentre sono emerse alcune correlazioni tra l'intensità del rooting e la rigenerazione forestale.
Lo scopo del presente lavoro è lo studio degli effetti del rooting su alcuni parametri chimici e fisici del suolo per stabilire se il carico dei cinghiali è eccessivo per l'ecosistema studiato e se è possibile effettuare una ipotesi sul passaggio degli stessi su determinate aree.

MATERIALI E METODI

I rilievi sono stati effettuati su alcuni dei 40 transetti tracciati e monitorati dal gruppo Fauna, distribuiti nei principali ambienti della Tenuta.
Ogni transetto è largo 2 m e suddiviso in cinque segmenti lunghi ciascuno 100 metri.
In particolare sono stati presi in considerazione 2 transetti caratterizzati da rooting elevato, 2 da rooting medio e 2 da rooting scarso. Tale suddivisione in classi è basata sulla frequenza degli eventi di scavo e sulle profondità raggiunte durante tale attività.
Inoltre, all'interno di ogni transetto, i rilievi sono stati effettuati su due dei cinque segmenti che lo compongono scegliendo quelli con il massimo numero di eventi (A) e quello caratterizzato dal minimo numero di eventi (B).
I suoli delle aree di studio, risultano tutti posti sull'unità geomorfologica della duna antica. L'area di studio è prevalentemente coperta da vegetazione arborea e arbustiva caratterizzata dalla presenza di Pinus Pinea, querceto misto sempreverde e querceto misto caducifoglio.
Dopo una descrizione morfologica e vegetazionale dei siti sono stati effettuati rilievi fisico meccanici sul suolo (tre repliche) a due diverse profondità:0-5 cm e 5-10 cm e sono stati prelevati campioni di terreno per i due strati. I parametri presi considerati sono stati:

- Sforzo di taglio con pocket vane share (Nm);
- Incremento percentuale dello sforzo di taglio dello strato 5-10 cm rispetto a quello 0-5 cm;
- Massa volumica apparente (Mg m^{-3}) con il metodo del cuneo di sabbia;
- Macroporosità (%) per via indiretta;
- Sostanza organica (%), determinata in triplo, mediante il metodo di Walkey & Black;

- Granulometria per via densimetrica, determinata in triplo;
- Indice dei Colloidi (Ic), valore che prende in considerazione il contenuto di sostanza organica e la percentuale di argilla secondo la seguente formula:

$$Ic = 10\ (s.o.) + (argilla)$$

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza. La significatività degli effetti è stata valutata in base al test "F", mentre le differenze minime significative (MDS) sono state stimate in base al test "t". Nelle tabelle e nelle figure vengono riportati sia gli effetti significativi, che non significativi nel caso di caratteri di particolare rilevanza.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I valori medi relativi all'indice dei colloidi, riportati in tabella 1, presentano differenze significative confrontando le classi di rooting elevato e medio con quella a scarso rooting. Tale indice trova un razionale impiego nel sintetizzare gli effetti combinati di sostanza organica e argilla sul grado di strutturazione del suolo, grazie alle loro proprietà cementanti. In particolare, si osserva che per tale indice non esistono differenze nei due strati considerati (0-5 e 5-10 cm) per la classe a scarso rooting, mentre nelle altre due classi si evidenzia un aumento sia della sostanza organica che del tenore in argilla, passando dallo strato superficiale a quello sottostante (figura 1). Questo fenomeno può essere dovuto a un rimescolamento in seguito all'attività di scavo.

Indice dei colloidi		**A**		**B**	
		0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Rooting	Elevato	59,9	84,5	77,0	191,0
	Medio	46,6	191,5	20,6	141,5
	Minimo	62,6	51,2	62,6	108,4
*MDS (P<0,05) = **35,29***					

Tabella 1 - Valori medi relativi all'indice dei colloidi

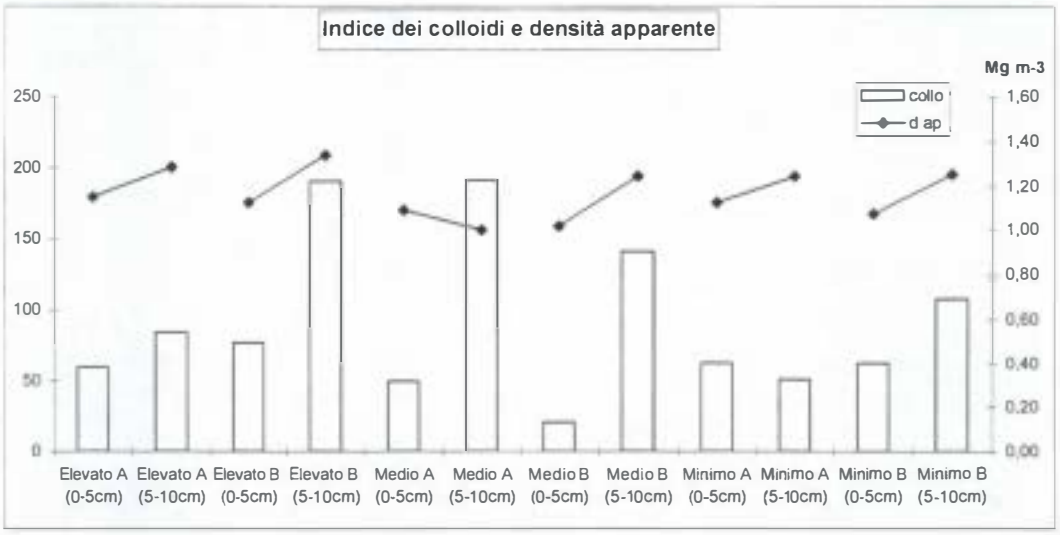


Figura 1 - Andamento dell'indice dei colloidi e della massa volumica apparente

Per quanto concerne la massa volumica apparente (tabella 2) e la macroporosità (tabella 3) l'attività di rooting non è risultata influire in maniera significativa, anche se si può osservare in tutte le classi un incremento di detto parametro nello strato più profondo. In particolare l'aumento maggiore si è verificato nei transetti caratterizzati da elevato rooting.
Dal confronto delle medie relative alla macroporosità e alla capacità di campo, nella figura 2 si può osservare che i due parametri presentano per le 3 classi di rooting un decremento nello strato 5-10 cm, sebbene statisticamente l'attività dei cinghiali risulta influenzare solo la capacità di campo.

Massa Volumica Apparente (Mg m^{-3})		A		B	
		0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Rooting	Elevato	1,15	1,28	1,13	1,34
	Medio	1,09	1,00	1,02	1,24
	Minimo	1,13	1,24	1,08	1,25

Tabella 2 - Valori medi di Massa Volumica Apparente

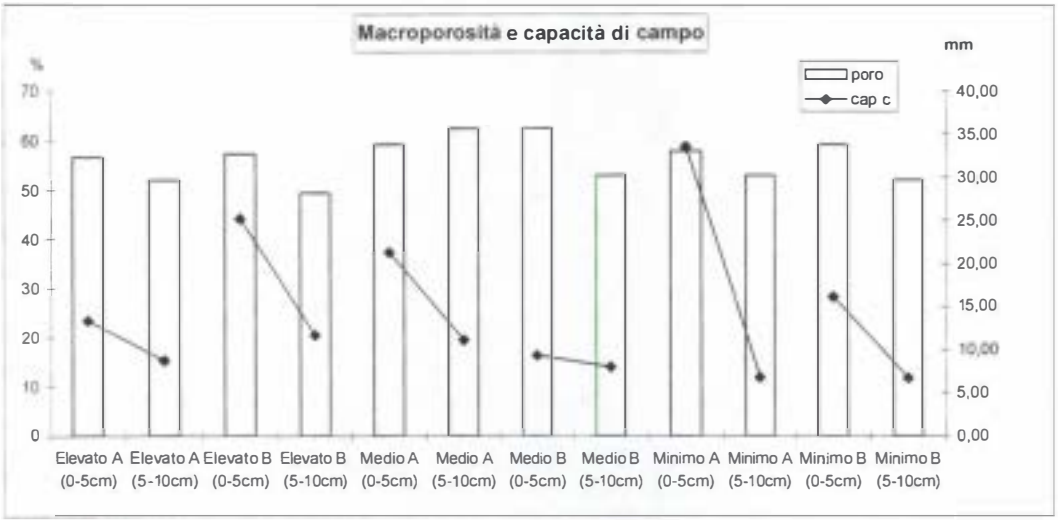


Figura 2 - Andamento della macroporosità e della capacità di campo

Macroporosità (%)		A		B	
		0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Rooting	Elevato	56,61	51,94	57,23	49,31
	Medio	59,11	62,26	62,39	52,95
	Minimo	57,86	52,95	59,12	52,06

Tabella 3 - Valori medi di Macroporisità

Capacità di campo (mm)		A		B	
		0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Rooting	Elevato	13,40	8,75	25,2	11,65
	Medio	21,3	11,1	9,3	8
	Minimo	33,52	6,8	16,15	6,7
MDS (P < 0,05) = 11,15					

Tabella 4 - Valori medi di Capacità di Campo

La resistenza al taglio, ovvero lo sforzo necessario a vincere la forza di coesione degli aggregati del suolo, e l'incremento della stessa nel passaggio dello strato profondo a quello superficiale, (figura 3 e 4, tabella 5 e 6), rappresentano validi indicatori del grado di disturbo degli strati considerati. In particolare la resistenza al taglio nei transetti caratterizzati da elevato rooting ha subito un netto incremento nell'orizzonte 5-10 cm, dovuto a fenomeni di sollecitazione meccanica di varia natura (compattamento, slittamento, taglio, ecc.). Nei transetti delle altre due classi, invece, i valori di resistenza al taglio più elevati si riscontrano nello strato superficiale.
Osservando il trend di alcuni parametri considerati rispetto alle classi di rooting e alle profondità considerate, si possono notare andamenti simili per quanto riguarda la resistenza al taglio e l'indice dei colloidi, per le classi di elevato e di scarso rooting.
Inoltre un andamento analogo si riscontra nei valori medi della massa volumica apparente nella resistenza al taglio, per la classe di rooting elevato.

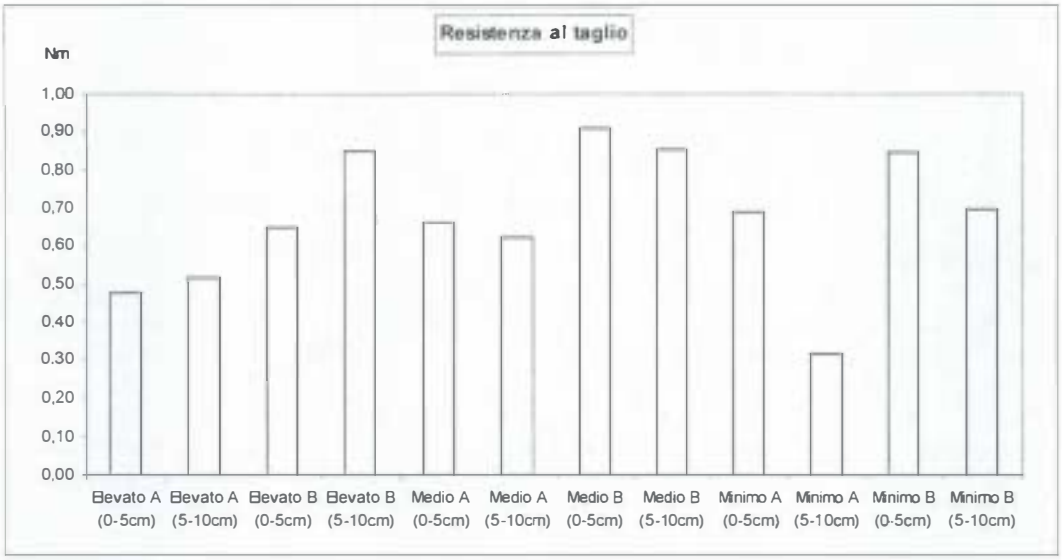


Figura 3 - Andamento della resistenza al taglio

Resistenza al taglio (Nm)		A		B	
		0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
Rooting	Elevato	0.47	0,51	0,65	0,85
	Medio	0,66	0,62	0,91	0,86
	Minimo	0,69	0,21	0,84	0,70

Tabella 5 - Valori medi di Resistenza al taglio

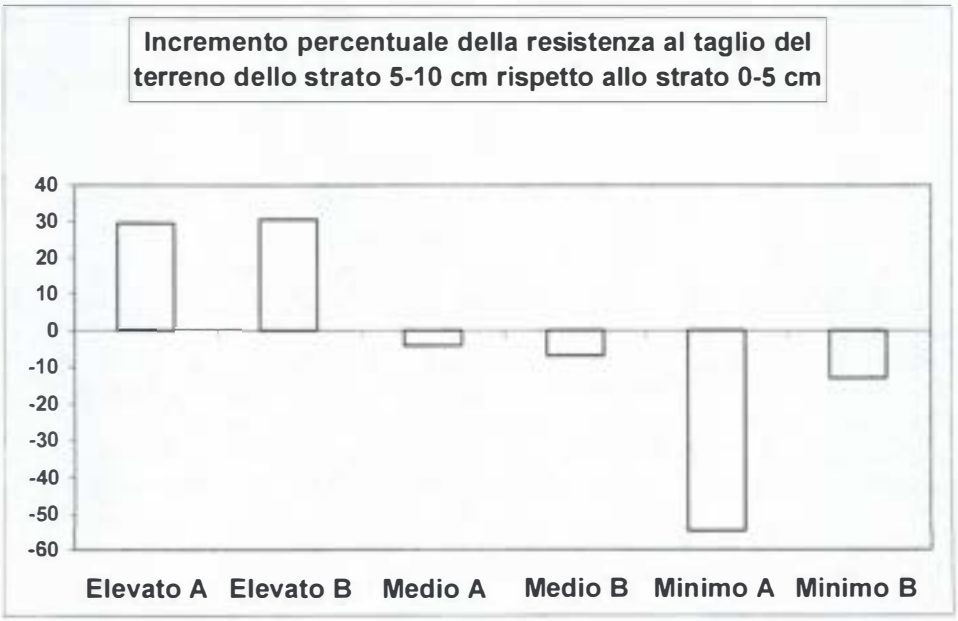


Figura 4 - Incremento percentuale della resistenza al taglio

Incremento della resistenza al taglio (%)		A	B	*Media**
Rooting	Elevato	29,6	30,5	30,0 A
	Medio	- 4,1	- 6,9	- 5,5 B
	Minimo	- 54,7	- 13,1	- 33,9 C

* Le lettere indicano differenze tra le medie per $P < 0,01$.

Tabella 6 - Incremento percentuale della resistenza al taglio

CONCLUSIONI

Dallo studio descritto, emerge che l'alta frequenza e l'intensità di rooting ha comportato in seguito all'elevato grado di rimescolamento degli strati, un incremento dell'indice dei colloidi nello strato 5-10 cm.

Tuttavia un più evidente fenomeno del grado di disturbo del rooting si osserva con l'andamento dell'incremento percentuale della resistenza al taglio dello strato profondo rispetto a quello superficiale, in quanto parametro sintetico e significativo anche statisticamente: l'elevata attività dei cinghiali ha causato, in seguito alle sollecitazioni di vario genere, un degrado nella struttura del suolo, ben evidente nel caso dei transetti interessati da elevato rooting.

Inoltre, è importante tenere presente che in un ambiente pedoclimatico quale quello mediterraneo, il rimescolamento dei vari orizzonti del suolo comporta una mineralizzazione della sostanza organica del suolo più spinta rispetto ad una situazione di non disturbo. Questi fenomeni determinano non solo un progressivo impoverimento della fertilità chimica del suolo, ma anche una grave deficienza del potere tampone della parte organica del suolo, comportando una sempre minore tolleranza e assorbimento delle sollecitazioni fisico-meccaniche che tendono a degradare la struttura del suolo, difficile da ripristinare in tempi brevi.

BIBLIOGRAFIA

[1] AA.VV.,1994. Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. Ministero delle Risorse Agricole e Forestali. Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Roma.

[2] Gisotti G.- Collamarini D., 1982. Suolo e vegetazione nella Tenuta di Castelporziano. GENIO RURALE Anno XLV-n.9.

[3] Benedetti A., Fiorelli F., Marchionni M., Focardi S., Monetti D., 1998. Effetto del Rooting del Cinghiale (*Sus scrofa L.*) sulle Caratteristiche Chimiche e Biologiche del Suolo in Ambiente Mediterraneo. Report del: Progetto di Monitoraggio Ambientale della tenuta di Castelporziano.

[4] Biondi F.A., Di Dio C., Figliolia A., Tinelli A., 1998. Valutazioni di alcuni parametri fisico-meccanici di suoli sottoposti a pascolo. XV Convegno Annuale Nazionale S.I.S.S. (Società Italiana Scienza del Suolo). *Boll. della Soc. Ital. della Sci. del Suolo.*n°2: 3-11.

[5] Pagliai M., Grasselli O., Vignozzi N., 1998. Valutazione dell'Impatto Antropico sulle Qualità Fisiche del Suolo ,mediante l'analisi di Immagine. Report del: Progetto di Monitoraggio Ambientale della tenuta di Castelporziano.

[6] Focardi S., 1997. Biologia degli ungulati nella T.P. di Castelporziano. Report del: Progetto di Monitoraggio Ambientale della tenuta di Castelporziono. Seminario Tematico G.d.L. Fauna. Università degli Studi di Roma –Sede Zoologia- 25 Ottobre 1997.

[7] Groot Bruinderink G.W.T.A., Hazebroek E., 1996. Wild boar (*Sus scrofa L.*) rooting and forest regeneration on podzolic soils in the Netherlands. Forest Ecology and Management. N.8 71-80.

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Variazioni Strutturali di *Pinus Pinea* L. in Relazione agli Interventi Antropici Selvicolturali
RESPONSABILE	Prof.ssa L. Gratani
UNITA' OPERATIVE	Dipartimento di Biologia Vegetale – Università "La Sapienza" – Roma Tenuta Presidenziale di Castelporziano – Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	L. Gratani, M.F. Crescente, A. Tinelli

INTRODUZIONE

La struttura di un rimboschimento coetaneo di conifere differisce da quella di un bosco naturale di latifoglie, che è determinata generalmente dall'interazione di più specie. Di conseguenza, strutture forestali diverse rappresentano modi differenti di utilizzazione della luce [1, 2], con implicazioni sugli scambi gassosi [3, 4], sul tasso di accrescimento [5], sulla capacità di rigenerazione [6] e quindi, in generale, sulla produttività. La frequenza e l'intensità degli interventi selvicolturali hanno lo scopo di favorire lo sviluppo armonico delle chiome per incrementare la produttività ed assicurare la rinnovazione [7].
L'indice di area fogliare (LAI) è ampiamente utilizzato per descrivere la struttura dell'ecosistema forestale e valutarne lo stato funzionale [8, 9, 10, 11, 12]. Stime accurate di LAI possono essere utilizzate per lo sviluppo di modelli di produttività [10, 13, 14], poiché forniscono informazioni sulla distribuzione degli organi vegetali nello spazio [15, 16]. In particolare, per i boschi di conifere, sono state identificate relazioni significative fra il LAI, l'aumento in volume del fusto [17] e l'area basale dell'alburno [14, 17, 18, 19].
Lo scopo del presente lavoro è stato quello di analizzare le formazioni a *Pinus pinea* L. presenti all'interno dell'area di Castelporziano (S-SW di Roma, Lazio), valutare le variazioni che si determinano nel corso dell'evoluzione della struttura e le variazioni morfologiche degli aghi in funzione dell'età, nell'ottica dell'identificazione di indici di valutazione dello stato funzionale di pinete sottoposte ad attività antropiche e selvicolturali e della messa a punto di parametri per la realizzazione di schede di rilevamento utili per il monitoraggio.

MATERIALI E METODI

Sono stati analizzati i rimboschimenti a *Pinus pinea* L. di 15 anni di età (area di saggio A), 27 (area di saggio B), 34 (area di saggio C), 68 (area di saggio D) e 104 (area di saggio E), selezionate in riferimento al Piano di Gestione dei boschi e dei pascoli della Tenuta di Castelporziano 1988-1997.
Nel mese di Luglio 1999, in tutte le aree di saggio è stata condotta l'analisi strutturale, utilizzando sub-aree di 400 m^2, nelle quali sono stati misurati per tutti gli individui presenti il diametro a 1.30 m e l'area di insidenza della chioma. Sono state calcolate inoltre la densità e l'area basimetrica totale. In ogni sub-area sono stati tagliati tre individui rappresentativi e sono state misurate: l'altezza totale e l'altezza di inserzione della chioma. E' stato calcolato lo spessore della chioma (altezza totale – altezza di inserzione della chioma) ed il volume della chioma (area di insidenza x spessore) [7].
L'indice di area fogliare è stato misurato mediante il LAI-2000 Plant Canopy Analyser (Li-cor, Inc., Lincoln, Nebrasca, USA, in accordo a Welles e Norman [16], Brenner *et al.* [20], Welles e Cohen [21]. E' stato applicato il fattore di correzione proposto da Stenberg *et al.* [22] per i boschi di conifere.
In ciascuna particella, dalla porzione media esterna della chioma di 4 individui rappresentativi della popolazione, sono stati prelevati gli aghi dell'anno corrente e dell'anno precedente (Tab. 2) [23]. Sono stati determinati: il peso fresco, il peso secco (dopo permanenza in stufa a 80°C fino a peso costante), la lunghezza e la proiezione della superficie degli aghi, mediante il sistema *Image Analysis System, Delta-T Devices*, England) in accordo a Troeng e Linder [24]. E' stato misurato lo spessore fogliare mediante un

calibro digitale. Sono stati quindi ricavati i seguenti indici: lo SLW (rapporto fra il peso secco e la superficie degli aghi) e lo SNW (rapporto fra il peso secco e la lunghezza degli aghi [23]).
L'analisi statistica è stata effettuata utilizzando il software "Statistica" (StatSoft, USA). In particolare i dati relativi alla caratterizzazione morfologica fogliare sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA), al Tukey test per comparazioni multiple ed al test F. E' stata effettuala l'analisi di regressione fra tutti i parametri morfologici analizzati.

RISULTATI

I rimboschimenti a *Pinus pinea* presenti nell'area di Castelporziano ricoprono circa 678 ha, di cui il 18% è di età compresa fra 1 e 30 anni, il 41% fra 31 e 60 anni, il 40% fra 61 e 120 anni e l'1% è di età superiore a 120 anni (Fig. 1).

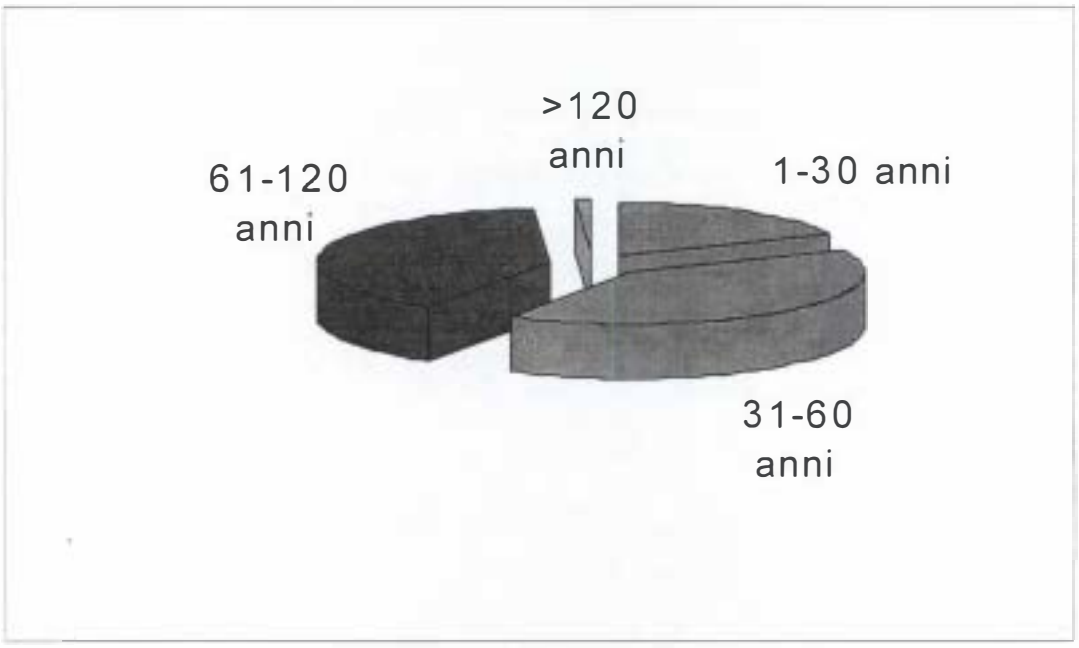


Figura 1 - Distibuzione dei rimboschimenti a *Pinus pinea* L.,
in base all'età, all'interno dell'area di Castelporziano.

La densità della popolazione varia da 1600 individui ha^{-1} nelle formazioni più giovani a 74 individui ha^{-1} nelle più vecchie (Fig. 2); le variazioni strutturali più rilevanti legate all'età si osservano intorno ai 34 anni, poiché cambia sostanzialmente il rapporto altezza totale/altezza della chioma. L'altezza della chioma a 15 anni rappresenta il 69% dell'altezza totale, a 34 anni il 30% ed a 104 anni il 15%. Il controllo della densità delle particelle viene effettuato con tagli periodici: mediamente dai 15 ai 34 anni il numero di individui per ettaro si riduce del 94%, consentendo uno sviluppo individuale equilibrato ed un incremento del 95% del volume della chioma: l'area basimetrica complessiva passa da 7.1 a 13.5 m^2 ha^{-1} con un incremento del 47%, l'altezza da 3.2 m a 13.5 m ed il diametro del tronco (Tab. 1) da 7.5 a 40.6 cm con un incremento di circa l'82%. A 68 anni si osserva un ulteriore aumento dell'altezza (del 29%) e del diametro (17%). A 104 anni il volume della chioma raggiunge 101.6 m^3.

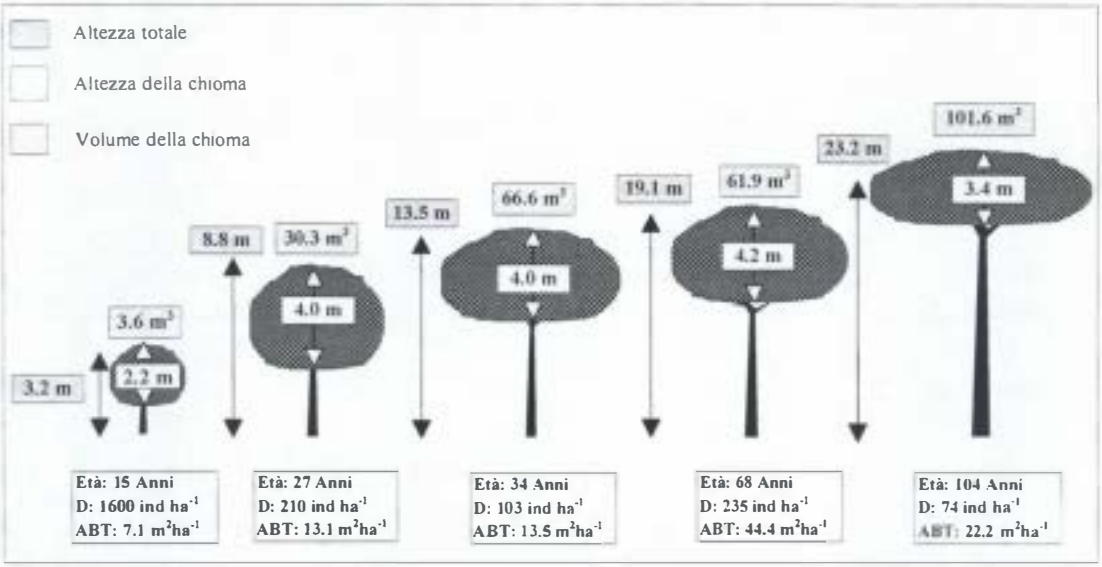


Figura 2 - Variazioni strutturali di *Pinus pinea* in relazione all'età e alla densità (D) delle aree di saggio (ABT) = area basimetrica totale.

Età: 15 anni	Età: 27 anni	Età: 34 anni	Età: 68 anni	Età: 104 anni
d = 7.5 cm	d = 28.1 cm	d = 40.6 cm	d = 49.1 cm	d = 61.9 cm

Tabella 1 - Valori del diametro (d) in relazione all'età.

Il LAI varia in relazione alla densità ed all'età (Fig. 3), ovvero in relazione alle variazioni strutturali del sistema: valori elevati (LAI=2.2) si osservano nelle giovani pinete (15 anni) caratterizzate da una elevata densità (1600 individui ha^{-1}) ma da dimensioni ridotte che determinano una ridotta area basimetrica totale (7.1 m^2 ha^{-1}). Nella pineta di 27 anni si trovano i valori più bassi di LAI (0.9) che sembrano giustificati dal ritardo nel diradamento che ha determinato un ridotto sviluppo del diametro e del volume delle chiome. Il LAI raggiunge infatti il valore più elevato (3.1) nelle pinete di 34 anni, in relazione ad un consistente aumento del volume della chioma (55%), ed una riduzione del 52% (LAI=1.5) nelle pinete di 104 anni, a causa di un'ulteriore riduzione della densità (28%).

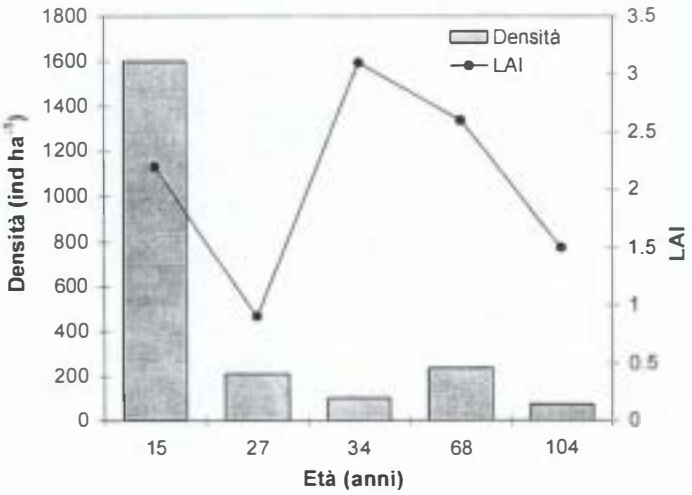


Figura 3 - Andamento dell'indice di area fogliare (LAI) in relazione alla densità e all'età della popolazione.

L'analisi morfologica condotta sugli aghi mostra differenze significative ($p < 0.001$) tra gli aghi dell'anno corrente e quelli dell'anno precedente per tutti i caratteri esaminati (Tab. 2). La superficie, la lunghezza e lo spessore degli aghi più vecchi risultano rispettivamente più elevati del 56%, del 47% e del 15% rispetto a quelli degli aghi dell'anno corrente.
Le differenze maggiori fra gli aghi di diversa età si riscontrano nello SNW. Il valore del test F è risultato particolarmente elevato (1831), a conferma del fatto che le medie dei due gruppi (1 e 2) sono notevolmente differenti. I valori più elevati di SNW (> del 33%) e di SLW (> del 18%) si riferiscono agli aghi più vecchi.

Aree di saggio		A	B	C	D	E	Media	F
S (cm^2)	1	1.3±0.2	1.1±0.2	1.2±0.2	1.3±0.1	1.2±0.1	1.2±0.2	1309.7
	2	2.7±0.1	2.3±0.4	2.8±0.4	3.1±0.3	2.9±0.3	2.8±0.4	
PS (mg)	1	41.8±4.2	36.7±2.2	41.6±5.2	42.2±2.7	41.4±3.9	40.8±4.2	1741.4
	2	111.9±5.6	96.4±16.1	119.6±12.9	126.7±19.0	118.7±12.4	114.7±17.2	
L (mm)	1	7.0±0.5	5.8±0.3	6.9±0.6	6.6±0.3	6.5±0.4	6.6±0.6	1533.5
	2	11.7±0.4	10.9±1.1	12.5±0.9	14.0±0.9	12.9±0.8	12.4±1.4	
SNW ($mg\ cm^{-1}$)	1	6.0±0.3	6.3±0.1	6.0±0.4	6.4±0.2	6.3±0.3	6.2±0.3	1831.2
	2	9.6±0.4	8.8±0.6	9.5±0.4	9.0±0.9	9.2±0.4	9.2±0.6	
SLW ($mg\ cm^{-2}$)	1	32.8±1.6	33.7±3.9	35.7±1.8	32.0±0.9	35.3±1.7	33.9±2.0	707.6
	2	41.5±0.9	41.3±1.4	42.4±1.7	40.6±3.0	40.5±1.1	41.2±1.9	
Sp (mm)	1	1.17±0.04	1.16±0.04	1.19±0.04	1.19±0.06	1.20±0.05	1.18±0.50	639.6
	2	1.35±0.03	1.35±0.06	1.40±0.04	1.40±0.07	1.37±0.06	1.38±0.58	

Tabella 2 - Caratteristiche morfologiche degli aghi di *Pinus pinea* dell'anno corrente (1) e dell'anno precedente (2). A = area di saggio di 15 anni di età; B = area di saggio di 27 anni di età; C = area di saggio di 34 anni di età; D = area di saggio di 68 anni di età; E = area di saggio di 104 anni di età. S = proiezione della superficie; PS = peso secco; L = lunghezza; SNW = rapporto fra il peso secco e la lunghezza; SLW = rapporto fra il peso secco e la superficie; Sp = Spessore.

L'analisi di regressione ha evidenziato relazioni significative ($p < 0.01$) fra i parametri esaminati. In particolare la lunghezza degli aghi è strettamente correlata alla superficie ($r = 0.82$; $y = 6.2404x - 5.9876$), lo spessore della lamina alla lunghezza ($r = 0.84$; $y = 0.0301x + 0.9937$), al peso secco ($r = 0.83$; $y = 292.04x - 295.92$), allo SLW ($r = 0.80$; $y = 30.268x - 1.1045$) ed allo SNW ($r = 0.84$; $y = 12.017x - 7.6327$). Lo spessore della lamina risulta essere il parametro più rappresentativo della struttura fogliare.

DISCUSSIONE

Nelle pinete in esame sono state osservate variazioni strutturali significative in relazione alla densità ed all'età. Tali variazioni si riflettono sull'indice di area fogliare (LAI) che, di conseguenza, esprime il cambiamento della geometria delle forme, che si osserva sostanzialmente fra i 15 ed i 34 anni con un rilevante allungamento del fusto ed un sostanziale incremento del volume della chioma. Nel caso della pineta di 27 anni il basso valore di LAI è giustificato dal ridotto sviluppo delle chiome a causa del ritardo nel diradamento.
La longevità degli aghi di pino è di circa due anni e mezzo [25]. Sono state osservate variazioni morfologiche significative fra gli aghi dell'anno corrente e quelli dell'anno precedente relativamente alla

esaminati, si riferiscono all'area di saggio di 34 anni, probabilmente in relazione alla capacità di accumulo della biomassa fogliare che è noto [25] essere massima nelle strutture forestali di circa 40 anni di età. Lo SLW può quindi essere utilizzato per valutare variazioni dello stato funzionale in relazione a variazioni dei nutrienti nel suolo o a perturbazioni antropiche che possono incidere sulla capacità di accumulo della biomassa fogliare.
Lo SNW (peso secco per unità di lunghezza degli aghi), che è generalmente utilizzato per indicare il trasporto e l'accumulo delle riserve nelle conifere [1, 26], è risultato più significativo rispetto allo SLW per sottolineare le differenze morfologiche negli aghi di diversa età. I valori più elevati di SNW si riferiscono agli aghi più vecchi che rappresentano una fonte di fotosintati utilizzabile al momento della formazione dei nuovi germogli o nei momenti di stress [23, 24, 27, 28]. Si sottolinea quindi l'importanza di questo indice per valutare variazioni nell'efficienza fotosintetica in risposta a variazioni dei parametri ambientali.

CONCLUSIONI

Le pinete a *Pinus pinea* costituiscono un ecosistema di grande valenza paesaggistica la cui capacità produttiva è controllata dalle interazioni fra le specie coinvolte, le caratteristiche genetiche e le dimensioni degli individui presenti. Di conseguenza la periodicità ed il tipo di interventi selvicolturali, controllando le variazioni strutturali e funzionali che si verificano nel corso dello sviluppo, sono finalizzati al potenziamento della capacità produttiva e della valenza ecologica di questo sistema.
La disponibilità delle risorse fogliari influenza l'accumulo di biomassa fogliare e quindi il LAI [29]. Carenze nutrizionali o variazioni delle condizioni climatiche, come ad esempio un aumento dell'aridità, potrebbero determinare variazioni nell'accumulo di massa legnosa nel fusto e nelle radici piuttosto che di massa fogliare, con ripercussioni negative sulla produttività e sul LAI [30, 31]. Poiché la valutazione delle caratteristiche strutturali delle chiome rappresenta un criterio guida di particolare importanza nella programmazione degli interventi selvicolturali [7], le stime di LAI possono essere agevolmente utilizzate per monitorare le variazioni determinate dagli interventi antropici di diradamento in funzione dell'ottimizzazione della produttività.

Parole chiave: rimboschimenti a *Pinus pinea* L., struttura, LAI, morfologia fogliare.

BIBLIOGRAFIA

[1] YAMAMURA Y., 1984, Matter production processis of *Reineckia carnea* Kunth, an evergreen forest floor herb in the warm-temperate region of Japan. Bot. Mag. Tokjo, 97, 179-191.
[2] YAMAMURA Y., 1986, Matter-economical roles of the evergreen foliage of *Aucuba japonica*, an understory shrub in the warm-temperate region of Japan. I. Leaf demography, production and dry matter economy. Bot. Mag. Tokyo, 99, 323-332.
[3] KONINGS H., 1989, Physiological and morphological differences between plants with a high NAR or a high LAR as related to environmental conditions. In: H. LAMBERS, M.L. CAMBRIDGE, H. KONINGS, T.L. PONS (eds.), Causes and Consequences of Variations in Growth Rate and Productivity of Higher Plants. Academic Publishing, The Hague, 101-123.
[4] ELLSWORTH D.S., REICH P.B., 1992, Leaf mass per area, nitrogen content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seedlings in contrasting forest light environments. Funct. Ecol., 6, 423-435.
[5] POORTER H., REMKES C., 1990, Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. Oecologia, 83, 553-559.
[6] MARANON T., GRUBB P.J., 1993, Physiological basis and ecological significance of the seed size-relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. Funct. Ecol., 7, 591-599.
[7] CALAMINI G., GREGORI E., HERMANIN L., LOPRESTI R., 1988, Studio di una faggeta dell'Appennino pistoiese. Ulteriori indagini su biomassa e produzione primaria netta: distribuzione nelle componenti delle chiome. Ann. Acc. It. Sci. For., 37, 373-399.
[8] WARING R.H., 1983, Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area. Adv. Ecol. Res., 13, 327-354.
[9] WARING R.H., 1985, Imbalanced forest ecosystems: assessments and consequences. Forest Ecol. Manag., 12, 93-112.

[10] SAMPSON D.A., ALLEN H.L., 1995, Direct and indirect estimates of leaf area index (LAI) for lodgepole and loblolly pine stands. Trees, 9, 119-122.
[11] GRATANI L., FRATTAROLI A.R., 1996, Il rimboschimento nell'Alta Valle dell'Aterno. Metodologie di valutazione. In: B. CICOLANI (ed.), Monitoraggio Biologico del Gran Sasso. Andromeda Editrice, 322-325.
[12] GRATANI L., FOTI I., 1998, Estimating forest structure and shade tolerance of the species in a mixed deciduous broad-leaved forest in Abruzzo, Italy. Ann. Bot. Fennici., 35, 75-83.
[13] GHOLZ H.L., 1982, Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area, and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest. Ecology 63, 469-481.
[14] SCHROEDER P.E., MCCANDISH B., WARING R.H., PERRY D.A., 1982, The relationship of maximum canopy leaf area to forest growth in eastern Washington. Northwest Science, 56, 121-130.
[15] PARKER G.G., O'NEILL J.P., HIGMAN J.P., 1989, Vertical profile and canopy organization in a mixed deciduous forest. Vegetatio, 85, 1-11.
[16] WELLES J.M., NORMAN J.M., 1991, Instrument for indirect measurement of canopy architecture. Agron. J., 83, 818-825.
[17] MCLEOD S.D., RUNNING S.W., 1988, Comparing site quality indices and productivity in Ponderosa pine stands of western Montana. Can. J. For. Res., 18, 346-352.
[18] MARSHALL J.D., WARING R.H., 1986, Comparison of methods of estimating leaf-area index in old-growth Douglas-fir. Ecology, 67, 975-979.
[19] HUNGERFORD R.D., 1987, Estimation of foliage area in dense Montana lodgepole pine stands. Can. J. For. Res., 17, 320-324.
[20] BRENNER A.J., CUETO ROMERO M., GARCIA HARO J., GILABERT M.A., INCOLL L.D., MARTINEZ FERNANDEZ J., PORTER E., PUGNAIRE F.I., YOUNIS M.T., 1995, A comparison of direct and indirects methods for measuring leaf and surface areas of individual bushes. Plant Cell Environ., 18, 1332-1340.
[21] WELLES J.M., COHEN S., 1996, Canopy structure measurement by gap fraction analysis using commercial instrumentation. J. Exp. Bot., 302, 1335-1342.
[22] STENBERG P., LINDER S., SMOLANDER H., FLOWER-ELLIS J., 1994, Performance of the LAI-2000 plant canopy analyzer in estimating leaf area index of some Scots pine stands. Tree Physiol., 14, 981-995.
[23] KIMURA M., 1992, Seasonal change in specific needle weight of *Pinus thunbergii*. Ecol. Res., 7, 199-202.
[24] TROENG E., LINDER S., 1982, Gas exchange in a 20-year-old stand of Scots pine Physiol. Plant., 54, 15-23.
[25] CABANETTES A., RAPP M., 1981, Biomasse, minéralomasse et productivité d'un écosysteme à Pinus pignons (*Pinus pinea* L.) du littoral méditerranéen. Acta Oecol., 2, 381-394.
[26] KOIZUMI H., 1985, Studies on the life history of an evergreen herb, *Pyrola japonica*, population on a forest floor in a warm temperate region. I. Growth, net production and matter economy. Bot. Mag. Tokjo, 98, 383-392.
[27] ERICSSON A., 1978, Seasonal changes in translocation of ^{14}C from different age-classes of needles on 20-year-old Scots pine trees (*Pinus sylvestris*). Physiol. Plant., 43, 351-358.
[28] ERICSSON A., 1979, Effect of fertilization and irrigation on the seasonal change of carbohydrate reserves in different age-classes of needles on 20 year old Scots pine tree (*Pinus sylvestris*). Physiol. Plant., 45, 270-280.
[29] STENBERG P., KANGAS T., SMOLANDER H., LINDER S., 1999, Shoot structure. canopy openness, and light interception in Norway spruce. Plant Cell Environ., 22, 1133-1142.
[30] DE LUCIA E.H., SCHLESINGER W.H., BILLINGS W.D., 1988, Water relations and the maintenance of Sierran conifers on hydrothermally altered rock. Ecology, 69, 303-311.
[31] KORNER C., ARNONE III J.A., 1992, Responses to elevated carbon dioxide in artificial tropical ecosystems. Science, 257, 1672-1675.

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Rilevamenti dei Flussi di Traffico lungo le Vie di Comunicazione che Costeggiano la Tenuta Presidenziale di Castelporziano per la Determinazione dei Termini Sorgente di un Codice di Trasporto Atmosferico
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVE	ENEA – AMB - C.R. Frascati – Roma WWF - Sezione Litorale Romano - Delegazione Lazio
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	S. Merolli, S. Polenta, S. Rea, D. Meloni,

INTRODUZIONE

Le numerose campagne di misura effettuate per il rilevamento dei livelli di inquinamento atmosferico all'interno e lungo i confini della tenuta hanno evidenziato che l'origine prevalente dell'inquinamento, fatta eccezione per l'ozono, è da attribuirsi al traffico veicolare lungo le vie di collegamento che costeggiano la tenuta.
Ai fini della messa a punto di una capacità previsionale dell'impatto delle attività antropiche sulla tenuta, da realizzare mediante un opportuno codice di trasporto degli inquinanti, è apparso indispensabile realizzare un rilevamento dei flussi autoveicolari lungo le strade costeggianti la tenuta per la caratterizzazione del termine sorgente.
Si è deciso, pertanto, di avviare un monitoraggio stagionale del traffico, della durata di una settimana a stagione, lungo le arterie: Cristoforo Colombo, Pontina e Litoranea. Le quattro campagne di rilevamento sono state effettuate la prima dal 8 al 14 marzo 1999, la seconda dal 31 maggio al 6 giugno 1999, la terza dal 22 al 28 luglio 1999 e la quarta dal 13 al 19 dicembre 1999.
Una caratterizzazione significativa dei termini sorgente richiede che i rilevamenti dei flussi di traffico vengano effettuati tenendo in considerazione le varie tipologie e le velocità dei mezzi di trasporto. Si è ritenuto che un compromesso ragionevole tra impegno di risorse da impiegare e rappresentatività dei risultati potesse essere quello di effettuare rilevamenti del flusso veicolare che tenessero in considerazione tre classi di mezzi di trasporto: motoveicoli, autoveicoli e mezzi pesanti. I rilevamenti sono stati effettuati lungo tutte le arterie principali di traffico adiacenti la tenuta dalle 7 alle 20, per una durata di 13 ore al giorno (arco di tempo all'interno del quale è concentrata la maggior parte del traffico connesso all'attività lavorativa), per cinque giorni alla settimana, mediante conteggio da parte di operatori dislocati lungo le strade su ambedue le carreggiate.
Nella prima campagna i giorni presi in esame sono stati quelli feriali dal lunedì al venerdì, mentre nella seconda serie di rilevamenti le osservazioni sono state estese anche ai giorni festivi. I rilevamenti di traffico nella seconda campagna sono stati effettuati a giorni alterni sulle tre strade con lo stesso numero di operatori. I volumi di traffico nei giorni non rilevati sono stati dedotti dai rapporti ricavati dalla prima campagna.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

I risultati complessivi delle quattro campagne di monitoraggio sono riportati nelle fig. 1, 2 e 3. Per ciascuna delle tre vie di collegamento lungo le quali sono stati effettuai i rilevamenti possono essere fatte le seguenti considerazioni:

VIA PONTINA.
Pur tenendo conto che il limitato intervallo temporale durante il quale sono stati effettuati i rilevamenti non autorizza ad assumere i valori rilevati come rappresentativi delle medie settimanali stagionali, tuttavia l'andamento dei flussi settimanali di autoveicoli evidenzia abbastanza nettamente l'assenza di una

significativa modulazione stagionale. Il numero di autoveicoli transitati nella settimana di misura durante l'intervallo di conteggio è risultato compreso tra circa 266000 (dicembre 1999) e 379000 (marzo 1999).
E' risultato praticamente costante, fatta eccezione nella campagna di luglio durante la quale si è registrato un valore più basso di circa il 30%, il numero di mezzi pesanti transitati che è risultato pari a circa 35000.
Come era facilmente prevedibile, il numero di motocicli transitati settimanalmente ha evidenziato un picco nettissimo durante le campagne primaverile ed estiva, nelle quali è risultato pari a circa 12000, mentre è risultato fortemente ridotto a marzo, con un valore attorno a 4000, ed ha presentato il valore minimo a dicembre, con un numero di motocicli transitato pari a circa 2000.
L'andamento giornaliero del flusso del traffico durante tutte le quattro campagne, risulta quello caratteristico correlato al pendolarismo, mentre si differenzia in maniera evidente nei giorni di sabato e domenica.
In fig. 4 sono riportati gli andamenti tipici giornalieri di un giorno feriale e di una domenica. Nelle tabelle 1, 2, sono riportati i dati riassuntivi dei flussi di traffico nelle quattro campagne in direzione Roma e in direzione Pomezia.

VIA CRISTOFORO COLOMBO.
Come nel caso della via Pontina l'andamento dei flussi settimanali di autoveicoli ha evidenziato abbastanza nettamente l'assenza di una significativa modulazione stagionale. Il numero di autoveicoli transitati durante la settimana di misura è risultato compreso tra circa 300000 (giugno 1999) e 344000 (marzo1999).
Il numero di mezzi pesanti transitati è risultato confrontabile con quello dei mezzi pesanti transitati sulla Pontina ed è risultato pari a circa 30000 in tutte e quattro le campagne.
Il numero di motocicli transitati settimanalmente è risultato da due a tre volte più alto di quello della Pontina ma con un andamento stagionale simile, evidenziando un picco nelle campagne primaverile ed estiva di circa 25000, con una riduzione a circa 13000 a marzo e con il minimo di circa 8000 a dicembre.
Come nel caso della via Pontina l'andamento giornaliero del flusso del traffico durante tutte le quattro campagne, è risultato quello caratteristico correlato al pendolarismo, mentre si è differenziato in maniera evidente nei giorni di sabato e domenica.
In fig. 5 sono riportati gli andamenti tipici giornalieri di un giorno feriale e di una domenica. Nelle tabelle 3 e 4 sono riportati i dati riassuntivi dei flussi di traffico nelle quattro campagne in direzione Roma e in direzione Ostia.

VIA LITORANEA.
L'andamento ed i volumi dei flussi di traffico lungo la via Litoranea si è discostato fortemente da quelli abbastanza simili della via Pontina e della Cristoforo Colombo.
I volumi complessivi di traffico sono risultati fortemente ridotti rispetto alle altre due vie e inoltre è emersa una forte modulazione stagionale sia dei motocicli che degli autoveicoli.
Il numero di autoveicoli transitati settimanalmente è risultato pari a circa 57000 a marzo e a dicembre, mentre è balzato a circa 88000 a giugno e luglio.
I motocicli sono passati da poco più di mille a marzo e dicembre, mentre sono risultati pari a circa 15000 a giugno e 6000 a luglio.
Il numero di mezzi pesanti transitati settimanalmente è risultato praticamente costante durante tutte e quattro le campagne e pari a circa 4000.
Per quanto riguarda gli andamenti dei flussi di traffico giornaliero valgono le stesse considerazioni svolte per la via Pontina e per la Cristoforo Colombo.
In fig. 6 sono riportati gli andamenti tipici giornalieri di un giorno feriale e di una domenica. Nelle tabelle 5 e 6 sono riportati i dati riassuntivi dei flussi di traffico nelle quattro campagne in direzione Roma e in direzione Ostia.

CONFRONTO CON MISURE DI INQUINAMENTO
Contestualmente al rilevamento dei flussi di traffico lungo le tre strade che costeggiano la tenuta, sono stati effettuati rilevamenti delle concentrazioni di inquinanti atmosferici, mediante laboratori mobili dislocati in prossimità dei confini in località Spagnoletta e Tor Paterno. Per la determinazione dei coefficienti di correlazione tra flussi di traffico e livelli delle concentrazioni dei principali inquinanti si rimanda al lavoro [3] pubblicato in questo stesso rapporto. I risultati delle campagne già realizzate di mappatura delle concentrazioni di benzene nell'intera tenuta consentono di effettuare un primo riscontro dell'accordo tra dati di traffico e dati di inquinamento, più significativo di quello ottenuto dalle misure puntuali con i laboratori mobili. Prendendo come campione la campagna estiva di monitoraggio del

benzene, effettuata in un periodo stagionale coincidente con quello di rilevamento del traffico (vedi fig. 7 e 8) emergono alcuni elementi significativi:

- i livelli più elevati delle concentrazioni di benzene si riscontrano lungo i confini che costeggiano la via Pontina, lungo la quale, nel periodo preso in esame, i flussi di traffico risultano più elevati;
- i livelli delle concentrazioni di benzene si mantengono elevati anche nelle zone interne della tenuta;
- nella giornata di sabato si riscontrano valori più elevati delle concentrazioni di benzene lungo la Litoranea in connessione con i relativi maggiori flussi di traffico rilevati.

CONCLUSIONI

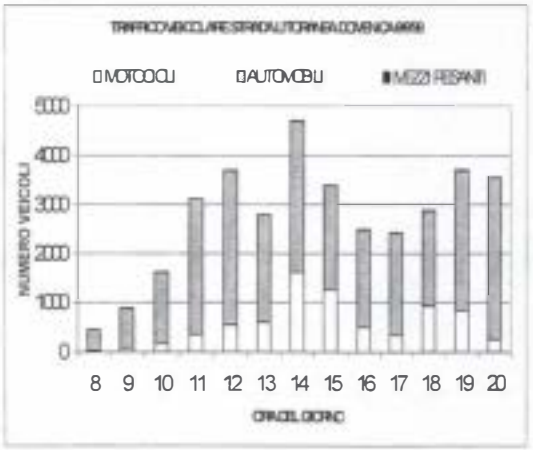
L'insieme dei dati raccolti nel corso delle quattro campagne stagionali, pur non potendosi considerare esaustivo per la caratterizzazione del traffico lungo le strade che costeggiano la tenuta, costituisce tuttavia, congiuntamente ai dati meteorologici raccolti contestualmente dalla torre meteorologica presente nella tenuta, un primo passo insostituibile per la messa a punto del codice di trasporto, la cui bontà di previsione sarà nel futuro verificata mediante rilevamenti, con la tecnica della dosimetria passiva, dei livelli dei principali inquinanti sul territorio della tenuta.
I dati complessivi di traffico hanno evidenziato, comunque, volumi confrontabili sulla Colombo e sulla Pontina, nettamente più elevati di quelli riscontrati sulla Litoranea. Tali risultati, confrontati con i livelli delle concentrazioni di benzene rilevati nel corso di precedenti campagne di misura, mostrano che i livelli più elevati delle concentrazioni di benzene si riscontrano in prossimità dei confini interessati dai maggiori volumi di traffico.

BIBLIOGRAFIA

[1] Merolli S. et al. Rilevamento delle concentrazioni di benzene aerodisperso nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Rapporto 1997
[2] Lepore L. et al. Stato di qualità dell'aria nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano in relazione al contributo di attività antropiche esterne. Rapporto 1998
[3] -Rilevamento di traffico e di livelli di inquinamento atmosferico lungo i confini della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Rapporto 1999

TABELLA RIASSUNTIVA FLUSSO VEICOLARE SULLA STRADA PONTINA

		MARZO			GIUGNO			LUGLIO			DICEMBRE		
VALORI RILEVATI	MOTOCICLI	3387	GIORNI DI MISURA	08/03/99 LUN	10119	GIORNI DI MISURA	31/05/99 LUN	8796	GIORNI DI MISURA	26/07/99 LUN	1497	GIORNI DI MISURA	
				09/03/99 MAR			01/06/99 MAR			27/07/99 MAR			14/12/99 MAR
							02/06/99 MER						
	AUTOMOBILI	279357			224837			266363			188828		16/12/99 GIO
				12/03/99 VEN						23/07/99 VEN			17/12/99 VEN
	AUTOCARRI	25845		13/03/99 SAB	23246		05/06/99 SAB	17826		24/07/99 SAB	21022		18/12/99 SAB
				14/03/99 DOM			06/06/99 DOM			25/07/99 DOM			19/12/99 DOM
VALORI STIMATI	MOTOCICLI	4387	GIORNI DI MISURA	08/03/99 LUN	12119	GIORNI DI MISURA	31/05/99 LUN	11796	GIORNI DI MISURA	26/07/99 LUN	2097	GIORNI DI MISURA	20/12/99 LUN
				09/03/99 MAR			01/06/99 MAR			27/07/99 MAR			14/12/99 MAR
				10/03/99 MER			02/06/99 MER			28/07/99 MER			15/12/99 MER
	AUTOMOBILI	379357		11/03/99 GIO	310837		03/06/99 GIO	370363		22/07/99 GIO	266828		16/12/99 GIO
				12/03/99 VEN			04/06/99 VEN			23/07/99 VEN			17/12/99 VEN
	AUTOCARRI	39445		13/03/99 SAB	36246		05/06/99 SAB	23826		24/07/99 SAB	32422		18/12/99 SAB
				14/03/99 DOM			06/06/99 DOM			25/07/99 DOM			19/12/99 DOM



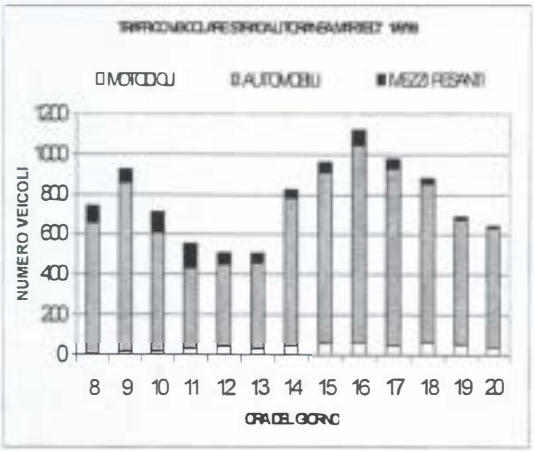
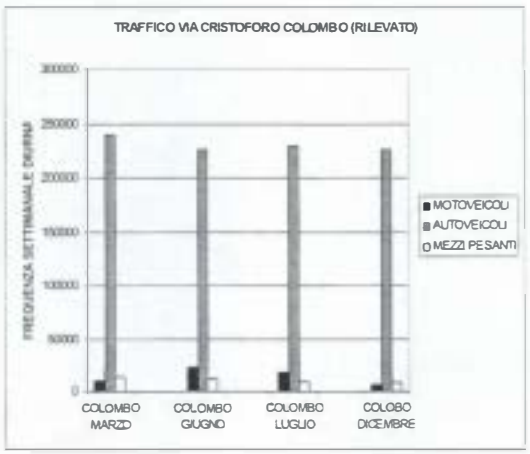


Figura 1 - Flussi veicolari lungo la via Pontina in marzo, giugno, luglio e dicembre '99

TABELLA RIASSUNTIVA FLUSSO VEICOLARE SULLA STRADA C. COLOMBO

			MARZO		GIUGNO		LUGLIO		DICEMBRE	
VALORI RILEVATI	MOTOCICLI	9863	GIORNI DI MISURA	08/03/99 LUN	22577	31/05/99 LUN	17263	26/07/99 LUN	5933	20/12/99 LUN
						01/06/99 MAR				
	AUTOMOBILI	240189		10/03/99 GIO	225846		229511	22/07/99 GIOX	225746	16/12/99 GIO
				12/03/99 VEN		04/06/99 VEN		23/07/99 VEN		17/12/99 VEN
	AUTOCARRI	13309		13/03/99 SAB	11900	05/06/99 SAB	8682	24/07/99 SAB	8070	18/12/99 SAB
				14/03/99 DOM		06/06/99 DOM		25/07/99 DOM		19/12/99 DOM
VALORI STIMATI	MOTOCICLI	13463	GIORNI DI MISURA	08/03/99 LUN	26577	31/05/99 LUN	25663	26/07/99 LUN	8333	20/12/99 LUN
				09/03/99 MAR		01/06/99 MAR		27/07/99 MAR		14/12/99 MAR
	AUTOMOBILI	344189		10/03/99 MER	300846	02/06/99 MER	329511	28/07/99 MER	305746	15/12/99 MER
				11/03/99 GIO		03/06/99 GIO		22/07/99 GIO		16/12/99 GIO
				12/03/99 VEN		04/06/99 VEN		23/07/99 VEN		17/12/99 VEN
	AUTOCARRI	20309		13/03/99 SAB	15900	05/06/99 SAB	13482	24/07/99 SAB	10870	18/12/99 SAB
				14/03/99 DOM		06/06/99 DOM		25/07/99 DOM		19/12/99 DOM



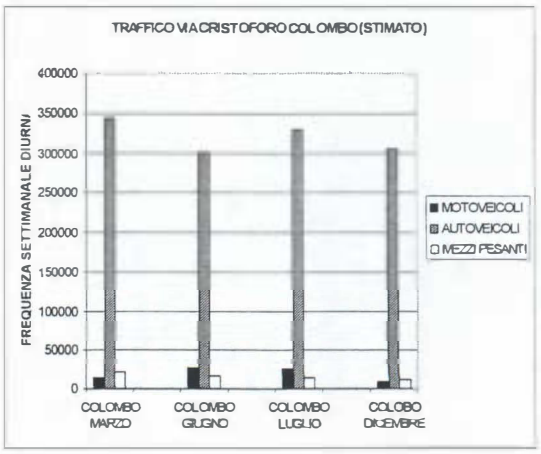
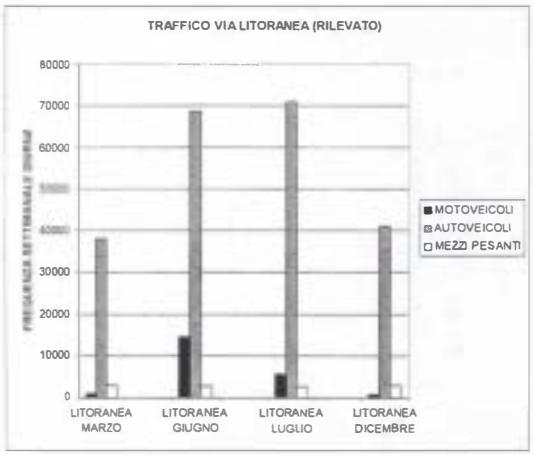


Figura 2 - Flusso di traffico veicolare lungo la strada C. Colombo a marzo, giugno, luglio e dicembre '99

TABELLA RIASSUNTIVA FLUSSO VEICOLARE SULLA STRADA LITORANEA												
		MARZO			GIUGNO			LUGLIO			DICEMBRE	
VALORI RILEVATI	MOTOCICLI	971	GIORNI DI MISURA	08/03/99 LUN	14713	GIORNI DI MISURA	31/05/99 LUN	5715	GIORNI DI MISURA	26/07/99 LUN	870	
							01/06/99 MAR			27/07/99 MAR		
	AUTOMOBILI	38178			68653			70789			40479	15/12/99 MER
				11/03/99 GIO			03/06/99 GIO					16/12/99 GIO
				12/03/99 VEN						23/07/99 VEN		17/12/99 VEN
	AUTOCARRI	2966		13/03/99 SAB	2717		05/06/99 SAB	2844		24/07/99 SAB	2898	18/12/99 SAB
				14/03/99 DOM			06/06/99 DOM			25/07/99 DOM		19/12/99 DOM
VALORI STIMATI	MOTOCICLI	1331	GIORNI DI MISURA	08/03/99 LUN	15513	GIORNI DI MISURA	31/05/99 LUN	6515	GIORNI DI MISURA	26/07/99 LUN	1110	20/12/99 LUN
				09/03/99 MAR			01/06/99 MAR			27/07/99 MAR		14/12/99 MAR
	AUTOMOBILI	56178		10/03/99 MER	87853		02/06/99 MER	88789		28/07/99 MER	58179	15/12/99 MER
				11/03/99 GIO			03/06/99 GIO			22/07/99 GIO		16/12/99 GIO
				12/03/99 VEN			04/06/99 VEN			23/07/99 VEN		17/12/99 VEN
	AUTOCARRI	4966		13/03/99 SAB	4217		05/06/99 SAB	4144		24/07/99 SAB	4598	18/12/99 SAB
				14/03/99 DOM			06/06/99 DOM			25/07/99 DOM		19/12/99 DOM



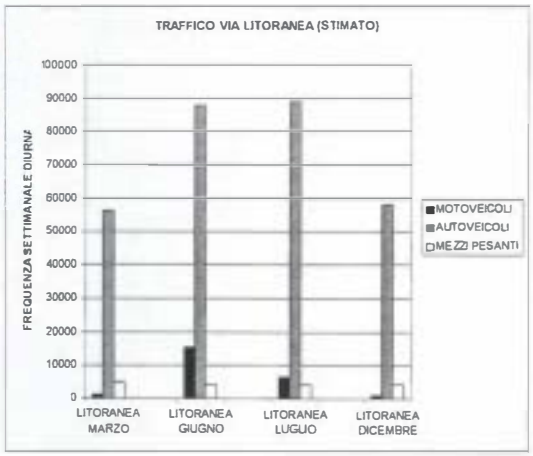


Figura 3 - Flusso di traffico veicolare lungo la strada C. Colombo a marzo, giugno, luglio e dicembre '99

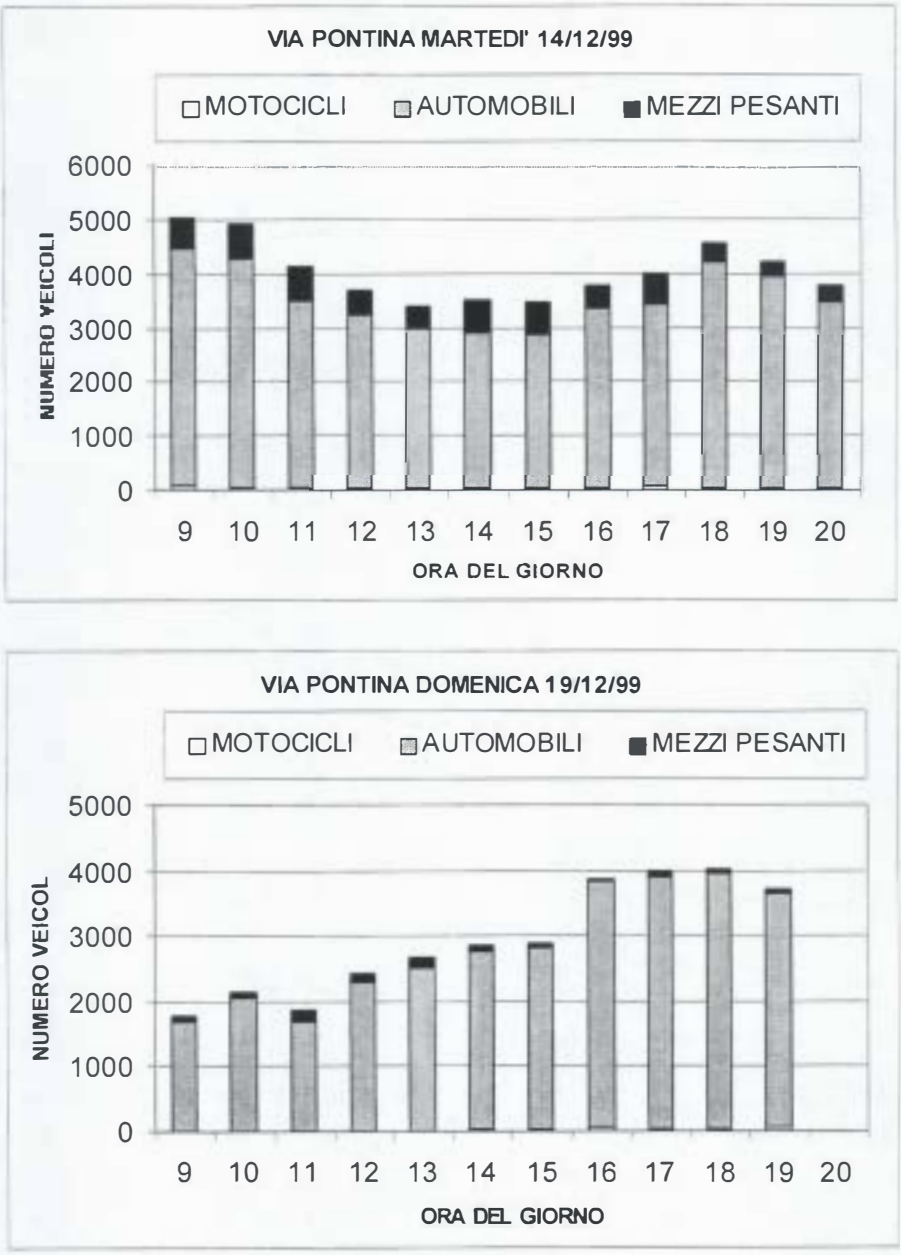


Figura 4 - Flusso del traffico: andamenti giornalieri tipici di un giorno feriale e di una domenica lungo la via Pontina

		Direzione		
Data	Dati	ROMA	POMEZIA	Totale complessivo
08/03/99	Somma di Motocicli	237	210	447
	Somma di Autovetture	22863	20325	43188
	Somma di Mezzi Pesanti	3240	3609	6849
09/03/99	Somma di Motocicli	240	264	504
	Somma di Autovetture	26856	25488	52344
	Somma di Mezzi Pesanti	3450	3879	7329
12/03/99	Somma di Motocicli	318	357	675
	Somma di Autovetture	27006	27621	54627
	Somma di Mezzi Pesanti	2955	3912	6867
13/03/99	Somma di Motocicli	204	237	441
	Somma di Autovetture	20010	28470	48480
	Somma di Mezzi Pesanti	1521	2388	3909
14/03/99	Somma di Motocicli	417	903	1320
	Somma di Autovetture	28026	52692	80718
	Somma di Mezzi Pesanti	429	462	891
Somma di Motocicli totale		1416	1971	3387
Somma di Autovetture totale		124761	154596	279357
Somma di Mezzi Pesanti totale		11595	14250	25845

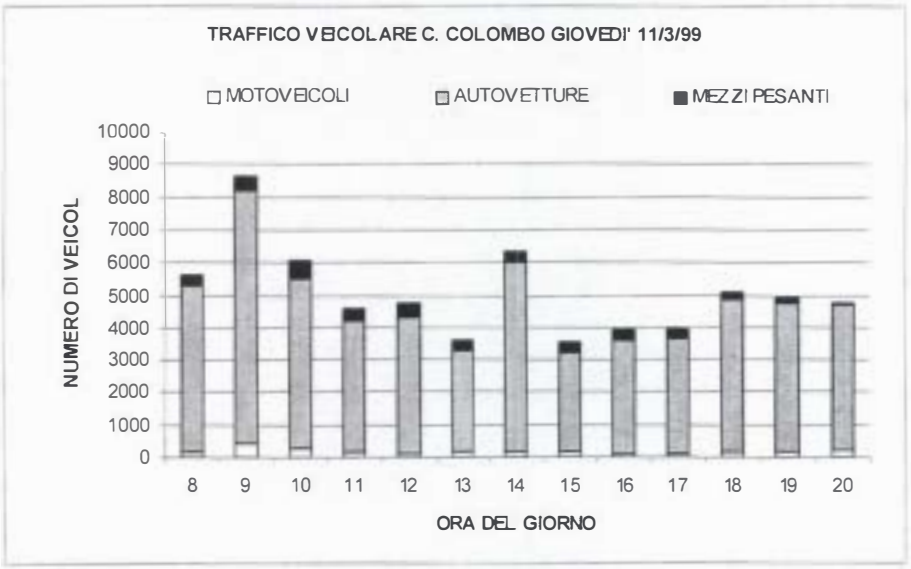
		Direzione		
Data	Dati	ROMA	POMEZIA	Totale complessivo
31/05/99	Somma di Motocicli	420	537	957
	Somma di Autovetture	19422	20946	40368
	Somma di Mezzi Pesanti	2796	2451	5247
01/06/99	Somma di Motocicli	435	534	969
	Somma di Autovetture	20661	19538	40199
	Somma di Mezzi Pesanti	3411	3072	6483
02/06/99	Somma di Motocicli	666	981	1647
	Somma di Autovetture	21249	26145	47394
	Somma di Mezzi Pesanti	3876	4299	8175
05/06/99	Somma di Motocicli	1107	1869	2976
	Somma di Autovetture	16545	32880	49425
	Somma di Mezzi Pesanti	1057	1905	2962
06/06/99	Somma di Motocicli	3084	486	3570
	Somma di Autovetture	32769	14682	47451
	Somma di Mezzi Pesanti	157	222	379
Somma di Motocicli totale		5712	4407	10119
Somma di Autovetture totale		110646	114191	224837
Somma di Mezzi Pesanti totale		11297	11949	23246

Tabella 1 - Dati riassuntivi dei flussi di traffico lungo la via Pontina in direzione Roma e Pomezia a marzo e giugno 1999

		Direzione		
Data	Dati	ROMA	POMEZIA	Totale complessivo
22/07/99	Somma di Motocicli	852	1032	1884
	Somma di Autovetture	24273	32523	56796
	Somma di Mezzi Pesanti	2502	2844	5346
23/07/99	Somma di Motocicli	405	960	1365
	Somma di Autovetture	19071	34119	53190
	Somma di Mezzi Pesanti	696	1227	1923
24/07/99	Somma di Motocicli	630	666	1296
	Somma di Autovetture	20697	20586	41283
	Somma di Mezzi Pesanti	462	450	912
25/07/99	Somma di Motocicli	1005	780	1785
	Somma di Autovetture	24060	25669	49729
	Somma di Mezzi Pesanti	2412	2601	5013
26/07/99	Somma di Motocicli	1431	1035	2466
	Somma di Autovetture	21654	43711	65365
	Somma di Mezzi Pesanti	2085	2547	4632
Somma di Motocicli totale		4323	4473	8796
Somma di Autovetture totale		109755	156608	266363
Somma di Mezzi Pesanti totale		8157	9669	17826

		Direzione		
Data	Dati	ROMA	POMEZIA	Totale complessivo
14/12/99	Somma di Motocicli	231	261	492
	Somma di Autovetture	18894	23292	42186
	Somma di Mezzi Pesanti	2631	3090	5721
16/12/99	Somma di Motocicli	87	117	204
	Somma di Autovetture	17095	18587	35682
	Somma di Mezzi Pesanti	2910	3192	6102
17/12/99	Somma di Motocicli	66	129	195
	Somma di Autovetture	17897	21801	39698
	Somma di Mezzi Pesanti	2454	3012	5466
18/12/99	Somma di Motocicli	174	153	327
	Somma di Autovetture	18210	22206	40416
	Somma di Mezzi Pesanti	1074	1597	2671
19/12/99	Somma di Motocicli	141	138	279
	Somma di Autovetture	16266	14580	30846
	Somma di Mezzi Pesanti	522	540	1062
Somma di Motocicli totale		699	798	1497
Somma di Autovetture totale		88362	100466	188828
Somma di Mezzi Pesanti totale		9591	11431	21022

Tabella 2 - Dati riassuntivi dei flussi di traffico lungo la via Pontina in direzione Roma e Pomezia a luglio e dicembre



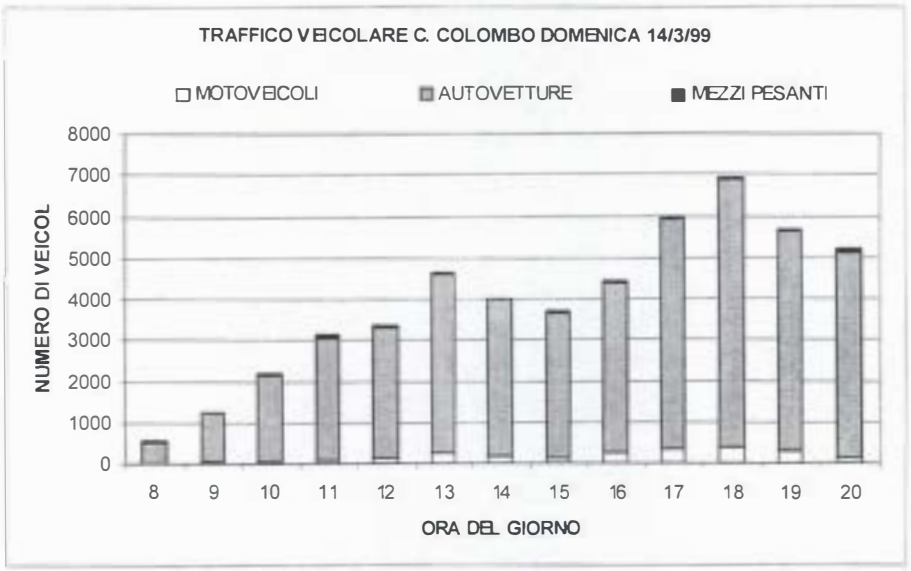


Figura 5 -Flussi di traffico: andamenti giornalieri tipici di un giorno feriale e di una domenica lungo la via Cristoforo Colombo

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ROMA	Totale complessivo
08/03/99	Somma di Motocicli	706	1047	1753
	Somma di Autovetture	21630	29850	51480
	Somma di Mezzi Pesanti	1611	1680	3291
11/03/99	Somma di Motocicli	1077	1316	2393
	Somma di Autovetture	25924	33330	59254
	Somma di Mezzi Pesanti	2016	2124	4140
12/03/99	Somma di Motocicli	825	1162	1987
	Somma di Autovetture	17183	26262	43445
	Somma di Mezzi Pesanti	1480	2344	3824
13/03/99	Somma di Motocicli	785	791	1576
	Somma di Autovetture	20155	21515	41670
	Somma di Mezzi Pesanti	767	681	1448
14/03/99	Somma di Motocicli	948	1206	2154
	Somma di Autovetture	22218	22122	44340
	Somma di Mezzi Pesanti	282	324	606
Somma di Motocicli totale		4341	5522	9863
Somma di Autovetture totale		107110	133079	240189
Somma di Mezzi Pesanti totale		6156	7153	13309

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ROMA	Totale complessivo
31/05/99	Somma di Motocicli	1461	1584	3045
	Somma di Autovetture	18138	20076	38214
	Somma di Mezzi Pesanti	1157	1317	2474
01/06/99	Somma di Motocicli	1695	1959	3654
	Somma di Autovetture	21180	22590	43770
	Somma di Mezzi Pesanti	1532	1932	3464
03/06/99	Somma di Motocicli		1866	1866
	Somma di Autovetture		21693	21693
	Somma di Mezzi Pesanti		1945	1945
04/06/99	Somma di Motocicli	2019		2019
	Somma di Autovetture	28198		28198
	Somma di Mezzi Pesanti	1428		1428
05/06/99	Somma di Motocicli	3131	3807	6938
	Somma di Autovetture	27738	28916	56654
	Somma di Mezzi Pesanti	1230	1024	2254
06/06/99	Somma di Motocicli	3804	1251	5055
	Somma di Autovetture	22203	15114	37317
	Somma di Mezzi Pesanti	144	191	335
Somma di Motocicli totale		12110	10467	22577
Somma di Autovetture totale		117457	108389	225846
Somma di Mezzi Pesanti totale		5491	6409	11900

Tabella 3 - Dati riassuntivi dei flussi di traffico lungo la via Cristoforo Colombo in direzione Roma e Ostia a marzo e giugno 1999

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ROMA	Totale complessivo
22/07/99	Somma di Motocicli	2007	2088	4095
	Somma di Autovetture	19988	20523	40511
	Somma di Mezzi Pesanti	1371	1563	2934
23/07/99	Somma di Motocicli	2469	2076	4545
	Somma di Autovetture	32223	30588	62811
	Somma di Mezzi Pesanti	1143	909	2052
24/07/99	Somma di Motocicli	1107	921	2028
	Somma di Autovetture	17610	15696	33306
	Somma di Mezzi Pesanti	519	438	957
25/07/99	Somma di Motocicli	732	834	1566
	Somma di Autovetture	13158	12960	26118
	Somma di Mezzi Pesanti	228	189	417
26/07/99	Somma di Motocicli	2679	2350	5029
	Somma di Autovetture	35649	31116	66765
	Somma di Mezzi Pesanti	1224	1098	2322
Somma di Motocicli totale		8994	8269	17263
Somma di Autovetture totale		118628	110883	229511
Somma di Mezzi Pesanti totale		4485	4197	8682

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ROMA	Totale complessivo
16/12/99	Somma di Motocicli	527	549	1076
	Somma di Autovetture	19584	16698	36282
	Somma di Mezzi Pesanti	921	798	1719
17/12/99	Somma di Motocicli	435	591	1026
	Somma di Autovetture	23475	20322	43797
	Somma di Mezzi Pesanti	1389	1350	2739
18/12/99	Somma di Motocicli	726	693	1419
	Somma di Autovetture	26868	25095	51963
	Somma di Mezzi Pesanti	498	507	1005
19/12/99	Somma di Motocicli	513	639	1152
	Somma di Autovetture	25095	27888	52983
	Somma di Mezzi Pesanti	264	282	546
20/12/99	Somma di Motocicli	678	582	1260
	Somma di Autovetture	20480	20241	40721
	Somma di Mezzi Pesanti	885	1176	2061
Somma di Motocicli totale		2879	3054	5933
Somma di Autovetture totale		115502	110244	225746
Somma di Mezzi Pesanti totale		3957	4113	8070

Tabella 4 - Dati riassuntivi dei flussi di traffico lungo la via Cristoforo Colombo in direzione Roma e Ostia a luglio e dicembre 1999

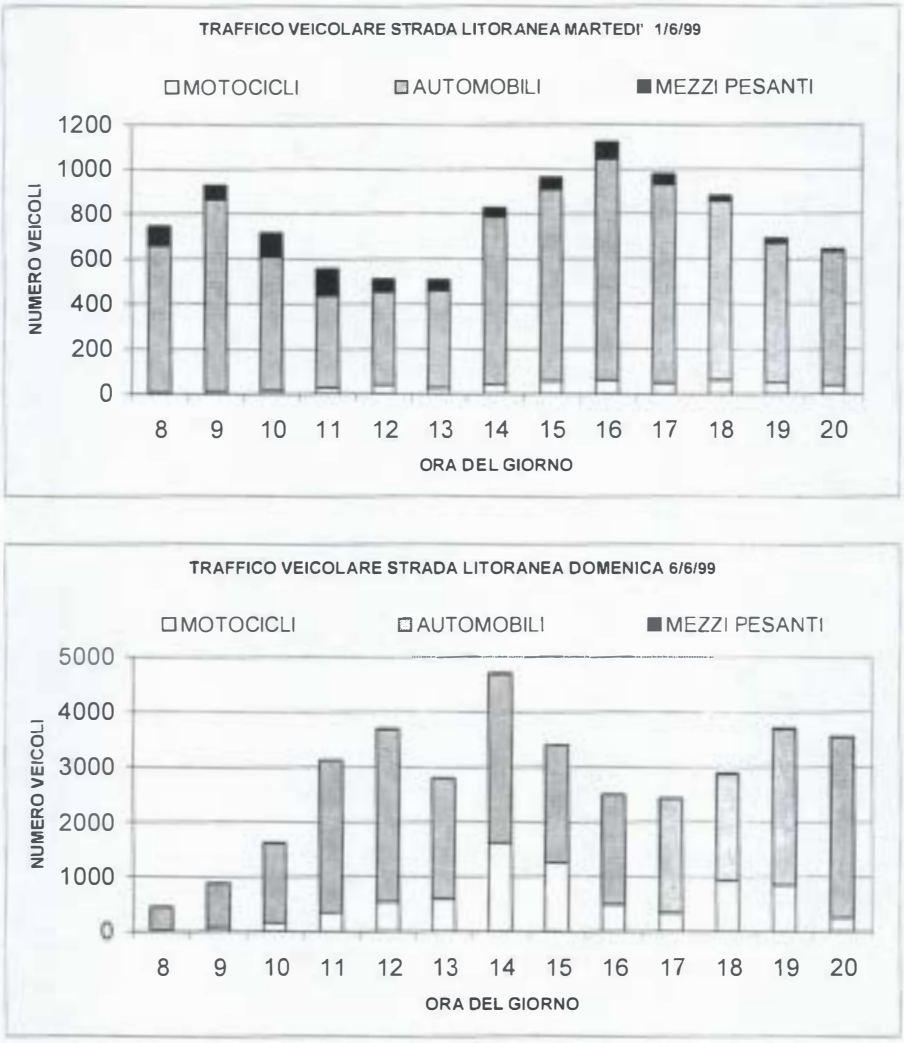


Figura 6 - Flussi di traffico: andamenti giornalieri tipici di un giorno feriale e di una domenica lungo la strada Litoranea

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ANZIO	Totale complessivo
08/03/99	Somma di Motocicli	93	42	135
	Somma di Autovetture	4200	3615	7815
	Somma di Mezzi Pesanti	429	433	862
11/03/99	Somma di Motocicli	104	81	185
	Somma di Autovetture	4077	3729	7806
	Somma di Mezzi Pesanti	419	330	749
12/03/99	Somma di Motocicli	108	78	186
	Somma di Autovetture	4245	4740	8985
	Somma di Mezzi Pesanti	408	507	915
13/03/99	Somma di Motocicli	108	123	231
	Somma di Autovetture	2919	3801	6720
	Somma di Mezzi Pesanti	139	177	316
14/03/99	Somma di Motocicli	117	117	234
	Somma di Autovetture	3177	3675	6852
	Somma di Mezzi Pesanti	73	51	124
Somma di Motocicli totale		530	441	971
Somma di Autovetture totale		18618	19560	38178
Somma di Mezzi Pesanti totale		1468	1498	2966

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ANZIO	Totale complessivo
31/05/99	Somma di Motocicli	237	164	401
	Somma di Autovetture	5259	4443	9702
	Somma di Mezzi Pesanti	396	369	765
01/06/99	Somma di Motocicli	213	267	480
	Somma di Autovetture	4491	4338	8829
	Somma di Mezzi Pesanti	360	393	753
03/06/99	Somma di Motocicli	468	423	891
	Somma di Autovetture	6057	6204	12261
	Somma di Mezzi Pesanti	353	426	779
05/06/99	Somma di Motocicli	3195	2238	5433
	Somma di Autovetture	243	9453	9696
	Somma di Mezzi Pesanti		300	300
06/06/99	Somma di Motocicli	4907	2601	7508
	Somma di Autovetture	12370	15795	28165
	Somma di Mezzi Pesanti	75	45	120
Somma di Motocicli totale		9020	5693	14713
Somma di Autovetture totale		28420	40233	68653
Somma di Mezzi Pesanti totale		1184	1533	2717

Tabella 5 - Dati riassuntivi dei flussi di traffico lungo la strada Litoranea in direzione Anzio e Ostia a marzo e giugno 1999

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ANZIO2	Totale complessivo
23/07/99	Somma di Motocicli	543	510	1053
	Somma di Autovetture	7035	6687	13722
	Somma di Mezzi Pesanti	396	438	834
24/07/99	Somma di Motocicli	447	771	1218
	Somma di Autovetture	6279	9573	15852
	Somma di Mezzi Pesanti	132	243	375
25/07/99	Somma di Motocicli	756	666	1422
	Somma di Autovetture	6595	6051	12646
	Somma di Mezzi Pesanti	114	96	210
26/07/99	Somma di Motocicli	465	492	957
	Somma di Autovetture	7305	7122	14427
	Somma di Mezzi Pesanti	366	432	798
27/07/99	Somma di Motocicli	528	537	1065
	Somma di Autovetture	6879	7263	14142
	Somma di Mezzi Pesanti	297	330	627
Somma di Motocicli totale		2739	2976	5715
Somma di Autovetture totale		34093	36696	70789
Somma di Mezzi Pesanti totale		1305	1539	2844

		Direzione		
Data	Dati	OSTIA	ANZIO	Totale complessivo
15/12/99	Somma di Motocicli	39	48	87
	Somma di Autovetture	5029	4887	9916
	Somma di Mezzi Pesanti	405	519	924
16/12/99	Somma di Motocicli	102	90	192
	Somma di Autovetture	4410	3783	8193
	Somma di Mezzi Pesanti	375	315	690
17/12/99	Somma di Motocicli	105	81	186
	Somma di Autovetture	4320	4140	8460
	Somma di Mezzi Pesanti	441	402	843
18/12/99	Somma di Motocicli	78	90	168
	Somma di Autovetture	3849	3809	7658
	Somma di Mezzi Pesanti	168	168	336
19/12/99	Somma di Motocicli	126	111	237
	Somma di Autovetture	3489	3263	6752
	Somma di Mezzi Pesanti	42	63	105
Somma di Motocicli totale		450	420	870
Somma di Autovetture totale		21097	19882	40979
Somma di Mezzi Pesanti totale		1431	1467	2898

Tabella 6 - Dati riassuntivi dei flussi di traffico lungo la strada Litoranea in direzione Anzio e Ostia a luglio e dicembre 1999

Figura 7 - Mappatura della concentrazione di benzene all'interno della tenuta (venerdi 17 luglio)

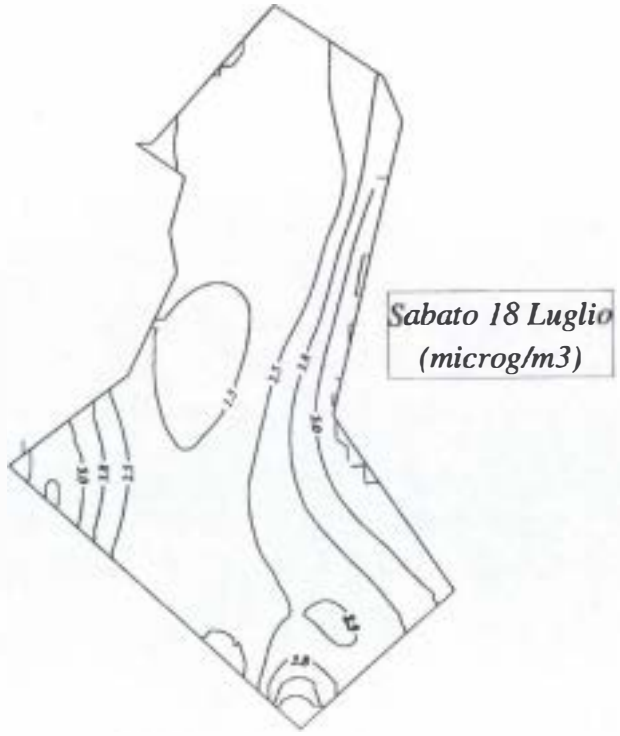


Figura 8 - Mappatura della concentrazione di benzene all'interno della tenuta (Sabato 18 Luglio)

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Rilevamento del Flusso di Traffico lungo le Vie di Comunicazione Adiacenti la Tenuta Presidenziale di Castelporziano
RESPONSABILE	Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	WWF - Delegazione Lazio - Sezione Litorale Romano
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	Cristiano D., Procacci D., Urbani A., Vespa A.

INTRODUZIONE

Nella presente relazione viene illustrata la metodologia di lavoro utilizzata per il rilevamento dei flussi autoveicolari lungo le strade che costeggiano la Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Il rilevamento è parte di un progetto finalizzato alla valutazione dell'impatto prodotto dagli inquinanti di origine autoveicolare sulla Tenuta. La raccolta dei dati è stata effettuata, in collaborazione con l'E.N.E.A., dal W.W.F. Sezione litorale romano.

MONITORAGGIO DEL TRAFFICO

Per avere delle indicazioni sulle caratteristiche del traffico veicolare lungo le strade che delimitano la Tenuta Presidenziale di Castelporziano si è reso necessario effettuare un monitoraggio su base stagionale. A tal fine sono stati scelti quattro periodi rappresentativi delle diverse condizioni di flusso. Le quattro campagne di rilevamento, della durata di una settimana, sono state effettuate la prima dal 8 al 14 marzo, la seconda dal 31 maggio al 6 giugno, la terza dal 22 al 28 luglio e la quarta dal 13 al 19 dicembre. Le vie di comunicazione lungo le quali sono stati effettuati i rilevamenti sono: la Via Pontina, la Via Cristoforo Colombo e la Via Severiana.

CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI DI RILEVAMENTO

Per garantire una raccolta dati che fosse indicativa del numero di veicoli in transito lungo l'arteria stradale prescelta sono state selezionate una serie di stazioni di rilevamento. Particolare attenzione è stata posta nell'individuare sezioni stradali rappresentative delle reali condizioni del traffico e nell'evitare che la scelta della stazione potesse influire su di esse (es. stazione a valle di uno svincolo). Sono stati pertanto adottati una serie di accorgimenti qui di seguito esposti:

- la stazione è stata posizionata in prossimità di punti in cui il traffico subiva un rallentamento, vuoi per le caratteristiche fisiche del tratto stradale (es. culmine di una salita), vuoi per la presenza di incroci e/o svincoli regolati da semafori. La scelta di tale ubicazione ha permesso ai rilevatori di effettuare un'agevole raccolta dati;
- la stazione doveva garantire una buona visibilità su entrambe le carreggiate;
- la stazione doveva rispondere a criteri di sicurezza per gli operatori riducendo al minimo le probabilità di coinvolgimento in incidenti e una minore esposizione ai gas di scarico. Inoltre la stazione doveva essere facilmente raggiungibile onde consentire un rapido avvicendamento dei rilevatori nel corso della giornata.

Le stazioni che rispondevano a tali criteri sono state individuate nelle seguenti località (Fig. 1 in allegato):

- Cristoforo Colombo altezza ingresso Tenuta Loc. La Spagnoletta;
- Pontina Km 16 lato Via Pontina Vecchia;
- Via Severiana (Litoranea) altezza ex Dazio.

LA SCHEDA DI RILEVAMENTO

Una caratterizzazione significativa dei termini sorgente richiede che i rilevamenti dei flussi di traffico vengano effettuati tenendo in considerazione le varie tipologie e le velocità dei mezzi di trasporto. Si è ritenuto che un compromesso ragionevole, tra impegno di risorse da impiegare e la rappresentatività dei risultati, potesse essere quello di effettuare rilevamenti del flusso veicolare che tenessero in considerazioni tre classi di mezzi di trasporto: motoveicoli, autoveicoli e mezzi pesanti. A tal fine per garantire una omogeneità del dato raccolto sono state elaborate due schede di rilevamento qui di seguito descritte:

Scheda 1 – (Fig. 2 in allegato) è composta da una sezione informativa in cui vengono riportati dati generali concernenti il giorno del rilevamento, il nome della strada, la direzione di traffico esaminata e l'intervallo temporale di campionamento. A tal proposito ogni singola scheda veniva utilizzata per un'ora di rilevamento. Un'apposita legenda semplificata, che riproduce figurativamente le classi di mezzi di trasporto individuate, ha agevolato l'operatore nella fase di identificazione e di calcolo delle categorie di automezzi.

Scheda 2 – (Fig.3 in allegato) è una scheda che, oltre a riportare dati generali quali la data, l'orario del turno, il nome della strada e quello dell'operatore, riassume i risultati della giornata di rilevamento. In essa, infatti, ogni operatore ha inserito il valore della media oraria desunto dalla elaborazione dei dati contenuti nella Scheda 1.

La semplicità di compilazione della scheda ha consentito di ridurre al minimo gli errori di campionamento. Inoltre l'elaborazione dei dati orari fatta direttamente dall'operatore ha permesso di facilitare le operazioni di informatizzazione.

METODOLOGIA USATA PER LA RACCOLTA DEI DATI

I rilevamenti sono stati effettuati nell'arco della settimana, mediante conteggio dei veicoli, dalle ore 7,00 alle ore 20,00 per una durata complessiva di 13 ore al giorno. Tale è l'intervallo di tempo all'interno del quale si concentra la maggior parte del traffico nell'area in esame connesso sia con l'attività lavorativa che con quella turistica. Nel corso delle quattro campagne, i giorni in cui il rilevamento veniva effettuato contemporaneamente su tutte le stazioni sono stati il lunedì, il venerdì, il sabato e la domenica mentre il martedì, il mercoledì ed il giovedì i dati sono stati raccolti alternativamente in una delle tre stazioni. Questo metodo di campionamento, oltre a rispondere ad una ottimizzazione delle risorse a disposizione, si è rivelato quello che meglio rispecchia la media dei flussi veicolari lungo le tre arterie prese in considerazione. Le prime due campagne di rilevamento sono state effettuate calcolando per ogni ora il numero dei veicoli, diviso per categoria, che transitavano per il punto di osservazione. Il campionamento veniva effettuato ogni dieci minuti per direzione di marcia a cui seguivano poi dieci minuti di pausa per un totale di due rilievi nell'arco di un'ora. La media oraria veniva quindi calcolata moltiplicando il numero di veicoli rilevati per tre (Es. 130 veicoli x 3=390 veicoli/ora). Con questo metodo il campionamento per senso di marcia risultava essere di venti minuti ogni ora. Nel corso della prima fase del rilevamento è stato osservato che l'intensità del flusso veicolare subiva sensibili variazioni anche nell'arco di pochi minuti ciò ha comportato la scelta di ridurre, nelle due campagne successive, l'intervallo temporale di campionamento (da dieci a cinque minuti) aumentandone contemporaneamente la frequenza. Ciò ha consentito di effettuare quattro campionamenti per senso di marcia nell'arco di un'ora.

CARATTERISTICHE DEL TRAFFICO NELLE ARTERIE STRADALI

Qui di seguito vengono commentati i flussi di traffico rilevati per ciascuna delle tre vie di collegamento analizzate. Si rimanda ai singoli grafici per ulteriori approfondimenti.

VIA PONTINA

Nel mese di marzo è stato osservato che il lunedì il flusso di automobili presenta un minimo verso le ore 8,00 per poi aumentare il martedì ed il venerdì nella fascia oraria compresa tra le ore 8,00 e le ore 10,00. Si osserva un decremento nelle ore centrali della giornata, un massimo secondario è stato osservato nelle ore 13,00. A partire dalle ore 15,00 circa si osserva un aumento del traffico con un massimo alle ore 18,00. Un caso a parte riguarda le giornate di sabato e domenica. Il sabato ad esempio si osserva un massimo del numero di autoveicoli verso le ore 11,00 che tende a diminuire nelle ore centrali per poi

aumentare con andamento piuttosto regolare. La domenica il maggior flusso si osserva in corrispondenza delle ore 12,00. Il traffico pesante presenta un andamento quasi costante durante l'arco della giornata; i minimi si riscontrano la mattina del lunedì in coincidenza con la chiusura settimanale degli esercizi commerciali e la sera verso le ore 20:00. Il sabato il flusso è particolarmente concentrato nella prima metà della giornata per poi diminuire quasi costantemente nella seconda metà. La domenica il traffico pesante è pressoché inesistente. Per quanto riguarda i motocicli il loro numero nell'arco della giornata è del tutto trascurabile. Nel mese di maggio-giugno è stato osservato che il lunedì al venerdì il flusso di autoveicoli presenta un primo massimo dalle ore 8,00 alle ore 10,00, un minimo nelle ore centrali della giornata (dalle 12,00 alle 15,00). Nella seconda parte della giornata si osserva un secondo massimo a cavallo tra le 18,00 e le 19,00. Deviazioni dall'andamento medio sono presenti nei vari giorni e appaiono correlati ad eventi occasionali (es. incidenti stradali). Di particolare interesse il flusso dei motocicli che in questo periodo comincia ad evidenziare i suoi picchi più elevati nelle giornate di venerdì e sabato con massimi tra le ore 11,00/13,00 e 18,00/19,00. I mezzi pesanti presentano andamenti costanti con minimi assoluti che tendono a variare nelle diverse ore della giornata. Nel mese di luglio il lunedì, il martedì ed il venerdì per gli autoveicoli si osserva un valore massimo in corrispondenza delle ore 9,00-10,00 che tende a diminuire costantemente per raggiungere un minimo alle ore 13,00-14,00. Nel pomeriggio si assiste ad un aumento graduale con massimo alle ore 18,00-19,00. Il sabato il flusso autoveicolare presenta un andamento costante lungo tutto l'arco della giornata, mentre la domenica l'andamento è più variabile con massimi verso le ore 13,00 e le ore 20,00. Per quanto riguarda il traffico pesante il valore si mantiene costante nei giorni feriali con delle diminuzioni nelle ore serali (19,00-20,00). Il sabato, il numero dei veicoli pesanti è elevato nelle ore che vanno dalle 9,00 alle 14,00 per poi diminuire nettamente a cavallo delle 18,00-20,00. La domenica il traffico è nullo. I motocicli seguono un andamento analogo a quello delle automobili.
Sebbene il mese di dicembre sia caratterizzato da un flusso di automobili ad andamento irregolare è possibile individuare una serie di minimi in corrispondenza delle ore 12-14 (lunedì e venerdì) mentre per il martedì il traffico presenta un andamento pressoché crescente dalle 12,00 alle 18,00 con un picco in corrispondenza delle ore 17,00-18,00. Nei giorni di sabato si osserva un picco in corrispondenza delle ore 9,00 seguito da una diminuzione del traffico con minimo alle ore 12,00. Dalle 12,00 in poi il flusso conserva valori costanti con un lieve aumento in corrispondenza delle ore 17,00. Se si passa ad analizzare il traffico dei mezzi pesanti osserviamo che esso è caratterizzato da un considerevole numero di veicoli che, a differenza di quanto esaminato sinora, è apparso concentrato durante i giorni festivi. Nei giorni feriali sono stati osservati degli andamenti estremamente variabili con minimi pronunciati nel giorno di martedì. Una caratteristica di questo periodo è stata quella di osservare un flusso di motoveicoli quasi nullo.

VIA C. COLOMBO

Nel periodo di marzo si evidenzia un andamento irregolare del traffico veicolare, in particolare il lunedì nella fascia oraria 8,00/10,00 si registra un aumento costante degli autoveicoli con un massimo alle ore 10,00. Nella fascia oraria compresa tra le 11,00 e le 14,00 invece si osserva un decremento del flusso cui fa seguito un aumento pressoché costante nella fascia oraria 15,00/20,00. Nel giorno di giovedì è stato osservato un massimo in corrispondenza delle ore 14,00 che non è stato riscontrato negli altri giorni feriali. Nei giorni di sabato e di domenica si osservano dei massimi in corrispondenza delle ore 10,00 e delle ore 13,00 con un minimo alle ore 14,00. Nel pomeriggio il traffico raggiunge il suo massimo alle ore 18,00 per poi decrescere. La domenica il flusso presenta un andamento più regolare con un aumento costante dei mezzi dalle ore 8,00 alle ore 13,00. A partire dalle ore 15,00, minimo relativo, della giornata si osserva un nuovo incremento del traffico che raggiunge il suo massimo alle ore 18,00 per poi diminuire alle ore 20,00. Per quanto riguarda il numero di mezzi pesanti transitati nella strada in esame si è osservato un massimo il venerdì alle ore 11,00, nei rimanenti giorni feriali il numero di mezzi presenta lievi oscillazioni. Valori minimi si osservano la domenica. Dai grafici esaminati non è stato possibile apprezzare variazioni significative del numero dei motocicli. Nel mese di maggio-giugno il numero di autoveicoli transitati presenta il seguente andamento: il lunedì si osserva un massimo alle ore 9,00 che decresce rapidamente dalle ore 10,00 alle ore 14,00 per poi aumentare dalle ore 15,00 alle ore 20,00 con un massimo alle ore 19,00. Il martedì è stato osservato un numero di mezzi che decresce costantemente dalle 8,00 alle 13,00 per poi crescere dalle 15,00 alle 20,00 con un massimo alle ore 18,00. Il venerdì si osserva un andamento bimodale con un primo massimo alle ore 11,00 e un minimo alle ore 14,00 e un secondo massimo alle ore 18,00. I minimi osservati si concentrano nella fascia oraria 13,00/14,00. Il sabato si osserva un massimo alle ore 11,00 e un minimo alle, ore 14,00. Dalle ore 15,00 alle ore 19,00 il

numero di autoveicoli mantiene un andamento regolare con un minimo secondario alle ore 20,00. La domenica si osserva un andamento crescente dalle ore 8,00 alle ore 12,00 con un massimo alle ore 13,00. A partire dalle ore 14,00 il numero di autoveicoli diminuisce fino a raggiungere un minimo alle ore 18,00. Per quanto concerne i mezzi pesanti il numero rimane costante nell'arco di tutta la giornata con dei massimi in corrispondenza nella fascia oraria delle 8,00/10,00. Di particolare interesse è il numero di motoveicoli transitati; il rilevamento mostra un aumento nei giorni di sabato e di domenica. Nel mese di luglio è stato osservato un forte decremento dei motoveicoli transitati. Per quanto riguarda i mezzi pesanti valori pressoché costanti si registrano nei giorni feriali con forti decrementi nei giorni di sabato e di domenica. Il numero degli autoveicoli transitati osserva, nei giorni feriali, valori massimi in corrispondenza delle fasce orarie 9,00/10,00 e 16,00/18,00. I minimi sono compresi nella fascia oraria delle 11,00/14,00. Si rileva un massimo in corrispondenza alle ore 15,00 del venerdì. Nel mese di dicembre il lunedì il traffico autoveicolare è apparso sostenuto in tutti i giorni feriali con massimi nella fascia oraria 9,00/10,00: fa eccezione la giornata di venerdì in cui si è registrato uno dei valori più alti. I giorni di sabato e di domenica si riscontrano i seguenti valori: nella giornata di sabato si ha un massimo alle ore 17,00, mentre nella giornata di domenica il valore massimo si è raggiunto alle ore 16,00. I motoveicoli transitati non evidenziano un flusso significativo. I mezzi pesanti presentano valori costanti durante tutto l'arco della giornata e particolarmente concentrati nei giorni feriali.

VIA LITORANEA

Nel mese di marzo il transito degli autoveicoli sulla via Litoranea presenta un andamento che varia sensibilmente nei giorni di lunedì, giovedì e venerdì mentre il sabato e la domenica si ma relativamente omogeneo. Il lunedì si ha un picco tra le 9,00 e le 10,00 dopodiché il volume del flusso si dimezza; da questo momento in poi si ha un'alternanza di massimi (alle 13,00 e alle 15,00) e minimi (alle 14,00 e alle 16,00) con il valore massimo delle 17,00, che va sempre più diminuendo. Il giovedì l'andamento del traffico registra due massimi nelle ore 9,00 e nelle ore 17,00. Nella giornata di venerdì si ha il flusso più consistente nelle prime due ore di rilevamento, dopodiché ritorna la classica diminuzione fino alle 13,00. Dopo una breve attenuazione del traffico nelle ore 14,00, il flusso va costantemente risalendo fino alle ore 17.00. Durante il fine settimana il massimo valore è stato registrato alle ore 12,00; è da notare l'aumento dei motoveicoli e l'assenza quasi totale dei mezzi pesanti. Nella registrazione di maggio-giugno il notevole aumento dei motocicli è da mettere in relazione con l'apertura della stagione turistica. Anche se durante il fine settimana il traffico autoveicolare lascia spazio a quello dei mezzi a due ruote, nei giorni feriali il suo volume è comunque considerevole. Nel mese di luglio è stato osservato che il traffico automobilistico nei giorni feriali presenta dei massimi in corrispondenza della fascia oraria 9,00-10,00 per poi decrescere nelle ore centrali della giornata 12,00-14,00. A partire dalle ore 15,00 si osserva un incremento del traffico fino a raggiungere un secondo massimo in corrispondenza della fascia oraria compresa tra le 17,00-19,00. A questo andamento fa eccezione il venerdì in cui si registra un aumento costante dalle ore 9,00-13,00. Il minimo si osserva intorno alle ore 15,00 per poi riprendere con flussi di traffico di gran lunga inferiori a quelli registrati nella fascia 9,00-14,00. Il sabato c'è un costante aumento del traffico dalle 9,00 alle 13,00 ora in cui si registra il massimo valore. I minimi assoluti della giornata si registrano alle ore 17,00-18,00. La domenica è stato osservato un massimo in corrispondenza delle ore 9,00 per poi decrescere costantemente fino alle ore 15,00 minimo assoluto della giornata. Alle ore 17,00 si registra il massimo pomeridiano a cui fa seguito il minimo delle ore 20,00. I mezzi pesanti nei giorni feriali presentano un andamento pressoché costante con valori massimi che si concentrano alle ore 9,00 e 17,00. In corrispondenza del fine settimana il traffico diminuisce sensibilmente con valori minimi che si osservano in tutto l'arco della giornata di sabato di grande interesse il flusso del traffico osservato nella giornata di domenica con punte di massimo registrate alle ore 9,00 e 17,00. I motocicli seguono grosso modo lo stesso andamento del traffico automobilistico. Nel mese di dicembre, nei giorni feriali, si è constato che il traffico automobilistico presenta un massimo assoluto alle ore 10,00 e un valore minimo assoluto alle ore 15,00. In corrispondenza delle ore 13,00, 18,00 e 19,00 sono stati registrati i valori massimi secondari. Il martedì il numero di automobili cresce con una certa gradualità dalle ore 9,00 alle ore13,00 per poi decrescere alle ore 15,00 minimo assoluto della giornata. Il traffico veicolare continua ad incrementarsi alle ore 15,00 e 18,00 per poi diminuire sensibilmente dalle ore 19,00 in poi. Il venerdì il grafico mostra un andamento simmetrico in quanto i minimi della giornata si concentrano nella fascia oraria 14,00/15,00 e le punte massime in corrispondenza dei due estremi della giornata di rilevamento. Il sabato il numero di automobili decresce quasi costantemente dalle ore 9,00 alle ore 14,00 per poi riaumentare e raggiungere il punto massimo della giornata che si concentra intorno alle ore 17,00. La domenica è stato osservato un elevato numero di veicoli che decresce fino a raggiungere il minimo delle

ore 14,00. Dalle 15,00 in poi si ha un costante aumento del traffico per poi raggiungere il massimo delle ore 17,00. A partire da questa ora c'è una costante diminuzione del numero di veicoli fino alle ore 20,00. I mezzi pesanti sono particolarmente presenti nei giorni di lunedì, venerdì, sabato e di domenica. Il martedì è il giorno in cui è stato rilevato il minore numero di mezzi pesanti in circolazione nella strada in esame. Per quanto riguarda i motocicli un flusso sensibile registrato dai grafici è presente nella sola giornata del martedì con punte massime concentrate nelle ore 11,00, 13,00 e 14,00.

DISCUSSIONE DEI DATI

Dall'esame dei grafici è stato osservato che nei giorni lunedì, venerdì, sabato e domenica il flusso veicolare subiva delle sensibili variazioni rispetto agli altri giorni in cui il traffico manteneva una sostanziale omogeneità nelle tre classi di mezzi di trasporto. È stato osservato, ad esempio, che il numero di mezzi pesanti nei giorni lunedì, venerdì, sabato e domenica subiva una forte riduzione rispetto alla costante degli altri giorni in esame. Viceversa i motoveicoli e le autovetture si incrementavano il Sabato e la Domenica in particolare nei periodi estivi e nelle direzioni di scorrimento verso le località balneari. L'andamento giornaliero del traffico veicolare durante tutte e quattro le campagne mostra una evidente correlazione col pendolarismo che caratterizza l'area in esame in quanto le arterie sono strade di collegamento con la città di Roma. Un'inversione del flusso di traffico è stata osservata nei giorni di sabato e di domenica e durante il periodo estivo. Una notazione a parte merita il considerevole numero di mezzi pesanti osservato lungo la via Pontina strada che raccorda la città con l'area industriale di Pomezia. I veicoli pesanti presentano sempre dei valori minimi nelle ore serali 19,00-20,00. L'esame dei diagrammi mostra inoltre degli andamenti irregolari le cui cause sono da ricercare nei lavori di manutenzione stradale che hanno creato locali restringimenti della sede stradale e nelle non favorevoli condizioni metereologiche registrate nel mese di luglio.

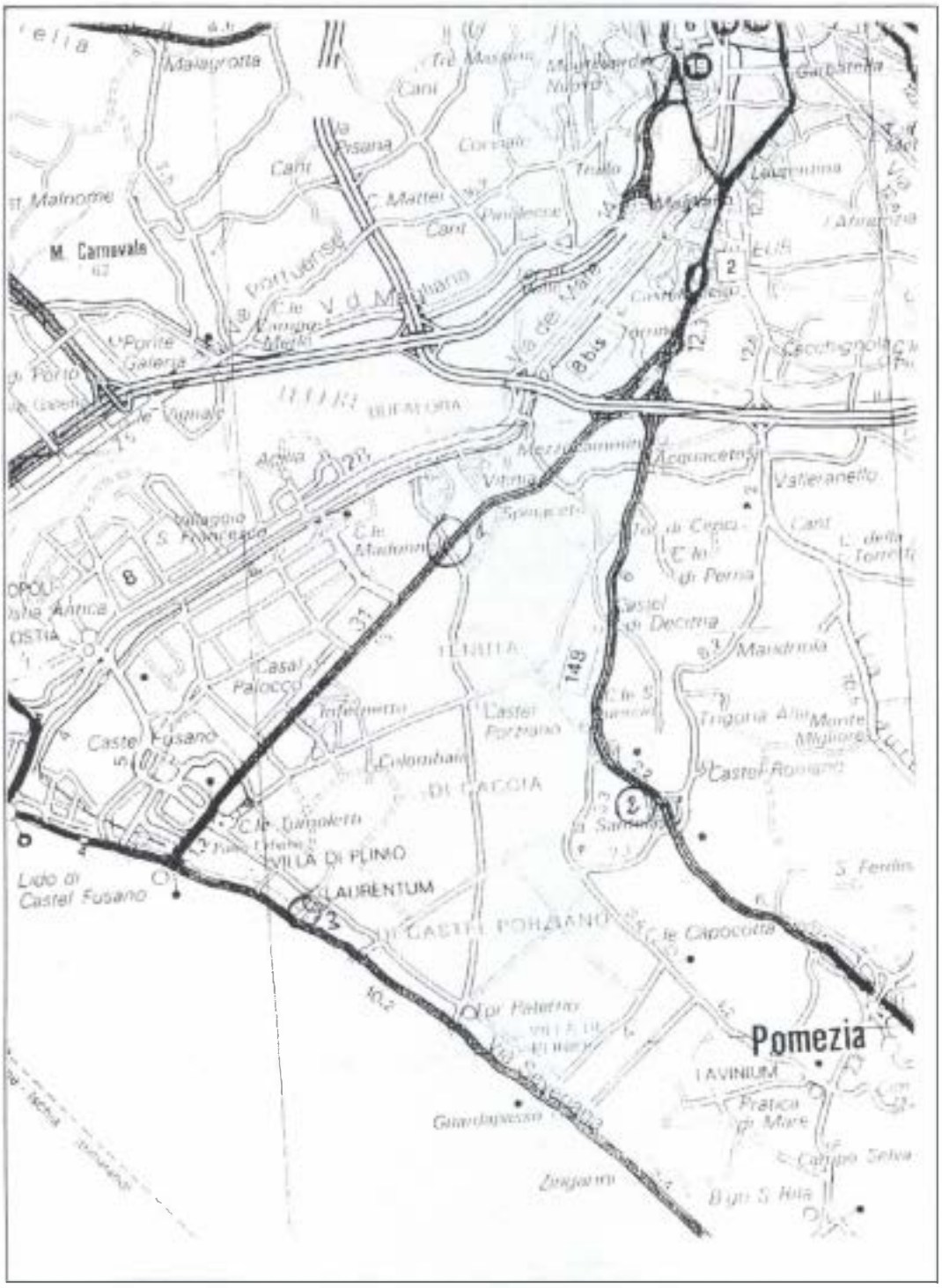


Figura 1 - Localizzazione delle stazioni di rilevamento dei flussi veicolari:
1) Via C. Cristoforo; 2) Via Pontina e 3) Via Litoranea

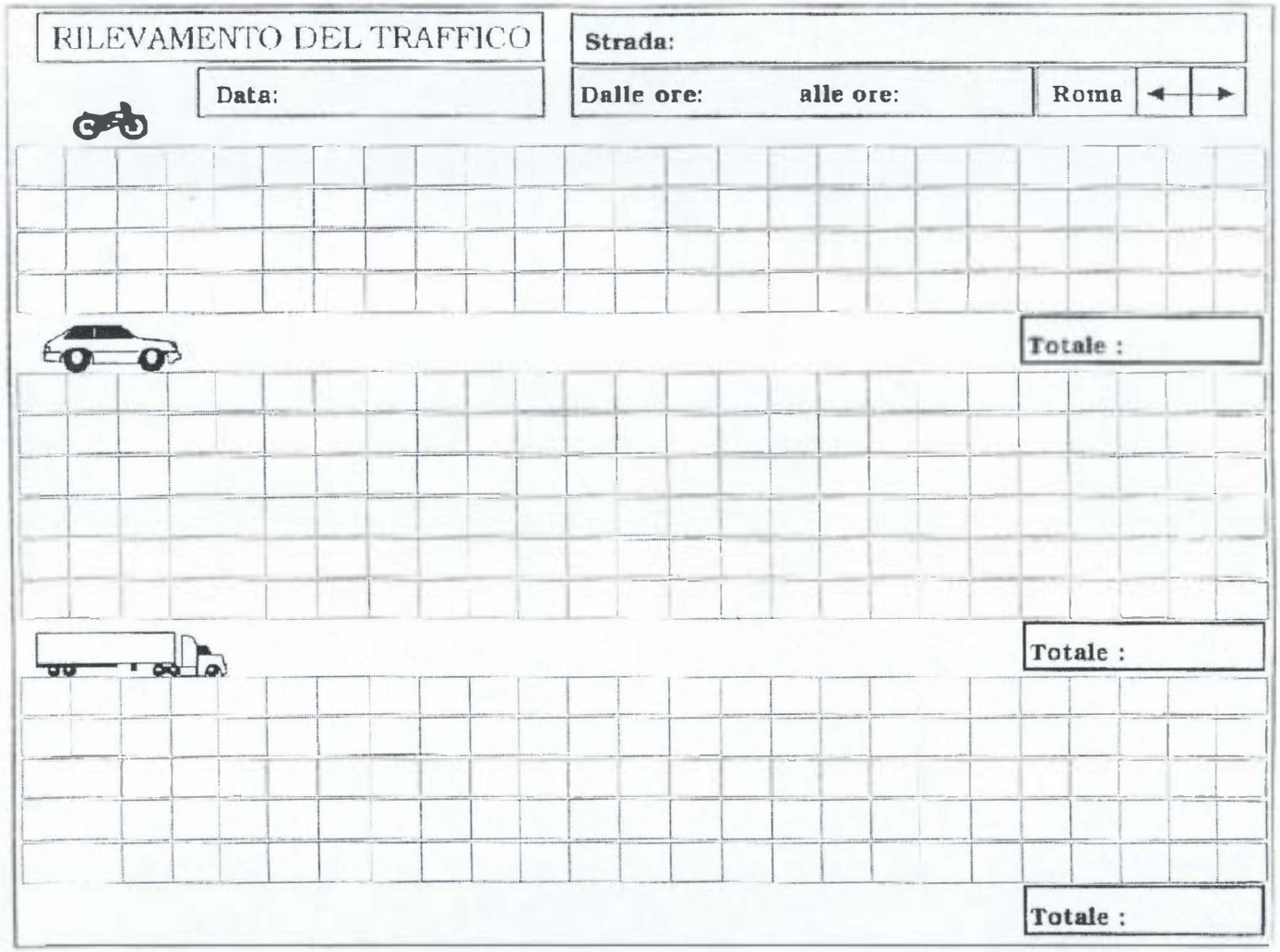


Figura 2 - Scheda oraria di rilevamento del traffico

Scheda finale rilevamento del traffico veicolare

Data.....

Turno dalle ore.....alle ore.....

Via.....

Operatore/i...../.....

Direzione
.....

Orario	Motocicli	Autovetture	Mezzi Pesati
7,00-8,00			
8,00-9,00			
9,00-10,00			
10,00-11,00			
11,00-12,00			
12,00-13,00			
13,00-14,00			
14,00-15,00			
15,00-16,00			
16,00-17,00			
17,00-18,00			
18,00-19,00			
19,00-20,00			

Note:

Figura 3 - Scheda giornaliera di rilevamento del traffico

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Ipotesi di Sistemazione delle Linee Elettriche Aeree nel Comprensorio di Castelporziano - Castelfusano - Capocotta ed Individuazione degli Interventi di Mitigazione Ambientale
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Tinelli, S. Federici

PREMESSA

Nel comprensorio di Castelporziano, Castelfusano e Capocotta abbiamo posto l'attenzione all'inserimento paesaggistico delle linee elettriche aeree presenti e al possibile inquinamento elettromagnetico che sprigionano.
In particolare l'inquinamento elettromagnetico è prodotto da elettrodotti a 50 Hz, gestiti dall'A.C.E.A., che lambiscono i confini della Tenuta e che si diramano con linee aeree di portata ridotta. L'obiettivo di questo studio è stato di evidenziare gli aspetti paesaggistici e l'inserimento. nell'ambiente naturale delle numerose linee elettriche aeree che servono i casali e gli immobili dislocati in Tenuta attraversando aree naturali di particolare interesse naturalistico e zone di valore storico e archeologico.

INTRODUZIONE

L'Italia consta di oltre 60.000 km di linee ad alta tensione, che si sviluppano lungo circa 5500 kmq (circa il 3% del territorio nazionale). A Castelporziano ci troviamo di fronte a 7 km di linee aeree che attraversando la vegetazione possono rappresentare un pericolo per la fauna e soprattutto per l'avifauna che vi trova rifugio.
Nonostante da alcuni anni viene sottolineata la stretta connessione dei campi magnetici provocati dalle linee elettriche aeree nei confronti della salute umana, non esiste, sia in Italia che in Europa, una normativa che preservi la salute dell'uomo e protegga l'ambiente, fornendo limiti di esposizione e distanze di rispetto dalle fonti di inquinamento quali gli elettrodotti.
Il disegno di legge in corso di approvazione (cfr. Quadro di Legge sull'inquinamento elettromagnetico di Giugno 1999) è basato sul principio precauzionale, ossia "...poiché esiste il pericolo dei campi elettromagnetici" si adottano, a titolo di prevenzione, norme di sicurezza, limiti di esposizione che tutelano l'ambiente, la salute dei bambini e degli uomini.

1. L'INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

1.1 Problematiche

I campi elettromagnetici producono ***Radiazioni elettromagnetiche*** che fanno parte delle "Radiazioni non ionizzanti" (N.I.R. Non Ionizing Radiation), mentre l'energia nucleare, che produce "Radiazioni ionizzanti", costituisce un pericolo diretto per la salute umana, poiché riscalda le molecole che di conseguenza si rompono.
I campi elettromagnetici che non determinano la rottura dei legami atomici e molecolari, ma producono interagendo con la materia effetti primari diversi dalla ionizzazione costituiscono un pericolo indiretto per la salute umana (v. Aldo Iacomelli, 1998).
In medicina sono considerate sorgenti N.I.R.:

- I campi elettromagnetici
- I campi elettrostatici
- I campi magnetostatici

- Il passaggio di energia attraverso la materia sotto forma di vibrazioni ultrasoniche.

Le N.I.R. che hanno particolare influenza sull'uomo sono le:

- *E.L.F.* (Extremely Low Frequency)
- onde a bassissima frequenza 30 – 300 Hz.
- *R.F. – M.W.* (Radiofrequenze e Microonde)
- con bande di frequenza comprese tra 300 MHz e 300 GHz.

Le radiazioni non ionizzanti NIR sono radiazioni di frequenza variante da pochi Hz ad oltre 300 GHz e di energia variante da circa 10^{-11} eV a 12-15 eV (elettronvolt: unità di misura dell'energia: 1eV = 1,6 x 10^{-19} J (joule)). Sono comprese tra le radiazioni generate da sorgenti alternate e radiazioni ionizzanti. Tra queste sono incluse le: (Tab. I)

- radio - frequenze
- microonde
- infrarosso
- luce visibile
- ultravioletto

1.2 Gli aspetti sanitari

L'effetto biologico causato dalle radiazioni elettromagnetiche dipende dalla durata dell'esposizione nel tempo e dalla distribuzione nello spazio.

"Effetti accertati, come interazioni delle membrane eccitabili delle cellule nervose e muscolari, mostrano una dipendenza dall'intensità locale del campo e/o dalla densità locale di corrente" (Fabio Macchia, 1998). Poiché la corrente indotta nel campo non può essere misurata facilmente, dal valore di densità di corrente indotta, assunto come criterio di base, si sono ricavati dei limiti operativi in termini di *intensità di campo elettrico e magnetico* imperturbati (valori di riferimento).

Sorgente		**Frequenza**
Campi statici		<30 Hz
Campi ELF	Extremely Low Frequency	30-300 Hz
Campi VIF	Very Low Frequency	300 Hz-30 kHz
Campi LF	Low Frequency	30 kHz-300 kHz
Campi MF	Mid Frequency	300 kHz-3 MHz
Campi HF	High Frequency	3 MHz-30 MHz
Campi VHF	Very High Frequency	30 MHz-300 MHz
Campi UHF	Ultra High Frequency	300 MHz-3 GHz
Campi SHF	Super High Frequency	3 GHz-30 GHz
Campi EHF	Extra High Frequency	30 GHz-300 GHz
Infrarosso		300 GHz
Luce visibile		300 THz

Tabella 1 - Specchio elettromagnetico (tratto da Fabio Macchia, 1998)

Le onde elettromagnetiche viaggiano nel vuoto con una certa velocità di propagazione e sono governate da alcune leggi della fisica indipendenti rispetto alla lunghezza d'onda o frequenza. Quest'ultima invece determina una diversa interazione con la materia a seconda sia alta o bassa. La radiazione elettromagnetica a RF e MW è sempre presente sulla terra poiché viene emessa dal sole, dalla terra stessa, dalle galassie, cioè da qualunque corpo naturale con temperatura diversa dallo zero assoluto.

L'uomo, in particolare, è sottoposto ai campi elettromagnetici di emissioni provocate da:

- Impianti per tele-radio-comunicazioni e radar
- Dalle sorgenti domestiche
- Dalle linee di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica

Vi sono effetti che sembrano essere provati scientificamente, come ad esempio le reazioni delle cellule nervose e l'accelerazione di malattie già presenti, o l'induzione di malattie a persone più sensibili.

"Non è ancora provato che questi effetti rappresentino un pericolo reale per la salute dell'uomo; si suppone che il corpo umano in buona salute possa compensare questi effetti, ma non è ancora possibile fissare i limiti al di là dei quali i campi elettromagnetici potrebbero essere considerati pericolosi, e non è ancora possibile provare se esistono sinergie tra i campi ed altri fattori ambientali o comportamentali" (Prof. Michel Ianoz, 1998).

L'esposizione ai campi elettromagnetici a bassissima frequenza (50-60 Hz) generati dalle linee di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, produce effetti dannosi sulla salute umana. Le indagini su tali effetti sono tutt'oggi in corso. Si riportano di seguito (Tab.2) alcune indicazioni date dall'ufficio federale tedesco per l'osservanza delle distanze minime di sicurezza da rispettare, per la protezione dalle radiazioni, dipendenti dalla capacità dell'emettitore (Aldo Iacomelli, 1998).

Fonte	Frequenza	Distanza	Valori tipici di esposizione	Limiti	Osservazioni
Forni a microonde	2.45 GHz	0.3 m 0.5 m 1 m	< 10 W/m^2 < 5 W/m^2 <1 W/m^2	IRPA: 10W/m^2	Fino a 50 W/m^2 a 5 cm di distanza
Radar per la viabilità	9-35 GHz	3 m 10 m	<250 mW/m^2 <10 mW/m^2	IRPA: 10W/m^2	Potenza: 0.5-100 mW
Sistemi di allarme CB Walkie-Talkie	0.9-10 GHz 27 MHz	 5 cm 12 cm	<2 mW/cm^2 Fino a 1000 V/m Fino a 0.2 A/m Fino a 200 V/m Fino a 0,1 A/m	IRPA: 5-10 W/m^2 IRPA: 27.5 W/m^2 0.073 V/m	Potenza: alcuni Watt
Trasmettitori radiotelevisivi UKW, VHF	87.5-108 MHz 47-68 MHz 174-230 MHz	=1.5 Km	< 50 mW/m^2 <20 mW/m^2	IRPA: 2-4 W/m^2 IRPA: 2 W/m^2	Potenza fino a: 1000 kW 100-300 kW
UHF	470-890 MHz	=1.5 Km	<5 m W/m^2	IRPA: 2-4 W/m^2	Potenza fino a 5 MW
Onde corte	3.95-26.1 MHz	220 m 50 m	27.5 V/m=2 W/m^2 121 V/m= 40 W/m^2	IRPA: 27.5-36 W/m^2 = 2-3.5 W/m^2	Potenza: 750 kW
Onde lunghe e medie	130-285 MHz 415-1606.5 MHz	300 m 50 m	90 V/m 450 V/m	IRPA 73.5 V/m	Potenza: 1,8 MW
Inquinamento da alte frequenze in zone metropolitane	Trasmettitori radiotelevisivi		 > 200 m W/m^2 > 10 mW/m^2 > 0.05 mW/m^2 > 0.02 mW/m^2	IRPA: 2-4 W/m^2	Popolazione USA esposta 0.02% 1% 50% 90%
Radar militari	1-10 GHz	0.1-1 Km >1 Km	0.1-10 W/m^2 <0.5 W/m^2	IRPA: 5-10 W/m^2	Potenza 0.2-20 kW
Radiofari	10-20 GHz	500 m	0.4 mW/m^2 2 μ W/m^2	IRPA: 10 W/m^2	0.5 Watt raggio principale 20 m sotto raggio principale

Tabella 2 - Distanze minime da adottare (tratto da Aldo Iacomelli, 1998)

Sulla base di numerosi studi medico - scientifici (Tab. 3), sono state emanate, da parte di organismi internazionali di tutela della salute dell'uomo, normative tecniche che fissano dei valori limite di esposizione da non superare negli ambienti di vita o di lavoro.

Per le basse frequenze i limiti tengono conto solo degli effetti tecnici indotti dalle onde elettromagnetiche, ossia il riscaldamento dei tessuti ad opera dell'energia in esse contenuta (Fabio Macchia, 1998).

Gli studi sono stati strutturati in tre modalità:

- Indagini epidemiologiche sull'uomo
- Studi a lungo termine
- Studi a breve termine sugli animali e sistemi cellulari.

3. ASPETTI PROGETTUALI

3.1 Campi elettromagnetici a frequenza estremamente bassa

I campi elettromagnetici come si può dedurre dal termine sono costituiti da un campo elettrico ed un campo magnetico. A frequenze estremamente basse i due campi, elettrico e magnetico, risultano ben distinti, ma al crescere della frequenza si stabiliscono legami tanto stretti da farli diventare strettamente connessi tra di loro così da produrre onde o radiazioni elettromagnetiche.
Un campo elettromagnetico ad alta frequenza presenta nella sua propagazione una zona d'induzione (campo vicino) e una di radiazione (campo lontano).
Distinzione dell'impiego delle sorgenti elettromagnetiche in base alla frequenza:
1) Sorgenti elettromagnetiche a frequenza estremamente bassa (ELF):
- Elettrodotti

2) Sorgenti elettromagnetiche a bassa frequenza (LF):
- Elettrodomestici

3) Sorgenti elettromagnetiche ad alta frequenza (AF):
- Impianti di radiodiffusione
- Telefoni cellulari, antenne radio-base e telefoni senza filo
- Apparecchiature portatili, radar, apparecchi ad alta frequenza utilizzati in medicina
- Forni a microonde
- Videoterminale e apparecchi televisivi

Le alte frequenze si estendono dalle onde radio fino alle microonde, frequenze utilizzate principalmente per i su elencati elementi.
"Nella zona d'induzione i campi elettrico e magnetico hanno una configurazione molto complessa dipendente dalla struttura geometrica ed elettrica della sorgente, non sono in fase, sono quasi statici e viene a mancare la proporzionalità tra campo elettrico e magnetico. Nella zona di radiazione, la componente elettrica del campo (V/m) è proporzionale a quella magnetica (A/m) secondo la relazione $E=377H$, e la densità di potenza D (W/m^2) detta vettore di Poynting data dal prodotto vettoriale tra E ed H, è legata ad essi dalle relazioni:

$$D=H_2 \times 377 \qquad D=E_2 / 377".$$

Le tre grandezze fisiche sono tra loro legate da rapporti costanti. La loro ampiezza decresce con la distanza dalle sorgenti con legge inversamente proporzionale. Al contrario nella zona d'induzione si devono misurare separatamente le intensità di campo elettrico e magnetico. Le onde elettromagnetiche si propagano nel vuoto perpendicolarmente ai due campi e alla direzione di propagazione. Il campo elettrico è composto dalla presenza di una distribuzione di cariche, mentre quello magnetico è generato da un flusso di cariche elettriche in un campo conduttore. In presenza di una potenza elettrica esistono un campo elettrico ed un campo magnetico (Aldo Iacomelli, 1998).
Un campo elettrico si può schermare con muri, terrapieni, filari di alberi; un campo magnetico ha bisogno per essere schermato della presenza di particolari materiali come il cobalto, il ferro, il nichel e molte delle loro leghe, sostanze ferromagnetiche.
Una linea elettrica genera un campo magnetico che dipende dall'amperaggio è cioè funzione del carico elettrico della linea stessa che può variare nel tempo.

3.2 Proposte di ripristino

La Tenuta di Castelporziano rappresenta nel suo insieme un'area dalle caratteristiche fisico - ambientali uniche nel mediterraneo. E' infatti un raro esempio di bosco planiziale sopravvissuto fino ai nostri giorni che da così rifugio a molti animali ed offre un punto di sosta per l'avifauna migratrice.
Per tutelare questo ambiente è indispensabile una bonifica degli impianti elettrici di Media e Bassa Tensione all'interno della Tenuta ed in particolare trattasi delle linee elettriche aeree presenti.
Sono stati individuati esattamente tre aree di intervento:
1) Località Trafusa
2) Località il Canile e Casa delle Antilopi
3) Area interessata dalla linea aerea che attraversa per 4 km l'area da Tor Paterno fino alla Santola vicino la via Pratica di Mare.

Dalla planimetria generale sono stati individuati i tratti delle linee elettriche, evidenziando i punti di partenza, le diramazioni e le località dove conducono l'elettricità.
Le linee principali da dove si diramano i tratti interessati dal presente studio sono:
- la rete LIDO – CASTELROMANO

- la rete VITINIA – CASALPALOCCO

La rete Vitinia – Casal Palocco interessa i primi due interventi mentre la rete Lido – Castel Romano l'intervento n°3.

3.3 Cartografia

- Tav. 1 Planimetria della Tenuta di Castelporziano e individuazione delle linee elettriche.
- Tav. 2 Tratto delle linea elettrica aerea MT 11191 – 11176 località "La Trafusa".
- Tav. 3 Tratto delle linea elettrica aerea MT 11252 – 11253 derivata località "Il Canile" e "Casa delle antilopi".
- Tav. 4 Tratto delle linea elettrica aerea MT 11381 – 11101 località da "Tor Paterno" a "La Santola" in via Pratica di mare.

3.4 Interventi di recupero ambientale: l'interramento delle linee elettriche.

L'intervento che prevede l'interramento delle linee elettriche aeree consiste, per tutti i tratti in considerazione nel predisporre uno scavo di dimensioni 0.60 mt. x 1.10 mt. x l'intera lunghezza della linea in prossimità della strada vicina già esistente. Si procede lungo la strada perché convenzionalmente è più facile individuare la linea in caso di guasto e di manutenzione. All'interno dello scavo viene posizionato un cavo da 8400 Hz per ogni tipo di tensione (se MT (media tensione) o BT (bassa Tensione)) formato da tre fili di rame intrecciati, su questo si posizionano a protezione dei copponi di cemento di dimensioni 20 x 30 cm circa, per evitare le dispersioni e gli attacchi da parte dei piccoli animali.
Scendendo nel particolare analizziamo i singoli interventi e le caratteristiche tecniche.

1° INTERVENTO (Tav. 2): **Località "La Trafusa" (linea aerea MT 1191 - 11176) Rete di collegamento Vitinia – Casal Palocco**
Canalizzazione della linea con la posa di un cavo lungo la strada sterrata che dall'ingresso della Tenuta porta alla Caserma dei Carabinieri. Il collegamento verrà effettuato dalla linea elettrica che proviene dalla via C. Colombo, esattamente dalla cabina di trasformazione posta in prossimità dell'entrata alla Tenuta in via di Malafede. Il cavo si trova interrato lungo il muro di cinta della Tenuta, dopodiché in località Trafusa esce in linea aerea con pali semplici in c.a. L'intervento consiste nell'eliminare i pali e le linee aeree: il nuovo cavo di MT interrato percorrerà dal punto **A** il ciglio della strada già esistente fino al punto **B**, da questo procederà con due cavi 1 di MT ed 1 di BT che servirà una stazione meteo e giungerà fino al punto **C**. Qui verrà sostituita la cabina elettrica da palo n° 11176 con una cabina prefabbricata di dimensioni 2.20 x 4.00 x 2.20 mt. (tipo normale). Nel punto **B** sarà sistemato un pozzetto d'ispezione di dimensioni 1.00 x 1.50 x 0.50 mt.

2° INTERVENTO (Tav. 3): **Località "Il Canile" e "Casa delle Antilopi" (linea aerea MT 11252-11253 derivata) Rete di collegamento Vitinia – Casal Palocco**
Messa in anello della cabina a chiosco 11253 con la posa di cavi MT in attraversamento del Viale di Malafede all'altezza della Cappella di S. Croce e lungo la strada sterrata che porta alla Casa delle Antilopi. Dalla cabina elettrica posizionata nel punto **A** procederà un cavo MT lungo la strada esistente fino a giungere al punto **B**. Una cabina elettrica di tipo normale verrà posizionata nel punto **B** e da questa si dipartirà un cavo BT che servirà il casale nel punto **C** ed un cavo BT che giungerà al punto **D** recuperando la linea aerea di BT fuori servizio ed abbandonata (si recupera La Casa delle Antilopi).

3° INTERVENTO(Tav. 4): **Tratto da "Tor Paterno" a "La Santola" in "via Pratica di mare" (linea aerea MT 11381- 11101) Rete di collegamento Lido – Castel Romano**
Questa linea aerea attraversa per circa 4 km l'interno della Tenuta, dall'altezza di "Tor Paterno" alla località "La Santola", in via Pratica di Mare. Qui è prevista la canalizzazione della linea, interrando i cavi per un tratto, dal punto **A**, lungo il Viale di Tor Paterno a CastelPorziano fino al "Fontanile della Dogana", punto **B**, e lungo lo stradone della Dogana alla Santola fino a via Pratica di Mare.
La linea di BT disattivata, all'altezza della località "Le Colonnacce" non verrà recuperata.

4° INTERVENTO (in fase di attesa - Tav. 1): **Località "Capocotta" Servizio E.N.E.L.**
Il comprensorio di Capocotta presenta una situazione di particolare degrado procurate anche dalle linee elettriche aeree. Da qualche anno la Tenuta di Castelporziano ha inglobato l'area di Capocotta, quale

parte integrante della Riserva Naturale. Il servizio di distribuzione dell'energia elettrica, nell'area di Capocotta è gestito dall'E.N.E.L. e in questo momento, gli impianti di Capocotta sono in completo o quasi totale abbandono, in attesa che si giunga ad una soluzione.
L'A.C.E.A. è stata contattata per provvedere alla redazione di un progetto di sistemazione e organizzazione delle linee elettriche. Purtroppo l'azienda, data la scarsa entità delle utenze non ritiene economicamente vantaggioso definire interventi per l'eliminazione delle strutture ormai abbandonate ed inefficienti.

CONCLUSIONI

L'obiettivo perseguito nel seguente lavoro è stato di ripristinare lo stato dei luoghi deturpato dalle linee elettriche aeree dell'ACEA che servono le utenze della Tenuta. Il progetto prevede l'eliminazione delle strutture che si erano create nel bosco con il passaggio di queste linee elettriche aeree e dei relativi pali che le sostengono, attraverso l'interramento delle stesse e l'eliminazione dei tralicci. Successivamente è stato previsto un impianto di rimboschimento, laddove necessario, per ricucire le fratture ambientali e paesaggistiche.
Con questi interventi abbiamo riproposta l'unitarietà ambientale e ricucito l'assetto del territorio considerandolo un tutt'uno. Di conseguenza, con la realizzazione del progetto, abbiamo ripristinato e recuperato l'insieme paesaggistico precedentemente alterato. Per quanto riguarda gli aspetti biologici legati alla fauna e all'avifauna, abbiamo eliminato possibili cause di mortalità, provocate dalle linee elettriche aeree, intervenendo sulle fratture ambientali e territoriali, permettendo oltremodo la continuità di fruizione dell'ambiente.
Riproponiamo in questo modo l'ambiente naturale al suo originale assetto e permettiamo a tale area di restituirci tutto il complesso valore estetico, unico nel suo genere, che l'uomo a volte dimentica oppure oscura con i suoi interventi.

Si ringrazia il Sig. Felici e il Sig. Albanesi dell'A.C.E.A. per la gentile collaborazione e le informazioni fornite.

BIBLIOGRAFIA

[1] A.A.V.V. Inquinamento elettromagnetico a 50 Hz. Ed. Fratelli Palombi, Roma, 1998.
[2] Michel Ianoz, R. Conti e altri. Inquinamento elettromagnetico a 50 Hz. Stato dell'arte ed indagini sperimentali. Ed. PN Comunication, Roma, 1998.
[3] Sara Fioravanti, Aldo Iacomelli, Fabio Macchia, Luca Ramacci, Guido Santonocito. Il problema corre sull'onda. Elettrosmog: biosfera a rischio. Ed. WWF, Roma, 1998.
[4] Paolo Bevitori et altri. Inquinamento elettromagnetico. Ed. Maggioli Editore, Rimini, 1998.

Tavola 1: ***Planimetria generale. Tenuta di Castelporziano***

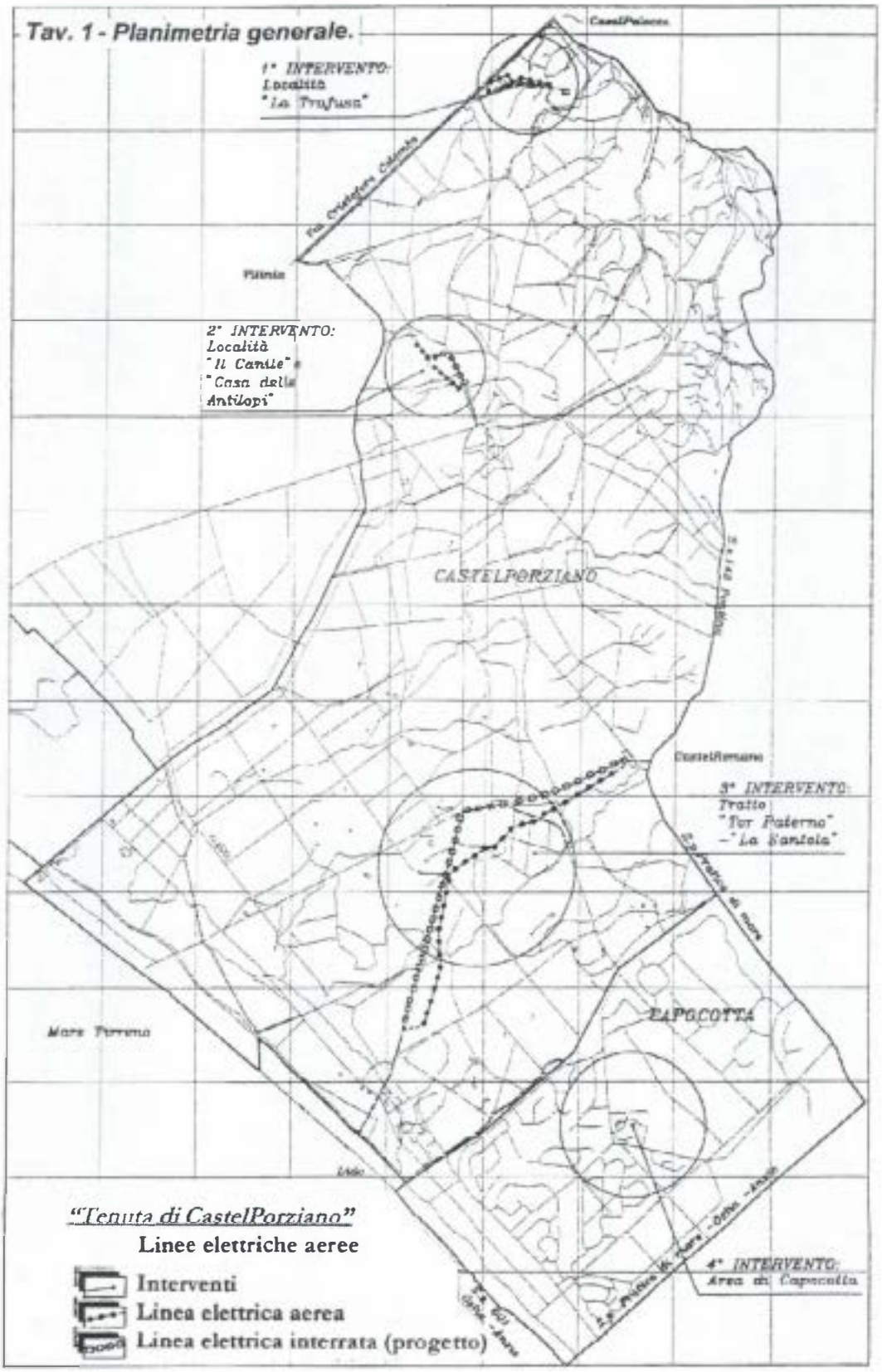


Tavola 2: ***1° Intervento.***

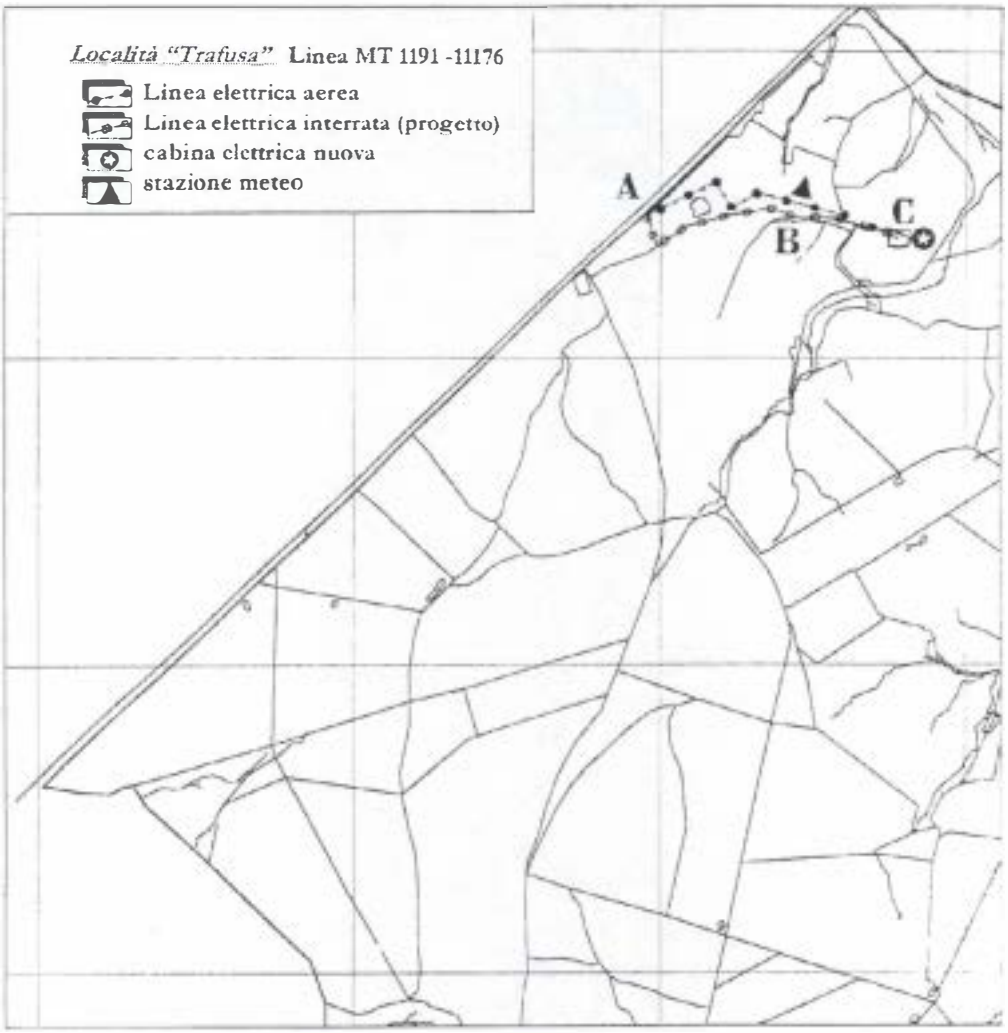


Tavola 3: ***2° Intervento.***

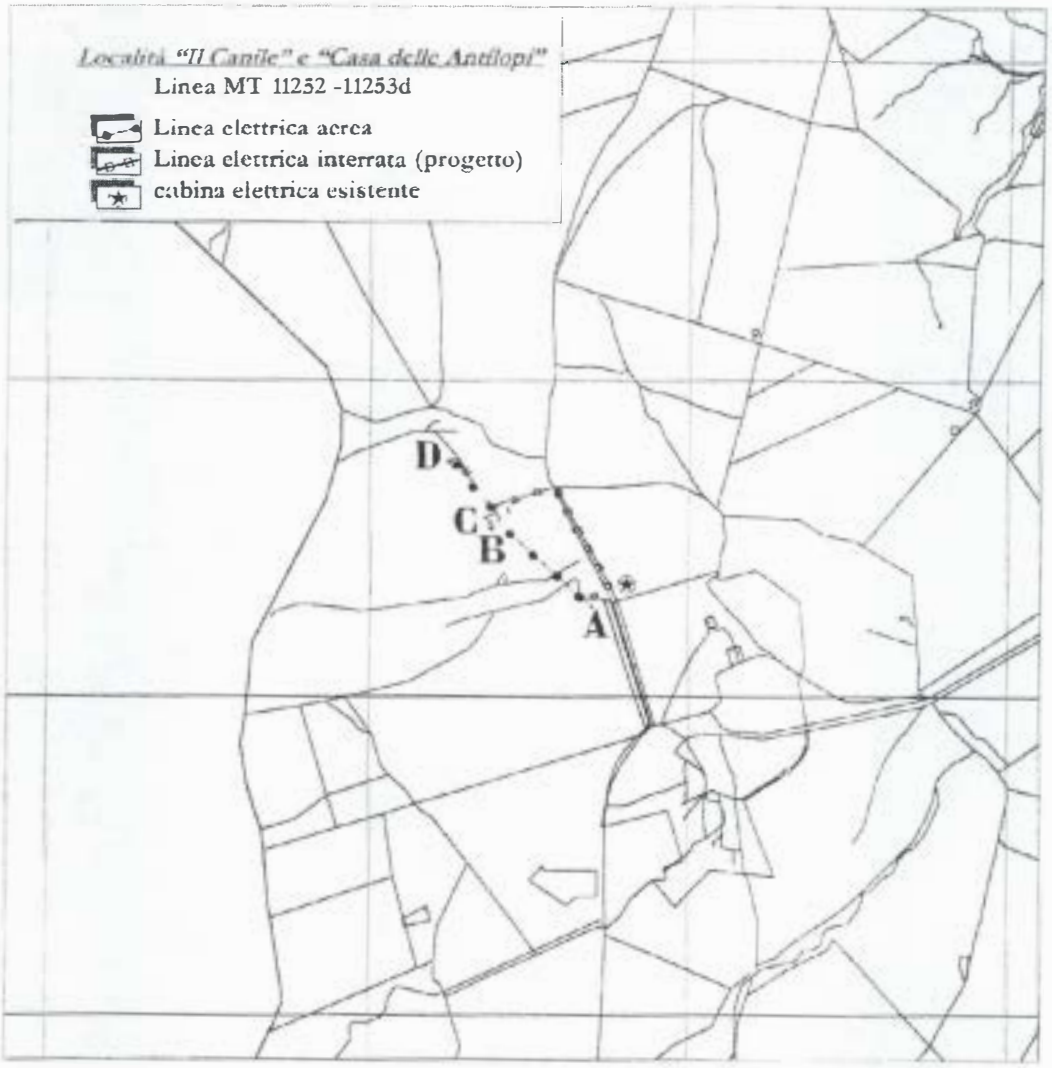


Tavola 4: ***3° Intervento.***

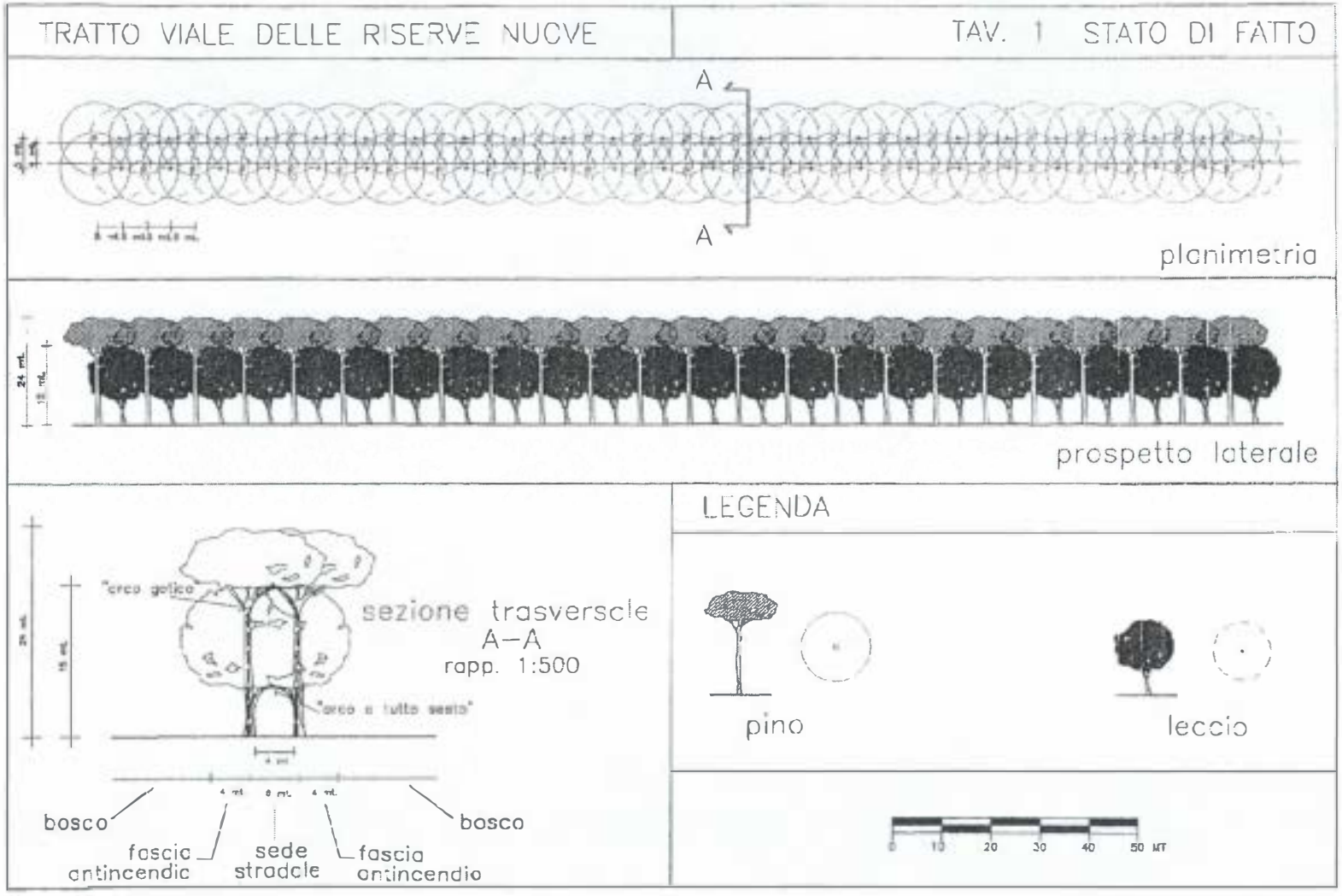
GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	I Viali Alberati Realizzati all'interno della Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Tinelli, G. Micheli, F. Di Paolo

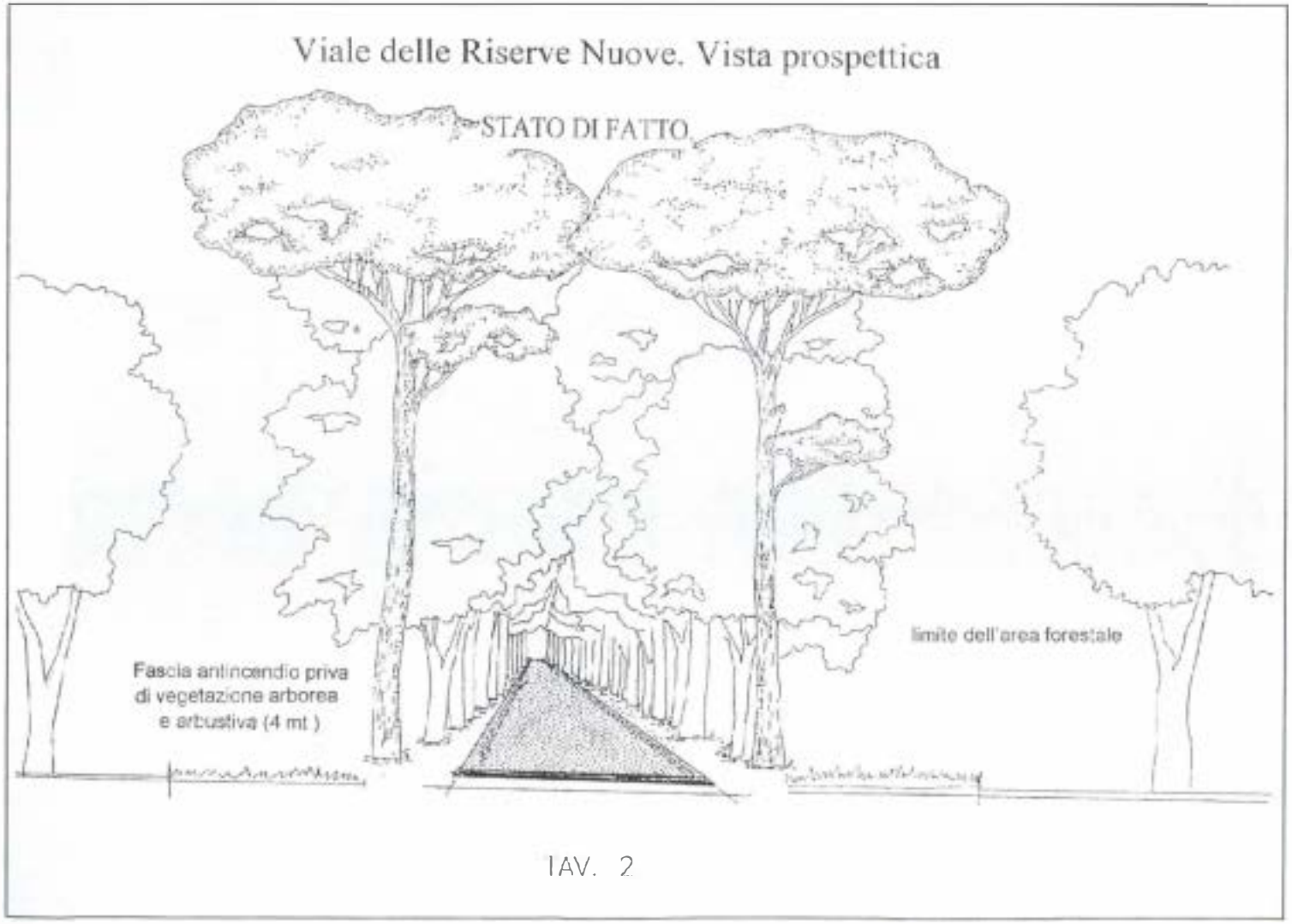
INTRODUZIONE

All'interno della Tenuta di Castelporziano, esistono numerosi viali alberati realizzati in passato in relazione alle diverse necessità di fruizione del comprensorio.
Questi viali facilmente riconoscibili per l'impostazione del tutto antropica, risultano per lo più topograficamente rettilinei.
In origine i viali alberati della Tenuta collegavano l'area residenziale del Castello con la Villa di Castel Fusano e con le case coloniche delle varie località limitrofe, attualmente sono percorsi esclusivamente per raggiungere l'area di Capocotta ed il mare.
Nel tempo questi tracciati stradali sono stati sistemati ed alberati, in particolare la copertura arborea, come risulta dall'età delle piante, è stata realizzata alla fine dell'Ottocento.
Le alberature sono state sistemate lungo il percorso essenzialmente per motivi pratici, vista la necessità nella stagione estiva di proteggere dall'eccessivo irraggiamento solare coloro che percorrevano questo lungo tragitto a cavallo o in carrozza.
I viali alberati ottocenteschi, nella maggior parte dei casi, costituiscono delle composizioni progettuali autonome quasi delle esercitazioni stilistiche i cui canoni estetici si ritrovano sia nella partizione regolare ed omogenea delle alberature stradali, sia nella regolarità dei tracciati che nella scelta prevalente di andamenti rettilinei.
Lo studio preliminare eseguito a monte della realizzazione di un viale, di solito molto accurato nella scelta delle specie e del loro ritmo di collocazione, veniva eseguito senza tener nel debito conto il contesto di inserimento. Soventemente, il viale alberato, in alcuni ambienti naturali quali: boschi, radure, ecc., ne costituisce l'elemento ordinatore.
Pertanto i viali ottocenteschi, costituendo delle componenti paesaggistiche specificatamente costruite, non dimostrano una grande sensibilità nei confronti degli aspetti ambientali dell'area d'intervento.
L'inserimento del viale nell'ambiente circostante non era oggetto di particolare attenzione, si lasciava, infatti, che il verde limitrofo crescesse fino ai margini del percorso. Le più recenti esigenze di prevenzione degli incendi hanno reso necessaria la realizzazione di due fasce laterali prive di vegetazione, che si sono dimostrate utili inoltre, per evitare incidenti causati dai possibili repentini attraversamenti a raso degli animali allo stato brado.
La scelta progettuale di adottare assi rettilinei, privi di variazioni altimetriche, secondo un andamento costante, denuncia la volontà dei progettisti di organizzare il territorio eliminando e regolarizzando le discontinuità ambientali.
L'impiego di linee e forme regolari, inoltre, lascia trasparire la volontà di "addomesticare" la natura, in linea con una concezione tipicamente antropocentrica che vede l'uomo come colui che plasma e modella l'ambiente.
La volontà di superare oggettive asperità del terreno, come la presenza di acquitrini e avvallamenti, attraversabili a quel tempo esclusivamente a dorso di cavallo, rese necessaria la realizzazione di strade uniformi a pendenza regolare. Tali interventi prevedevano inoltre, la regimazione delle acque superficiali e meteoriche in modo da garantire alle carrozze una più agevole percorrenza dei viali.
D'altra parte è opportuno rilevare che la realizzazione di questi tracciati stradali, costituisce per la fauna, un elemento di discontinuità ambientale ed una frattura nel tessuto vegetazionale limitrofo.

DESCRIZIONE

Il primo caso preso in considerazione è quello del *Viale delle Riserve nuove*, che dall'incrocio della *Dogana* conduce fino al mare.
Si tratta di un percorso rettilineo di circa 4 chilometri che taglia il bosco in modo netto, attraversando un'ampia radura, tratti di bosco fitto, zone di macchia mediterranea ed avvallamenti retrodunali che sono stati appositamente bonificati.
L'alberatura del viale è costituita da piante di pino domestico (Pinus pinea) e leccio (Quercus ilex), ambedue specie tipiche dell'area laziale.
Ai lati del viale, largo appena 4 metri, le due specie arboree sono state messe a dimora ai bordi dell'asse stradale secondo un ritmo regolare e disposte in posizione reciproca alternata ad una distanza di 5 metri (vedi Tav. 1).
Questa soluzione progettuale risulta comunque, di grande effetto visivo in quanto produce una profondità visuale di notevole efficacia ottica ed una organizzazione paesaggistica di particolare effetto.
La sovrapposizione delle chiome verde scuro dei lecci, sovrastate da quelle verde vivo dei pini, realizza due piani di copertura ben differenziati e strutturalmente diversi come si rileva dal prospetto longitudinale della Tav. 1.
Le ramificazioni del leccio, più basso e compatto, ricordano le curvature di un arco a tutto sesto, mentre la copertura ad ombrello del pino, con i rami slanciati verso l'alto ed il fusto a colonna, ripropone idealmente una struttura di tipo gotico ad arco a sesto acuto (vedi sezione della Tav. 1).
La disposizione delle due specie, produce dal punto di vista ottico l'effetto di un tunnel vegetale, che data la lunghezza della strada enfatizza la profondità visuale.
Dal prospetto laterale, come emerge dalla Tav. 1, si rileva una lunga monotona successione di alberi, caratterizzata da una fascia vegetale più chiara che sovrasta un insieme più scuro. questi due elementi sovrapposti realizzano nel paesaggio un segno forte che interrompe la continuità e la composizione spontanea dell'ambiente naturale in cui si inserisce.
La collocazione seriale dei fusti, sequenza alternata di elementi verticali di diversa altezza e colore, utilizzando i tronchi rossicci dei pini e quelli grigio scuro dei lecci riproduce l'idea del colonnato.
Il viale alberato, inteso come una barriera artificiale realizzata dall'uomo, costituisce per gli animali che lo attraversano (soprattutto cinghiali e daini) un elemento di discontinuità ambientale.
Il *viale delle Riserve nuove* è attualmente interessato da un transito piuttosto modesto di autoveicoli, pertanto, ad oggi, non si ritengono necessari interventi progettuali specifici a protezione degli animali selvatici. Certamente, sarebbe opportuno indicare un limite di velocità al fine di garantire l'incolumità della fauna e soprattutto per prevenire incidenti.
Riguardo alla datazione dell'impianto vegetale del viale, non è stato possibile reperire documentazione storica che ne attesti con precisione l'età. Dall'esame delle piante è comunque possibile attribuire alle stesse un'età compresa tra i 100 e 110 anni.
Il progettista dell'epoca, probabilmente, aveva già definito i differenti piani di copertura dell'alberatura stradale in età matura ed aveva individuato la necessità di eliminare nel tempo una delle due specie.
Il progetto del *Viale delle Riserve nuove,* forse, sin dalla sua prima ideazione prevedeva l'eliminazione progressiva del pino domestico a favore di un viale costituito essenzialmente da lecci, la cui crescita più lenta sarebbe stata in grado di assicurare una copertura forestale più duratura nel tempo.
Nella prima fase dell'impianto (per i primi 70-80 anni) la scelta del pino doveva pertanto assolvere ad una duplice funzione: garantire grazie alla sua rapida crescita l'ombreggiatura del tracciato stradale e favorire il progressivo più lento accrescimento dei lecci.
Molti esemplari di pino domestico e di leccio mostrano oggi segni preoccupanti di attacchi parassitari, carie e tracce di cavità. Un attento studio sull'assetto fitosanitario delle piante evidenzia che molti di loro si trovano in precarie condizioni, tanto da far temere per la loro stabilità. Senza entrare in una specifica descrizione di carattere fitosanitario, si possono indicare una serie di problematiche tali da condurre a possibili proposte di intervento progettuale, con l'impiego della dendrochirurgia o prevedendo la sostituzione degli esemplari maggiormente compromessi.


TRATTO VIALE DELLE RISERVE NUOVE
TAV. 1 STATO DI FATTO
A
A
planimetria
prospetto laterale
"arco gotico"
"arco a tutto sesto"
sezione trasversale
A–A
rapp. 1:500
bosco
fascia antincendio
sede stradale
fascia antincendio
bosco
LEGENDA
pino
leccio
0 10 20 30 40 50 MT


Viale delle Riserve Nuove. Vista prospettica
STATO DI FATTO
Fascia antincendio priva
di vegetazione arborea
e arbustiva (4 mt)
limite dell'area forestale

TAV. 2

PROBLEMATICHE SULLO STATO DI CONSERVAZIONE DELL'ALBERATURA STRADALE

Sinteticamente le problematiche rilevate a carico dell'alberatura stradale possono essere così di seguito evidenziate:

1. *Pino domestico:* a carico del pino domestico in passato è stato necessario intervenire in numerose occasioni per eliminare le discontinuità causate dall'apparato radicale affiorante a livello del manto stradale. Tali interventi con la rottura e l'asportazione di parte dell'apparato radicale, hanno minato nel tempo la stabilità delle piante. Sono, inoltre, evidenti a causa prevalentemente di traumi prodotti dall'urto di autoveicoli, attacchi di parassiti che hanno provocato sul fusto carie e cavità. Il vento e gli agenti atmosferici, hanno invece provocato numerose fratture nella parte aerea. L'età ormai avanzata dei pini e la loro condizione fitosanitaria ha causato la perdita di numerosi esemplari, con inevitabili vuoti nella continuità compositiva del viale.
2. *Il leccio:* le errate capitozzature e potature eseguite in prevalenza lungo il viale per garantire un agevole transito ai mezzi di trasporto di maggiori dimensioni (TIR, pullman), hanno prodotto nella zona aerea di diversi esemplari numerose carie e cavità. Sul piano basale e sul tronco dei lecci, si notano le conseguenze di numerosi urti provocati da autoveicoli che hanno compromesso irreparabilmente la stabilità delle piante.

La necessità di uno specifico progetto di manutenzione e gestione dell'alberatura è emerso prevalentemente dalle numerose problematiche connesse con lo stato di conservazione delle piante.

IPOTESI DI INTERVENTO

Le considerazioni fin qui formulate introducono a 3 possibili ipotesi di intervento, da valutare in funzione della più opportuna soluzione paesaggistica:

- ***soluzione paesaggistica 1*** Prevede l'eliminazione del pino domestico da porre in atto mediante il taglio a tratti successivi delle piante;
- ***soluzione paesaggistica 2*** Prevede l'eliminazione degli esemplari a leccio per lasciare libero spazio all'espansione dei pini;
- ***Soluzione paesaggistica 3*** Prevede l'eliminazione dei pini e la successiva messa a dimora di esemplari della stessa specie, da disporre parallelamente all'asse longitudinale stradale e traslati rispetto agli originali di circa 4 m verso l'esterno.

SOLUZIONE PAESAGGISTICA I

In questa soluzione paesaggistica viene ipotizzata l'eliminazione delle piante di pino domestico, lasciando in piedi l'alberatura di leccio. Si avrà la massima cura nell'atterrare gli alberi per non provocare danni alle piante sottostanti, evitando urti, schianti e fratture alle parti fogliari ed a quelle superiori.

In questo modo i lecci non saranno più sottomessi alla chiome dei pini e saranno liberi di espandersi in altezza e lateralmente, anche in relazione al fatto che, dopo l'eliminazione dei pini, la distanza delle piante risulterà raddoppiata, creando maggiori vuoti con possibilità di ottenere una quantità superiore di illuminazione diretta sia laterale che zenitale (vedi Tav. 3 e 4).

Il viale alberato di lecci, presenterà così esemplari con chioma rotondeggiante fino ad una altezza di circa 15 m, con fusti piuttosto bassi rispetto ai pini, presenti prima dell'intervento.

La nuova composizione comporterà una vista prospettica del viale più compatta, con conseguente riduzione della profondità di campo.

Detta profondità visuale, in compenso, potrà essere evidenziata con il corretto inserimento delle strisce bianche continue da posizionare ai margini della carreggiata, secondo le norme della circolazione stradale.

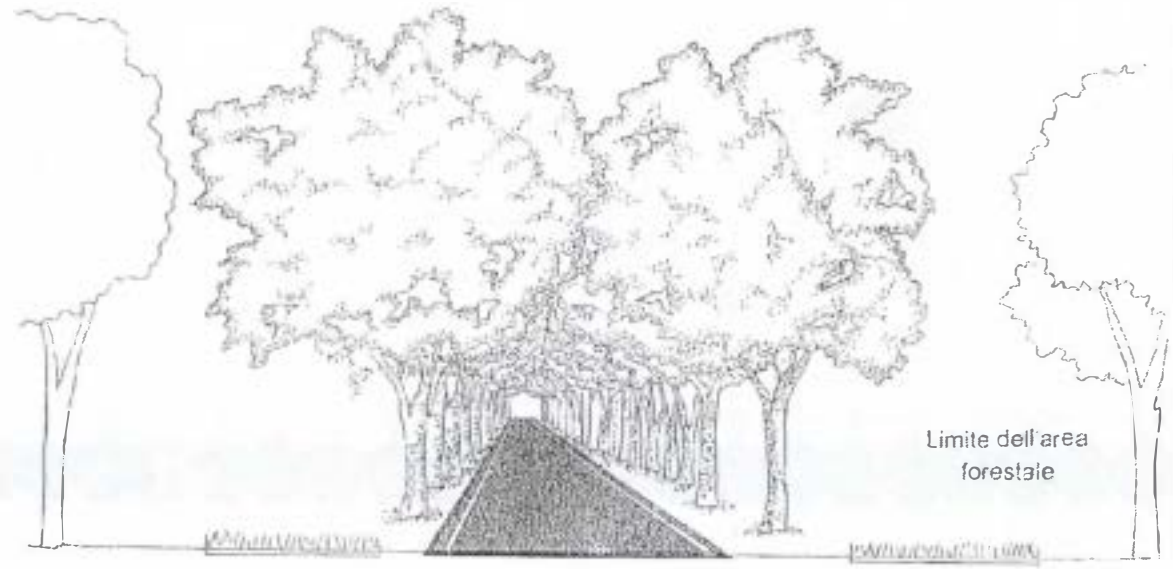
In seconda fase, si può prevedere un'azione di potatura sia per l'equilibratura delle chiome, che per la riduzione di eventuali problemi di stabilità, peraltro già evidenti dallo stato di conservazione delle piante ed allo scopo di aumentare l'omogeneizzazione e la compattazione dell'apparato fogliare.

Si prevedono, inoltre, interventi di carattere fitosanitario e di dendrochirurgia su alcuni esemplari che attualmente presentano marcescenze e cavità provocate da precedenti fratture o potature.

Chi percorrerà il viale, avrà l'impressione di trovarsi avvolto dalle chiome dei lecci che, al bordo esterno della strada, potranno discendere fino al suolo, incrementando l'effetto di penombra già esistente.

Relazione del GdL

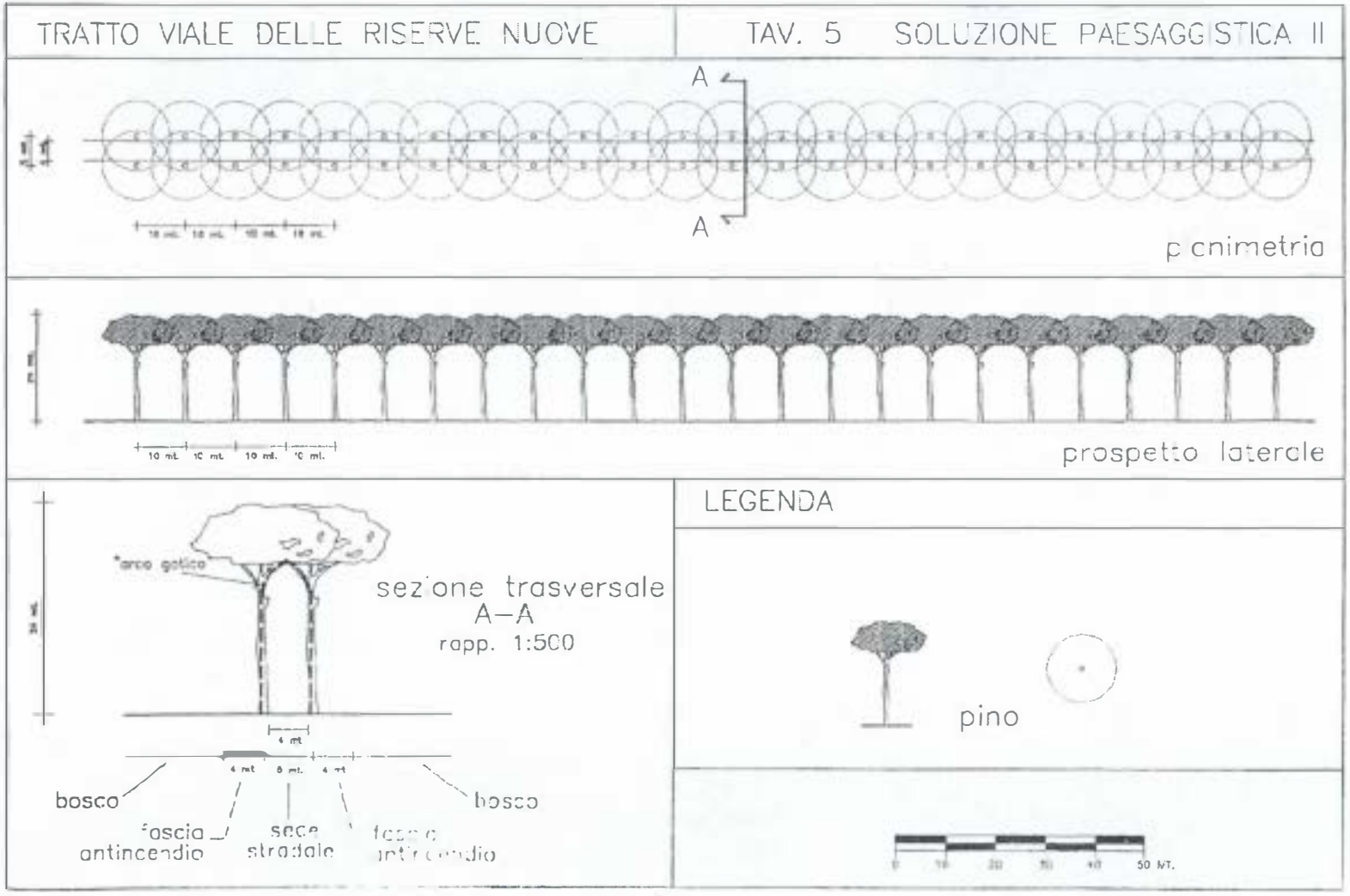
Viale delle Riserve Nuove. Vista prospettica. Scenario paesaggistico I

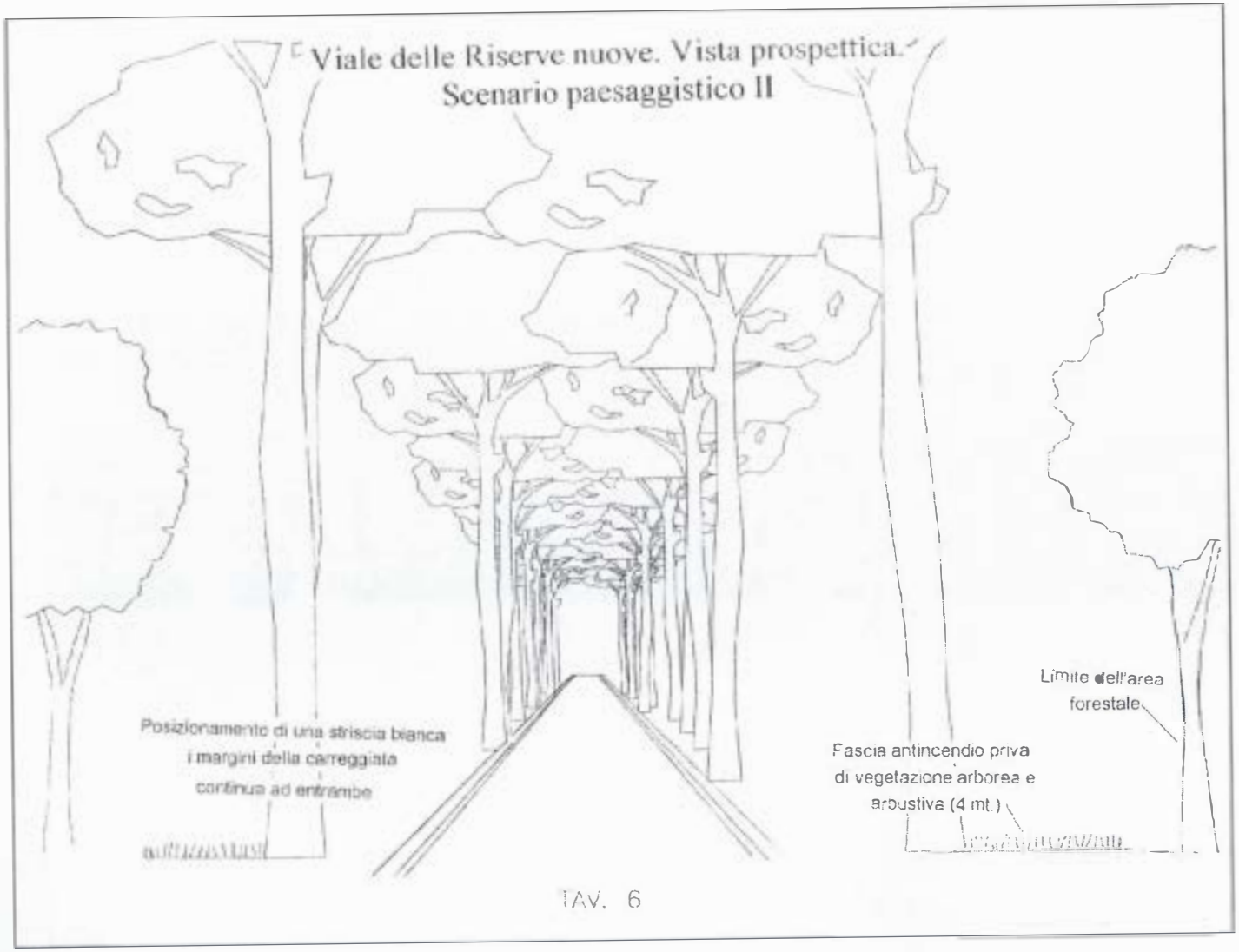


Fascia antincendio priva di vegetazione arborea e arbustiva (4 mt)

Posizionamento di una striscia bianca continua ad entrambe i margini della carreggiata

TAV. 4

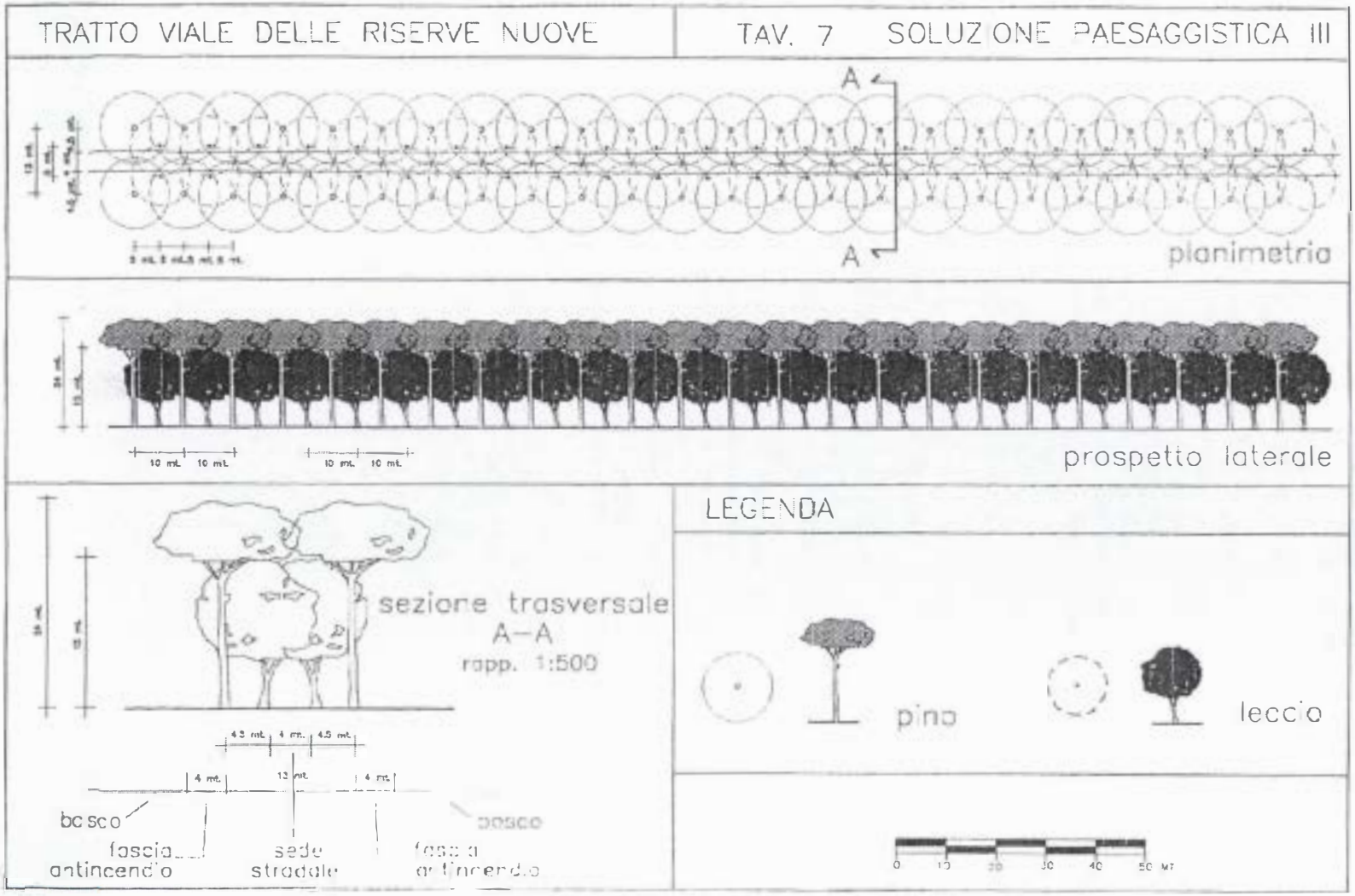

TRATTO VIALE DELLE RISERVE NUOVE
TAV. 5 SOLUZIONE PAESAGGISTICA II
A
A
10 mt. 10 mt. 10 mt. 10 mt.
prospetto laterale
LEGENDA
arco gotico
sezione trasversale
A–A
rapp. 1:500
4 mt.
4 mt. 8 mt. 4 mt.
bosco
fascia antincendio
strada
bosco
pino
50 MT.

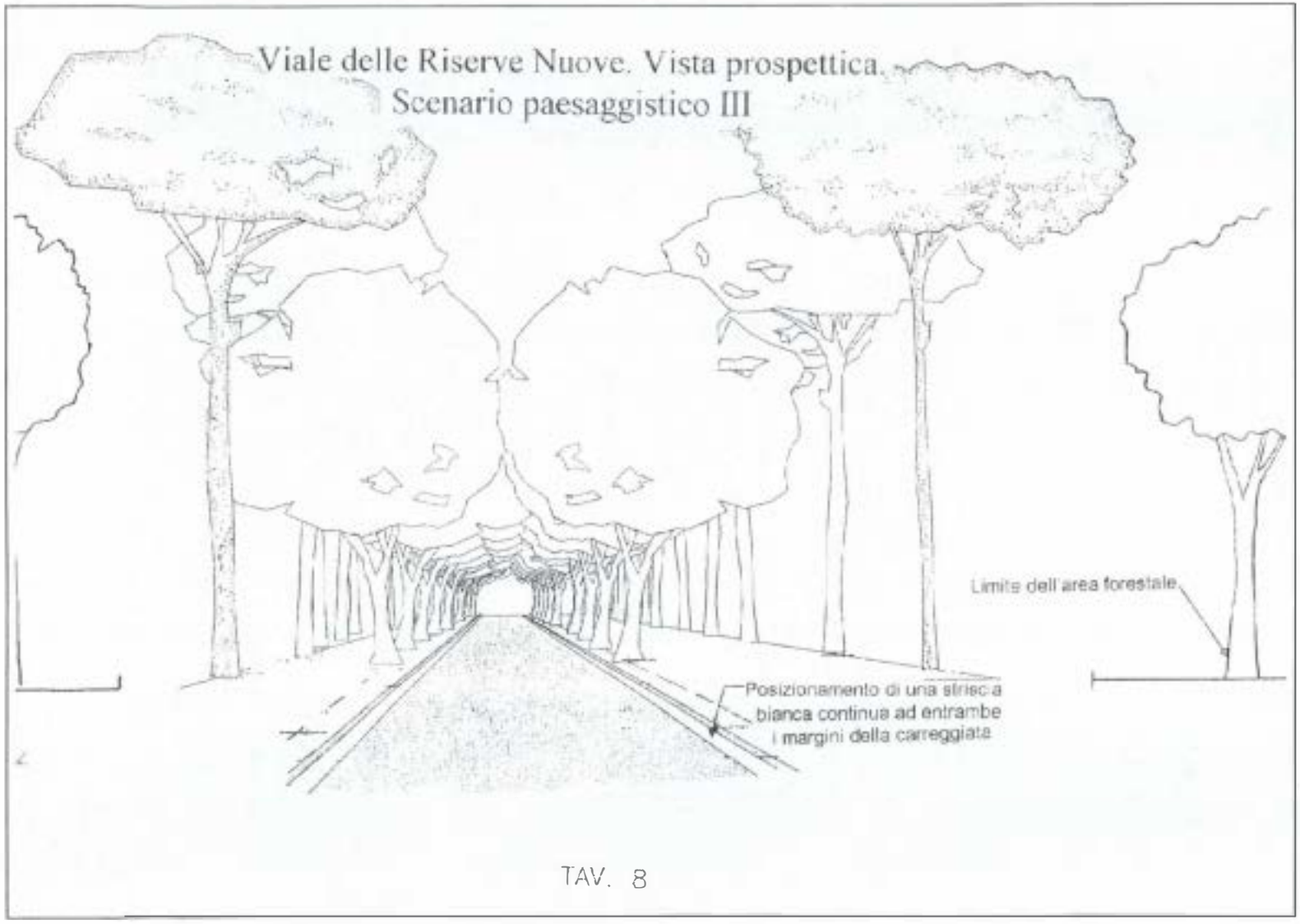

Viale delle Riserve nuove. Vista prospettica.
Scenario paesaggistico II
Posizionamento di una striscia bianca
i margini della carreggiata
continua ad entrambe
Fascia antincendio priva
di vegetazione arborea e
arbustiva (4 mt.)
Limite dell'area
forestale

TAV. 6

SOLUZIONE PAESAGGISTICA III

Si propone in questo caso l'eliminazione delle piante di pino domestico, il mantenimento dell'alberatura di leccio e l'inserimento di una nuova alberatura a Pinus pinea, traslata verso l'esterno rispetto al bordo stradale.
Il taglio dei pini non dovrà danneggiare gli esemplari di leccio che rimarranno parte integrante dell'alberatura.
Questi ultimi saranno oggetto di interventi di dendrochirurgia per la loro presenza diretta sulla sede stradale e per la necessità di mantenerli in buono stato.
Si prevede la messa a dimora di piante di pino domestico da posizionare a distanza regolare in alternanza ai lecci già esistenti (vedi Tav.7). La distanza proposta è di circa 4 m dall'asse di piantumazione dei lecci, così da creare un corridoio tra le due alberature percorribile dai mezzi meccanici. Questi ultimi, in caso di necessità, potranno intervenire agevolmente per mantenere pulita la fascia antincendio.
L'allontanamento dei pini dalla sede stradale, potrà risolvere il problema delle continue manutenzioni del manto stradale, necessaria per l'affioramento dell'apparato radicale.
Tale soluzione mantiene anche in futuro la presenza di ambedue le specie esistenti prima dell'intervento non tradendo l'impostazione progettuale dell'impianto originale con le due altezze dell'alberatura stradale.
Appare, pertanto, che in questo caso venga salvaguardata l'alternanza di elementi arborei differenti con caratteristiche preminenti in larghezza ed altezza. accentuate dalla chioma sferica del leccio e dalla verticalità del pino.
Il viale nel suo complesso con l'insieme delle specie che caratterizzano l'alberatura, occupando una sede più ampia, appare nel complesso più arioso (vedi Tav.8).
La luce solare, mediata da ambedue le linee arboree, raggiungerà la sede stradale con tonalità più morbide ed attenuate.
L'allontanamento dei fusti del pino permetterà, inoltre, una più agevole percorribilità delle strada diminuendo la possibilità di urti e facilitando la manovrabilità sull'asse stradale.
Il campo visivo subisce una espansione orizzontale con una conseguente perdita della profondità di campo.
Gli effetti connessi con tale scenario paesaggistico, possono essere ben valutati solo considerando gli squilibri tra le specie che si stabiliranno a lungo termine.
Tale proposta progettuale consente una flessibilità di fruizione che può trovare successivamente differenti applicazioni.
Ai bordi della sede stradale, è stato previsto il posizionamento di strisce bianche continue, come regolamentato dalle norme del Codice stradale, che stimolano l'osservatore verso il punto fuga centrale.
Anche questa soluzione prevede l'intervento di eliminazione dei pini da effettuarsi a tratti successivi, sia nell'asportazione delle piante che nella messa a dimora delle nuove specie. In questo modo è possibile ottenere un impianto finale coetaneo ed omogeneo, così da rendere quasi impercettibile la differenza di realizzazione ed i tempi diversi dell'impianto.
Nel caso in cui si dovesse procedere all'eliminazione puntuale delle piante pericolanti e al successivo posizionamento degli esemplari giovani, si otterrebbe una distribuzione discontinua con notevoli differenze nei tempi di impianto.


TRATTO VIALE DELLE RISERVE NUOVE
TAV. 7 SOLUZIONE PAESAGGISTICA III
A
A
planimetria
10 mt. 10 mt.
10 mt. 10 mt.
prospetto laterale
seziore trasversale
A–A
rapp. 1:500
4,5 mt. 4 mt. 4,5 mt.
4 mt.
13 mt.
4 mt.
bosco
fascia antincendio
sede stradale
fascia antincendio
bosco
LEGENDA
pino
leccio
0 10 20 30 40 50 MT


Viale delle Riserve Nuove. Vista prospettica.
Scenario paesaggistico III
Limite dell area forestale
Posizionamento di una striscia
bianca continua ad entrambe
i margini della carreggiata

TAV. 8

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Studio dell'Evoluzione Temporale del Paesaggio Vegetale nella Tenuta di Castelporziano, mediante l'Analisi Multitemporale di Foto Aeree
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	PANGEA - CNR - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Grignetti, A. Tinelli, R. Salvatori, R. Casacchia

INTRODUZIONE

La Tenuta di Castelporziano è un'area di grande interesse storico e naturalistico essendo stata utilizzata prevalentemente come area ad uso di rappresentanza, anche a scopo venatorio, per molti secoli. Ciò ha permesso alla Tenuta di sfuggire all'intensa attività agricola ed alla massiccia urbanizzazione che ha invece caratterizzato tutto il territorio circostante.
Dagli atti storici risalenti all'inizio del secoli, è possibile individuare le linee di gestione che venivano applicate in questo territorio. Infatti nel 1927 il territorio demaniale era così ripartito: 3180 ha di bosco, 1146 ha di pascoli nudi o alberati, 338 ha di coltivi (ampliati in seguito a 420 ha) e 29 ha di fabbricati e strade per un totale di 4693 ha.
La ripartizione territoriale descritta è stata analizzata per un progetto di miglioramento boschivo risalente al 1935 da cui risulta che la massima parte del territorio era destinato a Tenuta di Caccia e accoglieva varie piscine con specchi d'acqua di limitata profondità, necessari per la sopravvivenza della numerosissima selvaggina di ungulati.
I boschi erano costituiti in gran parte da ceduo matricinato (con turni di 12 anni) con alto fusto di specie quercine e ceduo di alcune specie della macchia mediterranea (2360 ha); inoltre circa 500 ha erano ricoperti da rimboschimenti di pino per la produzione dei pinoli e la rimante superficie da alto fusto con predominanza di cerro, farnia, sughera e leccio.
La gestione forestale della Tenuta (indicata come Real Tenuta di Castelporziano) nei primi anni '30 era orientata a contrastare o rallentare il deterioramento del bosco "col ravvivare ed esaltare ogni possibilità rigeneratrice", eseguendo lavori di ripulitura e di spollonatura, e con lavori di utilizzazione quali "dicioccatura e sgombro del terreno dai ceppi e dai più grossi residui di tronchi secchi".
Il taglio ceduo di ampie aree del bosco e della macchia mediterranea era effettuato principalmente per la produzione e la vendita di legna da ardere, di carbone e di tronchi di legname per lavorazione. Dai resoconti annuali emerge che i tagli venivano effettuati solo quando il bosco era maturo e veniva rimandato agli anni seguenti nel caso in cui non raggiungeva il turno di ceduazione. Sembra comunque che i lavori riguardassero sempre "le piante seccaginose, deperite, monconi vecchi e cariati, ceppi secchi e legna caduta a terra". Le zone implicate dal tagli nel 1937/38 sono quelle di Tellinaro e Tellinaretto, Farnete, Tomboleto di Pantan Lauro e i Tomboleti di Piscina Bassana. Nel 1939/40 era previsto il taglio di Canale di Piscina Bassana, Scopone, Farnete e Cioccati di Piscina Chiara.
Per quanto riguarda le aree coltivate si procedeva all'affitto dei terreni destinati al pascolo delle pecore che si estendevano dalla Valle dell'Oro e Casale dei Contumaci fino a Ortaccio. L'unica imposizione effettuata all'affittuario era che il pascolo ovino non transitasse nelle spallette boschive presenti.
Nel 1937 fu avviato un programma di estensione dei terreni da destinare a coltivazioni per incrementare la produttività, in quanto le aree agricole risultavano poco rappresentate rispetto all'estensione totale della Tenuta. Furono individuate le aree da dissodare e convertire a coltivi tra i terreni denominati "Colli del Pero" e "Monti di Contumaci" per un totale di 200 ha. I coltivi avrebbero così raggiunto un'estensione di 624 ha.
Per quanto riguarda la sistemazione dei terreni furono condotti numerosi progetti di bonifica idraulica, che prevedevano l'attuazione di una serie di collettori per la raccolta delle acque medie e basse, la sostituzione delle piscine con abbeveratoi e l'impianto di un'estesa rete di conduzione dell'acqua potabile. Questo per rendere la vita all'interno della Tenuta più agevole anche per le persone coinvolte nei lavori.

MATERIALI E METODI

Lo studio dell'evoluzione del paesaggio vegetale della Tenuta di Castelporziano è stato condotto mediante l'analisi di fotografie aeree relative da un periodo compreso tra il 1940 ed il 1980 e mediante l'elaborazione di immagini da satellite relative agli anni '90.

Al fine di esaminare le trasformazioni territoriali connesse alla diversa gestione della Tenuta sono state analizzate foto-aeree stereoscopiche relative al volo effettuato dalla RAF nel **1943/44** (in scala 1:12.000), al Volo Base del **1954/55** (in scala 1:33.000) (reperibili presso l'Aerofototeca Nazionale), al volo effettuato dall'Aeronautica Militare nel **1959** (in scala 1:25.000) e nel 19/4/**1969** (scala 1:2000) e al volo effettuato dalla Soc. S.A.R.A. Nistri del 20/8/**1980** (scala 1:4.000). L'analisi negli anni '90 è stata effettuata mediante la classificazione di un'immagine Landsat TM e SPOT relativa all'agosto del 1995.

Per ciascun periodo è stata condotta la fotointerpretazione mediante stereoscopio, evidenziando le aree boschive, i rimboschimenti, le aree coltivate e quelle destinate a pascolo, le radure e le aree aperte presenti all'interno della Tenuta.

Per poter effettuare con accuratezza il trasferimento dei dati fotointerpretati in formato digitale e poter così effettuare tutte le successive elaborazioni statistiche, è stato proficuo utilizzare il Piano di Assestamento Forestale della Tenuta Presidenziale relativo al 1988-97 (in scala 1:10.000), in formato digitale. In questo modo è stato possibile riportare per ogni parcella territoriale la categoria ambientale che la caratterizzava nei diversi anni, e automaticamente ottenere l'estensione areale ed il perimetro complessivo per ogni tipologia ambientale. Per un migliore confronto tra i diversi anni, si è ritenuto opportuno considerare le stesse categorie ambientali utilizzate nella legenda del Piano di Assestamento Forestale a cui sono state apportate solo alcune modifiche per migliorare e facilitare la lettura delle fotografie aeree. Le variazioni apportate sono le seguenti:

- le categorie "pascoli e zone agrarie" sono state unificate in un'unica unità in quanto non sarebbe stato possibile distinguerle mediante la visione stereoscopica delle foto-aeree;
- è stata aggiunta una categoria definita "radure ed aree aperte" che comprende aree prive di vegetazione arborea, pascoli per selvatici e terreni nudi da rimboschire.

Sulla base quindi della carta del Piano di Assestamento Forestale (1988-97) sono state identificate sulle fotografie aeree le seguenti unita' territoriali con relativa simbologia:

- (B) Querceto e bosco misto
- (MA) Macchia mediterranea
- (P) Pineta
- (SU) Sughereta naturale
- (Rimb) Rimboschimenti speciali (pioppeti, eucalitteti, sugherete)
- (RA) Radure ed aree aperte
- (PC) Pascoli e zone agrarie.

Tutte le successive analisi riguardanti le fotografie aeree e le elaborazioni delle immagini da satellite terranno conto delle unita' territoriali così descritte.

L'immagine da satellite utilizzata nella fase di classificazione del territorio deriva da una particolare procedura di elaborazione definita tecnica IHS che permette di unire l'alta risoluzione spettrale del satellite Landsat TM (sei bande spettrali) con l'alta risoluzione spaziale del satellite SPOT-HVR (10 m per pixel). Questa procedura ha permesso sia di ottimizzare la definizione spaziale delle formazioni vegetazionali, sia di migliorare il dettaglio nella definizione spettrale delle suddette cenosi anche all'interno di un territorio che presenta un'estensione limitata come quella della Tenuta. Attraverso la procedura di classificazione, descritta accuratamente in Salvatori, Grignetti e Focardi (1996), sono state prese in considerazione la maggior parte delle unità territoriali sopra descritte. Al contrario non è stato possibile distinguere mediante l'immagine da satellite le sugherete naturali e i rimboschimenti speciali (pioppeti, eucalitteti, sugherete) in quanto la risposta spettrale di queste formazioni è molto simile a quella di altre formazioni boschive. I risultati della classificazione sono riportati in tabella I dove è possibile osservare per ogni anno l'estensione areale in ettari delle unità territoriali prese in considerazione. Si fa presente che per poter confrontare i dati ottenuti dal satellite con quelli delle foto-aeree, è stato necessario uniformare i risultati, per cui dai dati spettrali che individuano i boschi, sono state comunque evidenziate le unità territoriali Sughereta (SU) e Rimboschimenti speciali (Rimb).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella figura 1a fino alla figura 1f sono riportati i risultati della fotointerpretazione relativa ai diversi anni considerati in cui è evidente la ripartizione percentuale delle diverse unità territoriali della Tenuta di Castelporziano nei vari periodi, mentre in tabella 1 sono riportati i dati relativi alla estensione areale per ogni anno.

	1943/44 (ha)	1954/55 (ha)	1959 (ha)	1969 (ha)	1980 (ha)	1995 (ha)
B	2215	2118.3	2114.4	2000.5	1934.8	2222.7
MA	567.1	531.5	588.6	614.6	745.5	810.8
P	244.2	247	499.2	566.8	591.3	332.2
PC	1004.7	1038.2	672.7	529.4	542.1	518.8
Rimb	-	-	227	275.8	320.2	251.3
SU	206.6	206.6	206.6	206.6	207.9	156.3
RA	287.3	383.3	216.4	331	183	232.7

B= querceto e bosco misto ; MA= macchia mediterranea ; P= pineta ; PC= pascoli e zone agrarie ; Rimb= rimboschimenti speciali ; SU= sughereta naturale ; RA= radure ed aree aperte

Tabella 1 - Estensione areale in ettari delle unità territoriali nella Tenuta di Castelporziano

Dalla tabella 1 emerge che l'estensione dei querceti e boschi misti (B) presenta una piccola ma costante diminuzione provocata dai tagli forestali, tranne nell'ultimo periodo tra il 1980 ed il 1995 in cui è presente un aumento derivato dai rimboschimenti. La macchia mediterranea (MA) è invece caratterizzata da un aumento areale costante, in quanto facilmente si espande col passare degli anni in tutte le aree aperte prive di vegetazione e nelle radure..

Dalle figure 1a e 1b si rileva che le pinete (P) coprono nel 1943 e 1954 una porzione di territorio pari al 5% della superficie totale, nel 1959 (figura 1c) circa l'11% del territorio, nel 1969 (figura 1d) e nel 1980 (figura 1e) aumentano fino al 13%. Nel 1995 (figura 1f) le pinete rappresentano circa il 7% della Tenuta. La divergenza delle superfici relative alle unità territoriali con il Piano di Gestione è dovuta a diversi fattori legati all'interpretazione delle fotoaeree e delle immagini da satellite. Infatti mentre nel Piano le superfici forestali delle pinete vengono sempre considerate come aree a *Pinus pinea*, le immagini da satellite e le fotoaeree evidenziano i numerosi tagli di utilizzazione che sono stati effettuati nell'ultimo periodo e che quindi vengono considerati, in fase interpretativa, come aree di radure o aree prive di vegetazione (RA). Sta di fatto che per una valutazione naturalistica della copertura forestale queste aree sono ancora in corso di evoluzione.

L'unità territoriale che è stata maggiormente trasformata negli anni considerati è quella relativa ai pascoli e alle aree agricole (PC). Dai dati storici si è visto che, per esigenze di una più estesa pratica agricola, alcuni terreni furono convertiti in coltivi al fine di raggiungere una maggiore estensione. Dai risultati della fotointerpretazione del volo aereo relativo al 1943 e del 1954 (figura 1a, 1b) è risultato che più del 20% di territorio era destinato alle pratiche agricole. Tale percentuale è stata progressivamente diminuita per la conversione di numerosi appezzamenti ad altro uso come ad esempio nelle Località Casaletto e Santo Quercio che sono state rimboschite successivamente a *Pinus pinea* e *Quercus suber*. Così nel 1959 i coltivi coprivano il 15% della superficie totale, fino ad arrivare ad un'estensione pari al 12% nel 1969 e nel 1980 (figura 1c, 1d, 1e). I dati telerilevati hanno messo in evidenza un aumento dell'estensione delle aree agricole nel 1995 pari al 14%.

Come si è prima accennato molti terreni che nel decennio 1940-1950 erano destinati al pascolo ed ai coltivi furono rimboschiti a cominciare dal 1959. Dalle figure 1a, 1b si osserva infatti l'assenza di rimboschimenti speciali (Rimb) nel 1943 e nel 1954, mentre nel 1959 (figura 1c) fu destinata al rimboschimento speciale (in particolare eucalitteti e sugherete) una superficie pari al 5% del totale.

Infine le aree aperte e le radure (RA) presentano un andamento contrario a quello dei pascoli e coltivi; infatti mentre nel 1943 circa il 6% del territorio era costituito da zone aperte comprendenti i pascoli per selvatici o zone prive di vegetazione, nel 1954 tale percentuale aumenta fino al 8%, probabilmente per il taglio di alcune porzioni di bosco misto, per poi diminuire fino al 5% nel 1959 e tornare al 7% nel 1969. Nel volo aereo relativo al 1980 la maggior parte di queste aree risultano essere rimboschite a pino o ad altre specie forestali, di conseguenza le aree aperte diminuiscono percentualmente fino al 4%. Nel 1995 la superficie di radure ed aree aperte risulta di circa il 7%, probabilmente a causa dei numerosi tagli avvenuti nelle aree a *Pinus pinea*.

Calcolando gli ettari di territorio di ciascuna unità territoriale per ciascun anno, è possibile determinare il cambiamento medio per anno (media aritmetica) così da stabilire la velocità di trasformazione, positiva o negativa, avvenuta nel tempo. I risultati sono riportati in tabella 2, dove è possibile osservare in ciascun intervallo di tempo di quanti ettari per anno ogni singola unità territoriale è aumentata o diminuita. La figura 2 riassume graficamente gli andamenti positivi o negativi delle variazioni avvenute riportate nella tabella. Ad esempio tra il 1943 ed il 1954 vi è stata una diminuzione media di circa 9,7 ha di querceto e bosco misto per anno a cui è corrisposto un aumento di radure ed aree prive di vegetazione pari a 9,6 ha per anno. L'aumento di superficie coltivabile è risultato invece pari a 3,4 ha per anno.
Tra il 1954 ed il 1959 le zone rimboschite a pino domestico (*Pinus pinea*) sono aumentate fortemente, circa 50,4 ha per anno. Le zone destinate al rimboschimento erano prima gestite come pascoli o come terreni coltivati. Infatti si osserva sia un decremento della superficie agricola, mediamente pari a 73,1 ha per anno, che una riduzione delle radure ed aree aperte pari a circa 33,4 ha per anno. Sempre in questo intervallo di 5 anni (1954/59) si è avuto un aumento dei rimboschimenti speciali, ossia di pioppeti e di eucalitteti, pari a 45,4 ha per anno.
Tra il 1959 ed il 1969 vi è stata una diminuzione del querceto e bosco misto pari a 11,4 ha per anno, e un ulteriore aumento di pinete (6,8 ha per anno) e di rimboschimenti speciali (4,9 ha per anno). Le radure e le aree aperte sono aumentate di 11,5 ha, mentre i coltivi e i pascoli sono diminuiti di 14,3 ha per anno.
Tra il 1969 ed il 1980 si possono notare le seguenti trasformazioni: il bosco è diminuito ancora di 6 ha per anno mentre la macchia mediterranea è aumentata di 11,9 ha per anno; vi è stato inoltre un aumento di 2,2 ha per anno per le pinete e 4 ha per anno per i rimboschimenti speciali, mentre l'estensione delle radure e delle aree aperte è considerevolmente diminuita (13,5 ha per anno).
Per ultimo tra il 1980 ed il 1995 vi è stato un incremento del bosco misto pari a 19,2 ha per anno mentre la superficie relativa alle pinete è diminuita di 17,3 ha per anno. Dal 1980 al 1995 non sono stati effettuati rimboschimenti speciali, mentre sono stati effettuati rimboschimenti a *Pinus pinea* in quelle aree aperte secondo il Piano di Gestione Forestale. Inoltre è stato applicato il piano dei tagli previsto dal Piano suddetto.
Per evidenziare con maggiore dettaglio come siano avvenute tali trasformazioni nel tempo, sono state applicate opportune procedure di analisi, come ad esempio l'applicazione del metodo di "crossing" e sovrapposizione, che sintetizzano tutte le possibili trasformazioni avvenute tra un anno e l'altro (Turner, Gardner, 1991). Le tabelle di "cross" evidenziano le ripartizione in ettari delle unità territoriali tra i due periodi messi in correlazione. Ciò permette di comprendere a fondo le dinamiche nelle variazioni di uso del suolo osservando la successiva sostituzione nel tempo di una unità con un'altra.
Una lettura attenta delle tabelle di crossing (tabella 3) e delle carte di uso del suolo ottenute per ciascun periodo (figura 3 a-f) permette infatti di seguire nel tempo l'evoluzione delle diverse particelle forestali.
Dalla tabella 3a è possibile seguire l'evoluzione dei querceti e boschi misti (B): tra il 1943 ed il 1954 il bosco era diminuito di 9,7 ha per anno (tabella 2), dei 2215 ha iniziali solo 2000 ha sono rimasti bosco, mentre 101 ha sono stati tagliati e trasformati in macchia mediterranea, 52 ha in radure ed aree aperte e 61 ha in zone agricole. Per quanto riguarda la macchia mediterranea (MA) dei 567,1 ha iniziali nel 1943 circa 46,2 ha si sono evoluti in bosco, 71,2 ha sono stati tagliati e costituiscono le aree aperte , e 28,9 ha, infine, sono stati trasformati in zone coltivate.
Dalla tabella relativa al 1954 e 1959 (tabella 3b) si può osservare che i terreni rimboschiti a pino nel 1959 appartenevano prevalentemente nel 1943 ai coltivi e pascoli (circa 121,3 ha) e in parte alle aree nude (circa 114,9 ha). Anche una piccola parte del querceto e bosco misto (circa 15,9 ha) fu destinata a pineta. Inoltre è interessante rilevare che nel 1959 le zone rimboschite a pioppo o a eucalipto (rimboschimenti speciali) erano state utilizzate nel 1943 come coltivi o come pascoli (227 ha). Per quanto riguarda la macchia mediterranea si riscontrano 9,3 ha di superficie che si è evoluta in bosco misto tra il 1954 ed il 1959.
Tra il 1959 e il 1969 (tabella 3b) vi è stato un decremento della superficie boschiva; parte di questa fu destinata ai rimboschimenti speciali (14,3 ha), come in Loc. Casale della Trafusa nella zona nord della Tenuta, parte fu tagliata e lasciata forse come radure e aree aperte (62,4 ha) e parte è stata tagliata e trasformata in macchia mediterranea (37,4 ha), prevalentemente in un'ampia area vicino Malpasso in prossimità della Valle dei Puntoni.
Infine la tabella 3c mette in evidenza le trasformazioni avvenute tra il 1969 ed il 1980. Quelle più fortemente modificate sono ancora le formazioni boschive. Dei 2000,5 ha di querceto e bosco misto presenti nel 1969, solo 1818,3 ha sono ancora bosco nel 1980, mentre una sostanziosa porzione si è trasformata dopo i tagli forestali in macchia (153,3 ha), parte in rimboschimenti speciali (10,1 ha) e parte furono utilizzati per i rimboschimenti a Pinus pinea (1,9 ha). Dopo i tagli circa 7,3 ha costituiscono le radure e una piccola porzione fu destinata a pascoli e coltivi (circa 9 ha).

Per un'ulteriore esame dell'andamento storico di queste unità territoriali è stata elaborata una tabella di cross con i risultati della fotointerpretazione del 1980 e l'immagine classificata del 1995. Dalla tabella 3d si osserva che in questi ultimi 15 anni vi è stato un incremento delle formazioni boschive in quanto sia la macchia mediterranea (circa 436,1 ha) sia una sostanziosa porzione di territorio delle pinete (198,1 ha) si è evoluta verso il querceto e bosco misto. Le pinete invece hanno subito un decremento per i numerosi tagli avvenuti. Tali aree vengono classificate infatti come radure poiché solo negli anni successivi al 1995 sono state oggetto di rimboschimenti.
All'analisi numerica delle trasformazioni nell'uso del suolo avvenute nella Tenuta deve seguire l'analisi spaziale per meglio focalizzare le aree che sono state maggiormente soggette a tali cambiamenti e valutarne quindi gli effetti sull'intera gestione territoriale. A tal fine sono state elaborate delle carte tematiche per evidenziare la distribuzione della vegetazione per ciascun anno (figure 3 a-f). In tal modo è possibile osservare che le aree maggiormente trasformate sono quelle che si estendono dal Castello (Loc. Santo Quercio e Valle Carbonara) fino alla Santola. Infatti a partire da un'ampia area agricola, dal 1959 e negli anni successivi numerosi appezzamenti di quest'area sono stati destinati ad altro uso e principalmente rimboschiti con specie sempreverdi e latifoglie.
Un'altra zona sottoposta a sostanziali trasformazioni è l'area retrostante la macchia alta di Grotta di Piastra. Infatti mentre nel 1944 (figura 3a) questa zona era ricoperta da macchia mediterranea e da bosco misto diradato, entrambi intervallati da piccole radure, nel 1954 (figura 3b) è evidente un'ampia area di radura derivata dal taglio di una parte del bosco e della macchia mediterranea. Nel 1959 (figura 3c) parte del taglio fu utilizzato per il successivo impianto a *Pinus pinea* , infatti si osserva nella carta che quest'area è ricoperta da conifere intervallate da ampie radure. Tra il 1959 ed il 1969 fu tagliata un'altra porzione di macchia mediterranea (compresa tra il canale e il Viale delle Riserve Nuove), per l'ampliamento del rimboschimento di pineta evidente nel 1969 (figura 3d).
E' stata infine calcolata la tabella di "cross" confrontando i dati ottenuti dalla fotointerpretazione delle fotografie aeree relative al 1943 ed al 1980 per sintetizzare tutte le trasformazioni avvenute. E' stata elaborata una mappa delle trasformazioni (figura 4) in cui è stato attribuito il valore 0 alle aree che non avevano presentato cambiamenti nell'uso del suolo, valori positivi alle aree in cui vi era stata una evoluzione dinamica verso il recupero della vegetazione naturale, mentre sono stati associati valori negativi alle parcelle che hanno subito trasformazioni verso l'uso agricolo o verso l'abbandono dei terreni.
Il valore 1 mette in evidenza le parcelle di coltivi o aree aperte che sono state rimboschite (circa 547 ha); è stato attribuito il valore 2 alle aree coltivate o aperte in cui vi è stato una evoluzione della vegetazione naturale (103 ha); il valore 3 è stato attribuito a quei territori in cui è avvenuta una trasformazione dinamica verso le formazioni forestali, che corrisponde ad un'estensione pari a 46 ha.
I valori negativi sono stati così ripartiti: valore -1 alle aree di vegetazione naturale che sono state tagliate e rimboschite artificialmente (481 ha), valore -2 a quelle che sono state convertite ad uso agricolo (52.5 ha), valore -3 quelle zone di vegetazione naturale che si sono modificate verso stadi di degrado e che corrispondono ad una superficie di 47 ha. La maggior parte del territorio è comunque caratterizzato da trasformazione nulla (valore 0) e corrisponde a quelle porzioni di territorio ricoperte prevalentemente dalle formazione boschive di latifoglie decidue e sempreverdi (3248 ha) che sono rimaste inalterate.

CONCLUSIONI

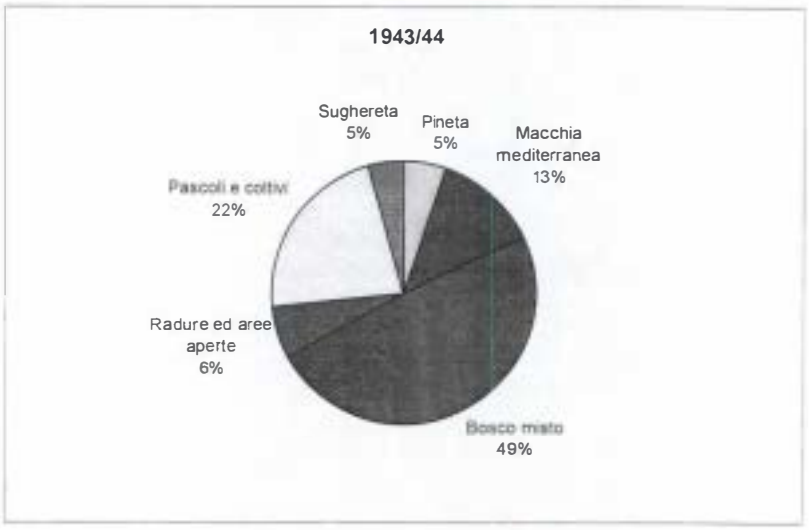
Questo lavoro ha messo in evidenza importanti trasformazioni del paesaggio vegetale che sono avvenute nella Tenuta di Castelporziano a partire dagli anni '40 fino ai giorni nostri. Le aree che sono risultate maggiormente modificate dall'intervento dell'uomo sono prevalentemente due : una in prossimità del Castello, dalla Valle Carbonara fino alla Santola, comprendente terreni agricoli e rimboschimenti speciali ; la seconda in prossimità di Grotta di Piastra, in cui sono stati effettuati tagli forestali della macchia mediterranea e del bosco misto, presenti nel 1943 e 1954, e successivi impianti di rimboschimenti a *Pinus pinea*.
Si è analizzato in particolar modo l'evoluzione della macchia mediterranea verso il bosco, l'andamento del querceto e del bosco misto e quello dei pascoli e coltivi. La figura 2 riassume in modo chiaro tutte le variazioni delle superfici di ciascuna unità territoriale nel tempo ; si può infatti osservare che il querceto ha subito una progressiva diminuzione della superficie dal 1943 al 1980 con un incremento nel 1995, probabilmente dovuto alla evoluzione della macchia mediterranea verso le formazioni forestali più mature e alla crescita del bosco misto all'interno dei rimboschimenti a *Pinus pinea*, che hanno subito in questo periodo numerosi tagli forestali. Anche la macchia mediterranea presenta un progressivo incremento nella superficie grazie al suo avanzamento in quelle aree prive di vegetazione e nelle radure.

Infine per quanto riguarda i coltivi e i pascoli emerge dalla figura una progressiva diminuzione di superficie, evidente soprattutto tra il 1954 ed il 1969, anni in cui si è preferito destinare gran parte di questo territorio ai rimboschimenti speciali o alle pinete.
Questo studio risulta inoltre essere di particolare interesse per comprendere la dinamica di popolazione della fauna selvatica ed in particolare degli ungulati presenti in Tenuta, in quanto questa dipende fortemente dalla disponibilità di risorse trofiche e dall'efficienza con cui queste sono sfruttate. La conoscenza circa le modalità con cui si sono succedute le trasformazioni di determinate unità territoriali negli anni, permette infatti di capire se sono avvenute modifiche nella capacità portante dei vari habitat disponibili e quindi se sono venute meno le condizioni trofiche per la sopravvivenza di determinate specie.

BIBLIOGRAFIA

[1] Aspinell R. and Veitch N., 1993. Habitat mapping from satellite imagery and wildlife survey data using a Bayesian modelling procedure in a GIS. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 59 (4), 537-543.
[2] Congalton R.G., 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment., 37, 35-46.
[3] Gisotti G., 1990. Unità geomorfologiche fondamentali per l'Italia. In: Principi di Geopedologia. Ed. Calderini, 139 - 147.
[4] Lillesand and Kiefer, 1987 Lillesand T.M. and Kiefer R.W., 1987. Digital image processing. In: Remote Sensing and Image Interpretation, Second Edition Wiley & Sons, New York, 650-676.
[5] Salvatori R.M., Grignetti A., Focardi S., 1996. The habitat selection of fallow and roe deer studied by Remote Sensing. Suppl. Ricerche di Biologia della Selvaggina, Vol. XXV: 133-143.
[6] Turner M.G. and Gardner R.H. (editors), 1991. Quantitative Methods in Landscape Ecology. Ecological Studies N. 82. Springer-Verlag, New

a



b

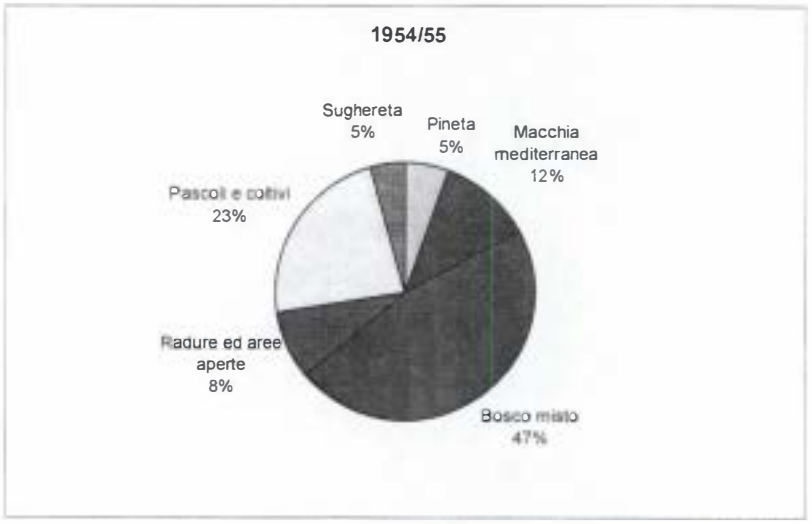
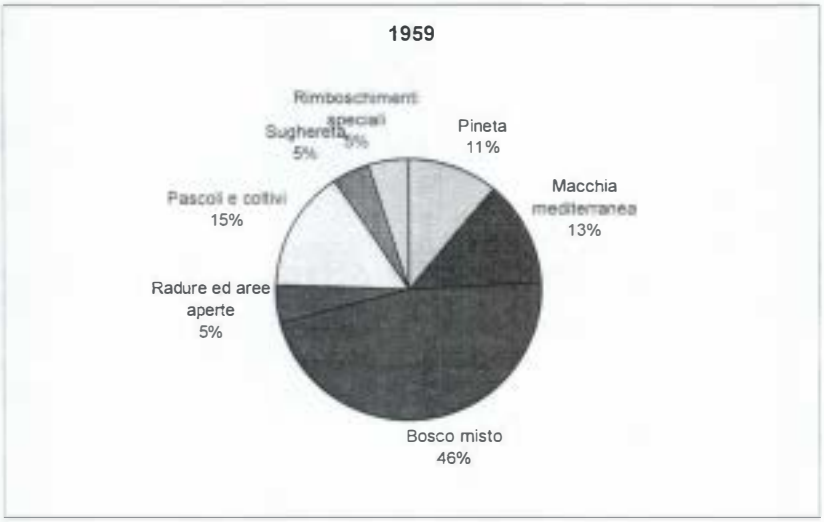


Figura 1 a-b - Distribuzione percentuale della vegetazione relativa al 1943/44 e al 1954/55

c



d

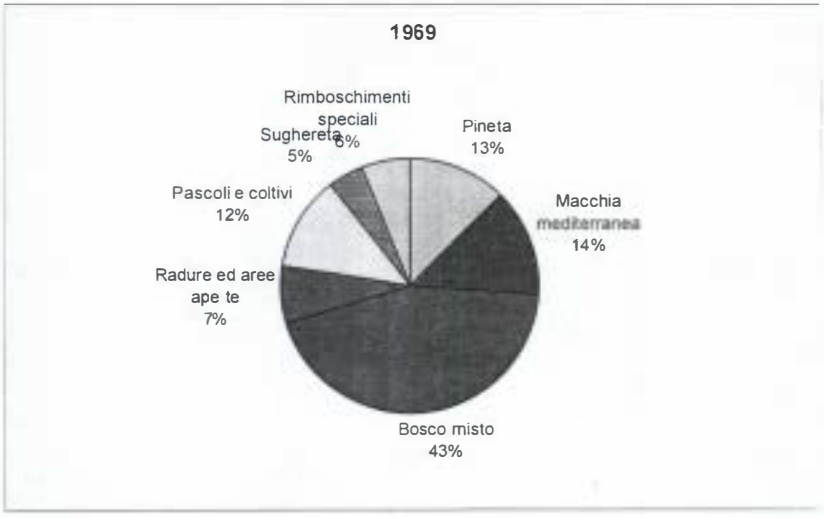
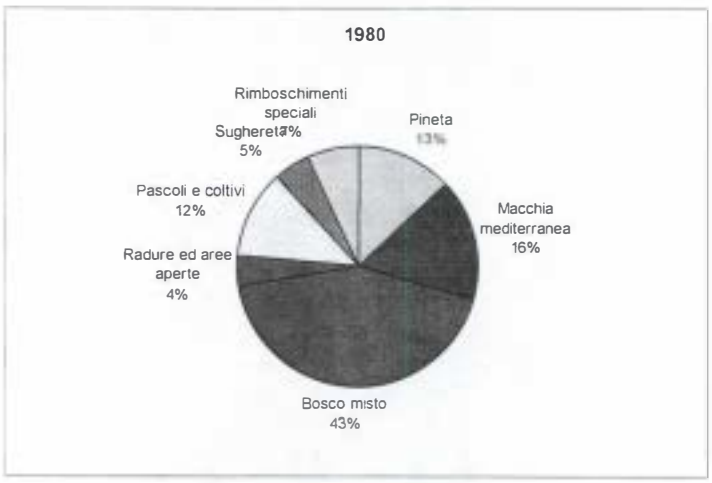


Figura 1 c-d - Distribuzione percentuale della vegetazione relativa al 1959 e al 1969

e



f

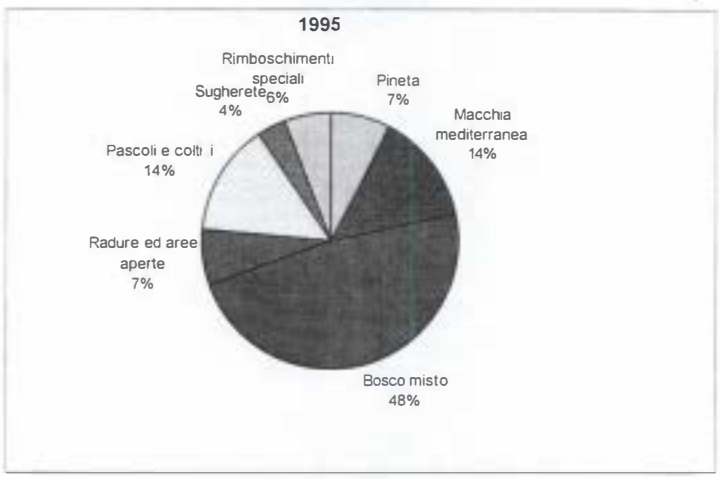


Figura 1 e-f - Distribuzione percentuale della vegetazione relativa al 1980 e al 1995

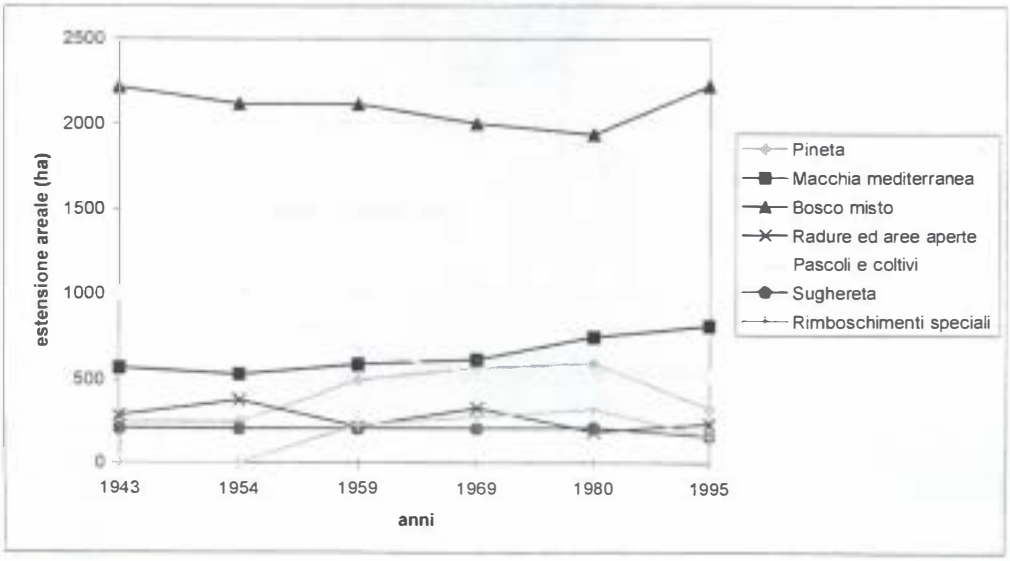


Figura 2 - Variazione della superficie areale (ha) di ciascuna unità territoriale nel tempo

	Anni	Estensione (ha)	Variazione (ha)	Intervallo di tempo	Velocità di cambiamento medio (ha/anno)
Querceto e bosco misto	1944/1954	da 2215 a 2118,3	-96,7	10 anni	-9,7
	1954/1959	da 2118, 3 a 2114,4	-3,9	5 anni	-0,8
	1959/1969	da 2114,4 a 2000,5	-113,9	10 anni	-11,4
	1969/1980	da 2000,5 a 1934,8	-65,7	11 anni	-6,0
	1980/1995	da 1934,8 a 222,7	287,9	15 anni	19,2
Macchia mediterranea	1944/1954	da 567,1 a 531,5	-35,6	10 anni	-3,6
	1954/1959	da 531,5 a 588,6	57,1	5 anni	11,4
	1959/1969	da 588,6 a 614,6	26	10 anni	2,6
	1969/1980	da 614,6 a 745,5	130,9	11 anni	11,9
	1980/1995	da 745,5 a 810,8	65,3	15 anni	4,4
Pineta	1944/1954	da 244,2 a 247	2,8	10 anni	0,3
	1954/1959	da 247,0 a 499,2	252,2	5 anni	50,4
	1959/1969	da 499,2 a 566,8	67,6	10 anni	6,8
	1969/1980	da 566,8 a 591,3	24,5	11 anni	2,2
	1980/1995	da 591,3 a 332,2	-259,1	15 anni	-17,3
Radure ed aree aperte	1944/1954	da 287,3 a 383,3	96	10 anni	9,6
	1954/1959	da 383,3 a 216,4	-166,9	5 anni	-33,4
	1959/1969	da 216,4 a 331	114,6	10 anni	11,5
	1969/1980	da 331 a 183	-148	11 anni	-13,5
	1980/1995	da 183 a 232,7	49,7	15 anni	3,3
Pascoli e zone agrarie	1944/1954	da 1004,7 a 1038,2	33,4	10 anni	3,4
	1954/1959	da 1038,2 a 672,7	-365,5	5 anni	-73,1
	1959/1969	da 672,7 a 529,4	-143,3	10 anni	-14,3
	1969/1980	da 529,4 a 542,1	12,7	11 anni	1,2
	1980/1995	da 542,1 a 518,8	-23,3	15 anni	-1,6
Rimboschimenti speciali	1944/1954	da 0 a 0	0	10 anni	0
	1954/1959	da 0 a 227	227	5 anni	45,4
	1959/1969	da 227 a 275,8	48,8	10 anni	4,9
	1969/1980	da 275,8 a 320,2	44,4	11 anni	4
	1980/1995	da 320,2 a 156,3	-163,9	15 anni	-10,9

Tabella 2 - Velocità media di cambiamento (h/anno) nel tempo di ciascuna unità territoriale

3a: 1943 - 1954

1943 → \ 1954 ↓	P	MA	B	RA	PC	SU
P	**244**			0.2		
MA		**420.8**	46.2	71.2	28.9	
B		101.4	**2000**	52.4	61.3	
RA	3	9.3	51	**213.6**	10.4	
PC			21.1	45.9	**937.7**	
SU						**206.6**

3b: 1954 - 1959

1954 → \ 1959 ↓	P	MA	B	RA	PC	SU	RIMB
P	**247**						
MA		**522.2**	9.3				
B	15.9	53.1	**1986.6**		62.5		
RA	114.9	13.1	60.8	**194.2**			
PC	121.3		57.5	22.1	**610.1**		227
SU						**206.6**	
RIMB							

3c: 1959 - 1969

1959 → \ 1969 ↓	P	MA	B	RA	PC	SU	RIMB
P	**495.5**			3.7			
MA	11.4	**577.2**					
B		37.4	**2000.1**	62.4			14.3
RA	6.9			**209.4**			
PC	48.2		0.3	55.4	**529.4**		39.2
SU						**206.6**	
RIMB	4.8						**222.1**

3d: 1969 - 1980

1969 → \ 1980 ↓	P	MA	B	RA	PC	SU	RIMB
P	**538.6**			28.2			
MA	1.8	**590.2**	22.6				
B	1.9	153.3	**1818.3**	7.3	9.3	0.11	10.1
RA	24.3		85.8	**141.3**	25.3		54.1
PC	8	1.9		6.2	**507.4**	0.4	5.5
SU						**206.6**	
RIMB	16.6		8			0.7	**250.4**

3e: 1980 - 1995

1980 → \ 1995 ↓	P	MA	B	RA	PC	SU	RIMB
P	**294.19**	39.9	198.1	51.5	7.6		
MA	6	**274.27**	436.1	6.1	23		
B	16.58	363.7	**1514.9**	13.74	26.35		
RA	3.52	16	39	**74.63**	49.8		
PC	0.6	25.5	34.6	80.59	**400.63**		
SU	2.82	40.64		2	6.1	**156.3**	
RIMB	8.5	50.8		4.1	5.4		**251.3**

Tabella 3 - Tabelle di crossing (per ciascuna unità sono riportate l'estensione areale in ettari)

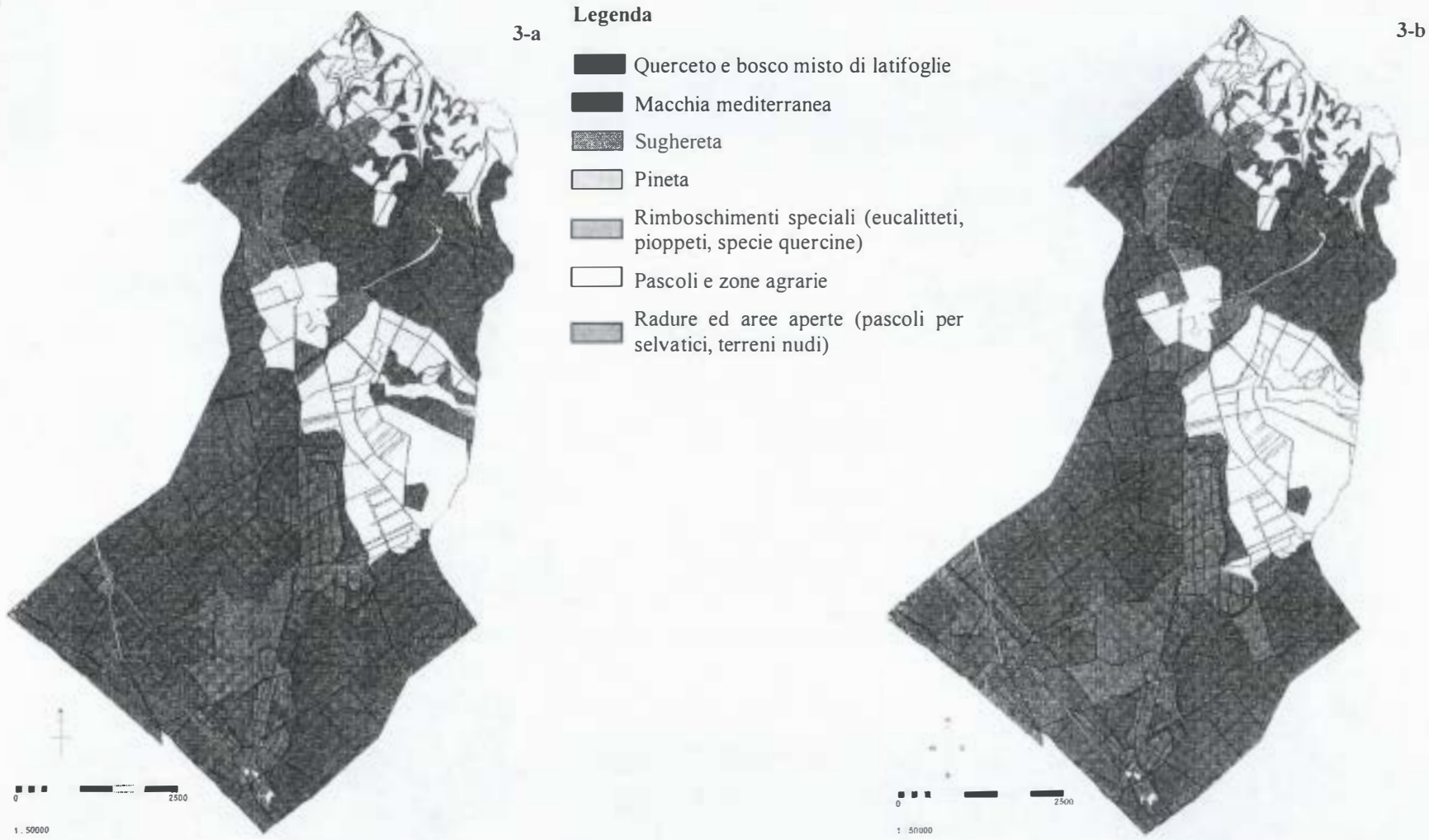
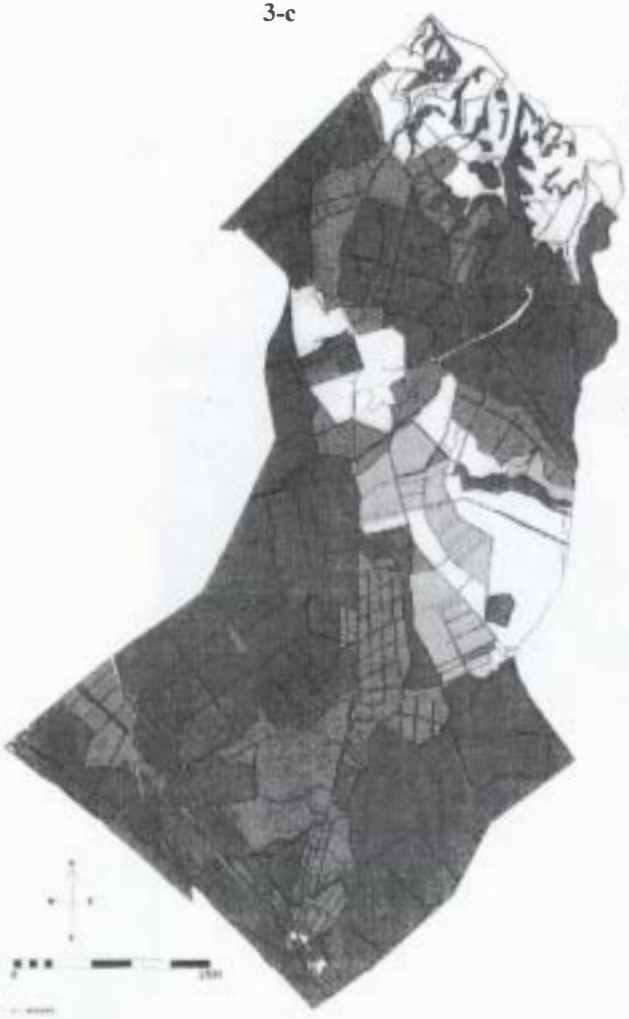


Figura 3 a-b - Carte delle unità territoriali della Tenuta di Castelporziano relative al 1943-'44 (a destra), 1954 (a sinistra)

3-c



Legenda

- Querceto e bosco misto di latifoglie
- Macchia mediterranea
- Sughereta
- Pineta
- Rimboschimenti speciali (eucalitteti, pioppeti, specie quercine)
- Pascoli e zone agrarie
- Radure ed aree aperte (pascoli per selvatici, terreni nudi)

3-d

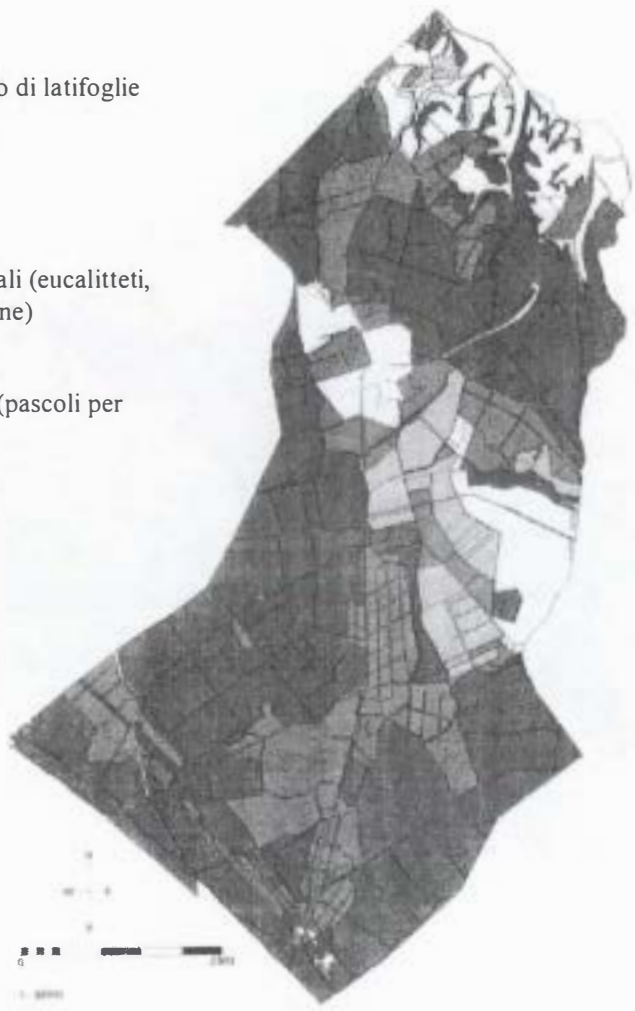


Figura 3 c-d - Carte delle unità territoriali della Tenuta di Castelporziano relative al 1959 (a destra), 1969 (a sinistra)

3-e

Legenda

- Querceto e bosco misto di latifoglie
- Macchia mediterranea
- Sughereta
- Pineta
- Rimboschimenti speciali (eucalitteti, pioppeti, specie quercine)
- Pascoli e zone agrarie
- Radure ed aree aperte (pascoli per selvatici, terreni nudi)

Figura 3 e - Carta delle unità territoriali della Tenuta di Castelporziano relativa al 191980

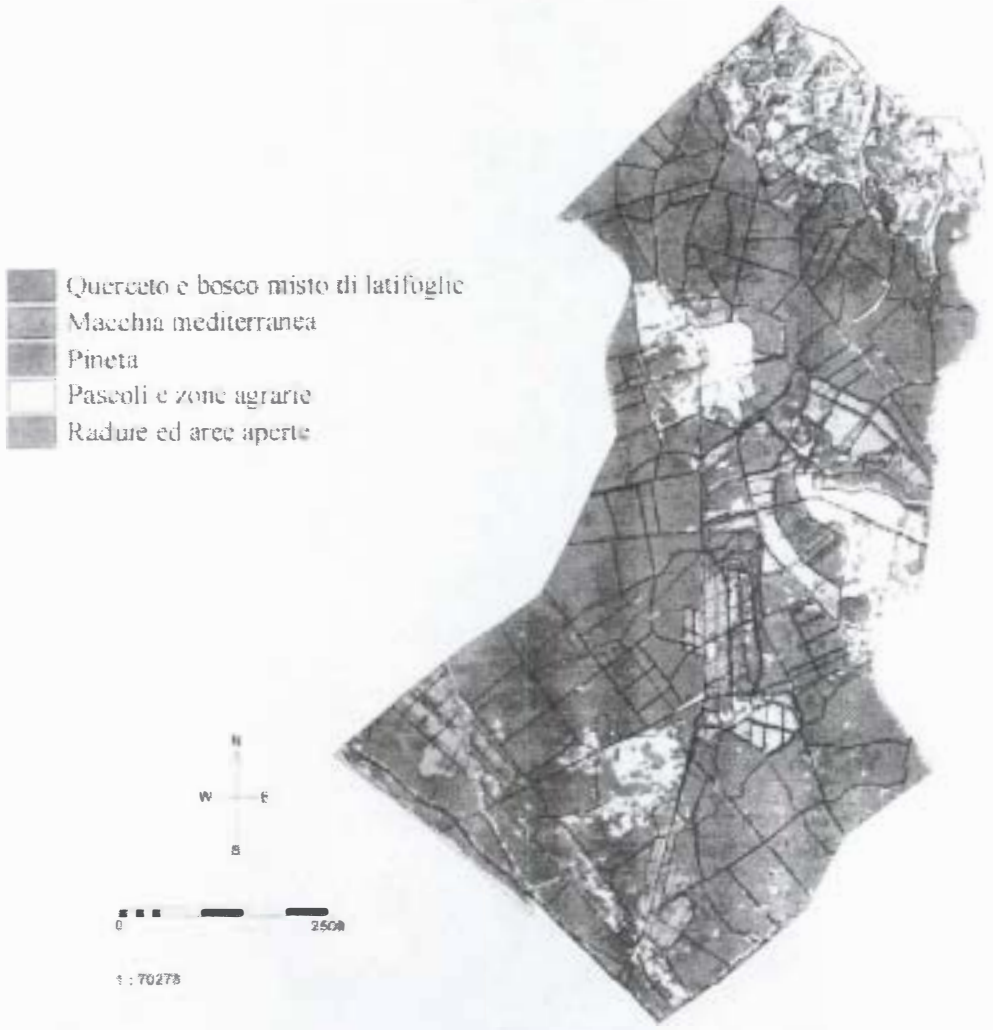


Figura 3 f - Carta delle unità territoriali della Tenuta di Castelporziano derivata dalla immagine classificata Landsat - TM del 1995. Si fa notare che l'unità territoriale "Querceto e bosco misto" individuata sull'immagine da satellite è comprensiva delle unità territoriali "Sughereta" e "Rimboschimenti speciali", poiché è risultato impossibile distinguerle mediante la risposta spettrale. La loro estensione è stata calcolata successivamente per estrapolazione.

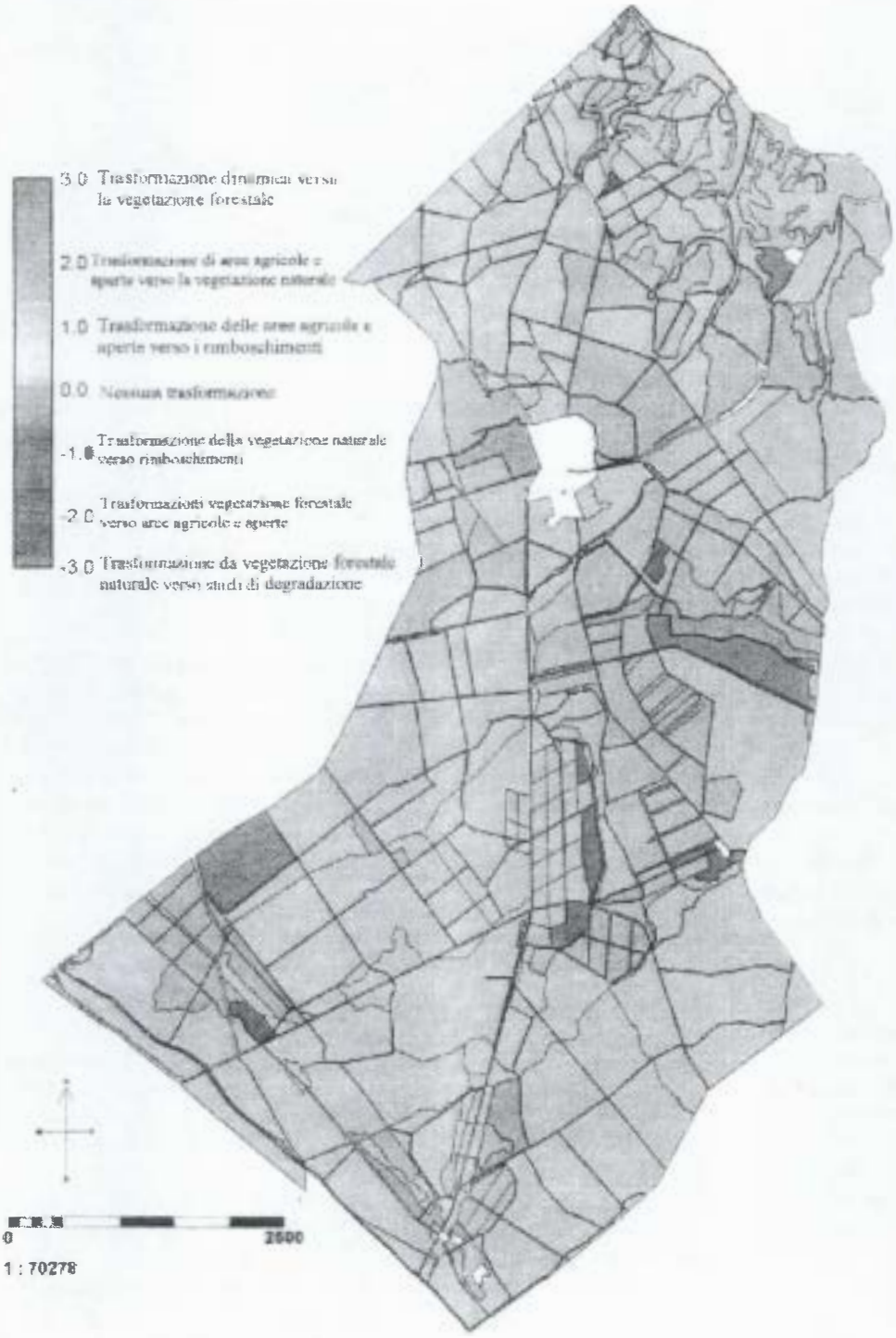


Figura 4 - Carta delle variazioni avvenute tra il 1943 e il 1980 nella Tenuta Presidenziale di Castelporziano

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Studio dello Sviluppo Urbano nel Territorio circostante la Tenuta di Castelporziano mediante l'Analisi Multitemporale di Foto Aeree ed Elaborazione di Immagini da Satellite
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	PANGEA - CNR - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Grignetti, A. Tinelli, R. Salvatori, R. Casacchia

INTRODUZIONE

Le aree costiere laziali originariamente erano costituite da ampie distese acquitrinose ricoperte da vegetazione erbacea e da boschi planiziali parzialmente allagati. In seguito agli interventi di bonifica, iniziati verso la fine dell'Ottocento, il paesaggio è stato profondamente modificato e al posto delle vaste distese di paludi sono stati creati ampi terreni a coltivi e pascoli. Gli interventi di bonifica sono stati effettuati mediante la canalizzazione delle acque, la sistemazione dei terreni, tagli e incendi delle aree boschive. La vegetazione originaria si è sempre più ridotta in estensione e si ritrova ora solo in piccoli lembi, minacciati tra l'altro dall'intensa pressione antropica che interessa tutta la zona costiera da Anzio a Santa Marinella.
Negli ultimi decenni, inoltre, si è assistito ad un'intensa urbanizzazione che si è sviluppata con insediamenti a media e ad alta densità, spesso abusivi e privi delle indicazioni di un corretto piano regolatore, nelle zone interne pianeggianti, mentre lungo il litorale si sono sviluppate infrastrutture e servizi per la balneazione che hanno determinato l'instaurarsi di una intensa azione erosiva lungo tutta la costa laziale (Gisotti, 1990). I principali effetti negativi di questa intensa urbanizzazione riguardano l'arretramento della linea di costa e la distruzione dei cordoni dunali, l'abbassamento delle falde acquifere con la scomparsa e la contrazione delle piscine con la conseguente diminuzione delle specie faunistiche e botaniche. La vegetazione dunale, caratterizzata dalla fascia di ammofileto e agropireto e dalla macchia mediterranea retrostante, infatti presenta evidenti segni di deupaperamento. L'area oggetto di studio è il territorio circostante al comprensorio di Castelfusano, Castelporziano e Capocotta e l'analisi è stata condotta utilizzando fotoaeree storiche e immagini da satellite.

MATERIALI E METODI

L'analisi storica è stata condotta analizzando le fotoaeree relative al volo effettuato dalla RAF nel **1943/44** (in scala 1:12.000), al Volo Base del **1954/55** (in scala 1:33.000) (reperibili presso l'Aerofototeca Nazionale) e al volo effettuato dall'Aeronautica Militare nel **1959** (in scala 1:25.000).
Le trasformazioni territoriali avvenute in anni più recenti sono state analizzate mediante l'elaborazione multitemporale di immagini da satellite che permettono di studiare una porzione di territorio molto ampia e di ottenere dati quantitativi riguardo il tipo ed il grado di urbanizzazione.
I principali satelliti impiegati per studi territoriali sono il satellite americano Landsat, per la prima volta lanciato dalla NASA nel 1972, e quello francese SPOT messo in orbita nel 1984. Le differenze che caratterizzano i satelliti americani della seconda generazione e quello francese risiedono nel tipo di sensore utilizzato (tabella 1) per registrare la radiazione riflessa dalla superficie terrestre, e nella risoluzione geometrica dell'unità minima di rilevamento (definito pixel).

	LANDSAT - TM	SPOT - HVR
RISOLUZIONE SPETTRALE (μm)		
banda 1 (Blu)	0.45-0.52	0.50-0.59
banda 2 (Verde)	0.52-0.60	0.61-0.68
banda 3 (Rosso)	0.63-0.69	0.79-0.89
banda 4 (Infrarosso vicino)	0.76-0.90	
banda 5 (Infrarosso medio)	1.55-1.75	
banda 7 (Infrarosso lontano)	2.08-2.35	
banda 6 (Infrarosso termico)	10.4-12.5	
banda pancromatica (P)		0.51-0.73
RISOLUZIONE GEOMETRICA (m)	30x30 120x120 (TM6)	20x20 10x10 (P)

Tabella 1 - Caratteristiche dei sensori a bordo dei satellite Landsat e SPOT

Per questo studio sono state utilizzate due immagini Landsat Thematic Mapper relative all'agosto 1987 e al settembre 1997; le elaborazioni sono state effettuate in collaborazione con il gruppo di Telerilevamento e GIS del CNR utilizzando il sistema software ILWIS (The Integrated Land and Water Information System).

Le tecniche di elaborazione applicate sono quelle relative al miglioramento delle immagini ed al processo di classificazione. Le prime comportano il miglioramento del contrasto mediante la creazione di immagini cromatiche che aumentano la definizione delle unità territoriali presenti sull'area analizzata (vengono definite composizioni di bande), mentre le tecniche di classificazione identificano nelle immagini, mediante procedure statistiche, un insieme di pixel riconducibili ad un'unica tipologia territoriale (Lillesand and Kiefer, 1987). Le immagini digitali vengono normalmente visualizzate usando i tre colori primari, il rosso, il verde e il blu (modello RGB) e a ciascun canale viene assegnata una banda spettrale. Per questo studio sono state create un'immagine a falsi colori assegnando le bande TM1, TM 4 e TM5 rispettivamente al canale del rosso, del verde e del blu per il 1987 e le bande TM4, TM5 e TM 7 per il 1997.

La scelta di questi intervalli spettrali è stata effettuata in seguito al calcolo della matrice di correlazione che computa i coefficienti di correlazione tra le diverse bande spettrali. Più le bande sono correlate tra loro e minore è l'informazione spettrale che si può ottenere per differenziare le unità territoriali sull'immagine. Tramite l'analisi dei coefficienti di correlazione è possibile ridurre il numero di bande nelle successive procedure di classificazione eliminando quelle ridondanti. Sulla base di tali considerazione è stato calcolato per ciascun periodo il coefficiente O.I.F. (Optimum Index Factor), per tutte le possibili terne di bande TM, tenendo in considerazione la distribuzione statistica dei valori dei DN delle immagini (Lillesand and Kiefer, 1987). I coefficienti più alti indicano le combinazioni di bande migliori sia per resa visiva sia per le successive elaborazioni statistiche.

Le bande più significative così evidenziate per ciascun anno, sono state utilizzate per una classificazione di tipo "supervised". Tale procedura prevede due fasi, il campionamento e l'applicazione di un opportuno algoritmo di classificazione. Per campionamento si intende l'individuazione di aree campione, ossia insiemi di pixel aventi lo stesso comportamento spettrale e rappresentanti la stessa unità territoriali. Le aree campione sono state selezionate sull'immagine grazie anche all'aiuto di carte tematiche, foto-aeree e rilievi fisionomico strutturali della vegetazione effettuati in campo. Per la classificazione è stato utilizzato l'algoritmo di "Massima Verosimiglianza" in quanto la distribuzione dei DN dei campioni scelti ha una distribuzione "normale".

Le immagini Landsat-TM del 1987 e del 1997 sono state georiferite mediante numerosi punti scelti sulla Cartografia Regionale e individuati sulle bande TM; sono state inoltre coregistrate l'una sull'altra in modo da poter confrontare i risultati delle successive elaborazioni. Per effettuare la classificazione sulle bande prescelte, è stato necessario condurre un campionamento molto accurato, cercando di evidenziare ogni piccola differenza spettrale presente. E' stato utilizzato lo stesso campionamento sia per le immagini del 1987 che quelle del 1997.

L'accuratezza della classificazione è stata verificata sia mediante controlli di campo che mediante procedure statistiche come ad esempio il calcolo della matrice di errore (Congalton, 1991). In tale matrice le colonne indicano le classi reali individuate sul campo e sull'immagine dei pixels di campionamento e le righe rappresentano le classi a cui gli stessi pixels sono stati assegnati durante la procedura di classificazione. L'accuratezza totale si ottiene dividendo la somma dei valori disposti lungo

la diagonale per il numero totale dei pixel presenti nella matrice. La somma dei valori nella diagonale rappresenta il totale dei pixel correttamente classificati; qualora tutti i valori ricadono nella diagonale si rileva che la classificazione ha raggiunto il massimo grado di accuratezza.
Il calcolo della matrice è stato effettuato con due modalità. In una prima fase sono stati inseriti nella colonna i dati derivati dal campionamento delle immagini TM ; in una seconda fase, sempre nelle colonne sono stati immessi dati ricavati dalle Carte Regionali. A tale scopo sono stati digitalizzati i fogli della Carta Tecnico Regionale del 1990 in scala 1 :10000, così da ottenere l'uso del suolo di una porzione di territorio di circa 3 Km limitrofo alla Tenuta di Castelporziano e comprendente le aree di Castelfusano e di Capocotta.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dall'analisi delle foto-aeree storiche relative agli anni 1943, 1954/55 e 1959 è emerso che la Tenuta in quegli anni era circondata prevalentemente da terreni agricoli e da zone boschive.
Nel 1943 i terreni posti a W-NW della Tenuta fino a Malafede erano costituiti principalmente da bosco misto ad elevata copertura e da macchia mediterranea inframmezzati da piccoli appezzamenti agricoli e sparsi casolari e caseggiati. Nella zona E-SE fino a Capocotta, il paesaggio prevalente nel 1943 è quello della campagna romana, con ampi pascoli e seminativi e casali isolati. In prossimità di Castel di Decima, lungo la strada Pontina, il territorio è caratterizzato anche dalla presenza di un'ampia area di bosco ad elevata copertura.
Nel 1954 cominciano i primi tagli boschivi effettuati probabilmente per aumentare la superficie coltivabile ed edificabile. Al posto del bosco fitto prevalgono boscaglie ed arbusteti. I casolari sono ancora presenti, ma si cominciano a costruire insediamenti urbani più estesi. In prossimità della zona di Malafede e in quella posta a E-SE permane ancora il bosco caducifoglio e la macchia mediterranea, insieme ad ampie aree agricole.
Già nel 1959 il territorio risulta profondamente modificato, nelle zone W-NW non sono più presenti le formazioni forestali boschive e di macchia mediterranea, ma al loro posto ci sono ampie aree coltivate o aree destinate a pascolo. Si rilevano nuove costruzioni sparse nel territorio e i vecchi casolari vengono mano a mano probabilmente abbandonati e sostituiti da nuove costruzioni, come emerge soprattutto nella zona dell'Infernetto in cui si fanno sempre più consistenti gli insediamenti urbani. Anche per l'area in prossimità di Capocotta emergono importanti trasformazioni: ad esempio lungo la fascia costiera la vegetazione dunale e retrodunale risulta frammentata per la presenza di piccoli nuclei urbani sviluppatesi proprio in prossimità del litorale. Anche nelle aree più interne si ampliano le aree urbane e quelle industriali (zona di Pomezia) a scapito delle cenosi boschive e di quelle agricole.
Le variazioni territoriali avvenute in anni più recenti sono state analizzate invece utilizzando le immagini da satellite. Le immagini sono quelle appartenenti al satellite Landsat TM e sono stati analizzati i dati relativi al 1987 e al 1997. Come definito in "materiali e metodi" è stata utilizzata la terna di bande TM1, TM4 e TM5 per 1987 in quanto a essa corrisponde il valore più alto del coefficiente O.I.F. (48.38), mentre per il 1997 O.I.F. maggiore è quello relativo alla combinazione delle bande TM4, TM5 e TM7 (41.41).
Per ottenere una buona classificazione del territorio è stato necessario condurre un campionamento molto accurato, cercando di evidenziare ogni piccola differenza spettrale presente. Il campionamento è stato utilizzato in fase di classificazione sia per le immagini del 1987 che quelle del 1997 ed è stato applicato in seguito l'algoritmo di classificazione di "Massima Verosimiglianza".
Le unità territoriali individuate e analizzate sono le seguenti:

- le aree coltivate (seminativi e pascoli);
- la vegetazione forestale, decidua e sempreverde;
- i rimboschimenti a *Pinus pinea*;
- le aree urbane a media densità ;
- le aree urbane ad alta densità.

Particolarmente complesso è stato il campionamento delle aree agricole, in quanto essendo questo territorio estremamente parcellizzato e coltivato con colture diverse, è stato necessario utilizzare numerose classi con un ampio intervallo spettrale.
Dalle procedure di classificazione sono stati ottenuti risultati soddisfacenti (figura 1a e figura 1b), anche tenendo conto della estrema frammentazione del territorio e della difficoltà di distinguere agglomerati urbani in cui la componente vegetazionale, dovuta ai giardini, ai viali alberati o ai piccoli appezzamenti agricoli, è fortemente presente e determina una risposta spettrale mista. L'accuratezza totale del campionamento relativo al 1987 è pari a 83%, mentre quella ottenuta mediante la mappa digitalizzata è

pari al 71%; per la classificazione del 1997 l'accuratezza del campionamento è di circa 67%, mentre quella relativa alla carta digitalizzata è pari al 75%.
In figura 2 sono riportati i dati relativi alla estensione percentuale delle diverse unità territoriali, mentre in tabella 2 sono riportati la superficie in ettari occupata da ciascuna unità. In generale si osserva dal 1987 al 1997 un aumento delle aree urbane, in particolare quelle caratterizzate da un'alta densità di insediamenti che passano da una superficie di 2970 ha, pari all'8%, a circa 3897 ha, pari all'11% della superficie totale. Per le aree urbane a media densità l'incremento è minore e pari a 360 ha come si osserva in tabella 2. Le aree coltivate subiscono un decremento percentualmente non rilevabile così come i rimboschimenti a pino domestico. Risulta rilevante invece la forte diminuzione della superficie occupata dalla vegetazione boschiva che da 8134 ha nel 1987 si riduce nel 1997 a 6548 ha con una diminuzione del 4% del totale. Le cause maggiormente responsabili di tale decremento devono essere ricercate non solo nei tagli, effettuati per la maggiore pressione antropica, ma anche nei numerosi incendi sviluppatesi negli ultimi anni in questo territorio.

unità territoriali	*superficie (ha) nel 1987*	*superficie (ha) nel 1997*
aree coltivate	21195	20953
aree urbane a media densità	1798	2160
aree urbane ad alta densità	2970	3897
rimboschimenti	1149	954
vegetazione forestale	8134	6548

Tabella 2 - Superficie in ettari occupata da ciascuna unità territoriale

Per analizzare con maggior dettaglio le variazioni territoriali provocate dall'aumento della pressione antropica sono state selezionate tre aree limitrofe la Tenuta dove le trasformazioni sono state più evidenti. Le aree sono :
1: Infernetto - Casal Palocco (superficie pari a 2873 ha);
2: Mostacciano - Spinaceto (superficie pari a 2192 ha);
3: Pomezia ovest - Macchia di Capocotta. (superficie pari a 2524 ha).
In tabella 3 vengono riportate i risultati della classificazione del 1987 e del 1997 nelle tre zone sopra descritte.

	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3	
unità territoriali	*1987*	*1997*	*1987*	*1997*	*1987*	*1997*
aree coltivate	47%	43%	63%	62%	71%	65%
aree urbane a media densità	15%	19%	6%	12%	1%	4%
aree urbane ad alta densità	5%	12%	17%	17%	8%	18%
rimboschimenti	3%	2%	0%	0%	0%	0%
vegetazione forestale	29%	19%	12%	6%	17%	9%
non classificato	1%	5%	3%	3%	3%	4%

Tabella 3 - Variazione percentuale dell'estensione di ciascuna unità territoriale nelle tre zone analizzate.

Per quanto riguarda il territorio dell'Infernetto, zona 1, (figura 3a) si può osservare dalla tabella 3 che nell'intervallo di tempo considerato, sono aumentate sia le aree a media densità (dal 15% al 19%) sia quelle a più alta densità (dal 5% al 12%) a discapito della vegetazione boschiva che da 827 ha, presenti nel 1987, è passata a 549 ha con una diminuzione del 10%. Anche la superficie coltivabile è diminuita di circa il 5%.
Nella zona 2, Mostacciano - Spinaceto (figura 3b) l'aumento urbano ha interessato soprattutto le aree a media densità che da 132 ha (6%) sono passate a 273 ha (12%), mentre quelle ad alta densità sono rimaste invariate (circa 17%). La maggiore estensione dell'insediamento urbano è a carico delle zone boschive che da 240 ha nel 1987 sono diminuite fino a 116 ha nel 1997 ; dalla tabella 3 si rileva infatti che la vegetazione forestale passa dal 12% al 6% del totale.
Infine la zona 3, Pomezia ovest - Macchia di Capocotta (figura 3c), è quella che ha maggiormente subito il progressivo aumento dell'impatto antropico, infatti sia le aree urbane a media densità che quelle ad alta densità sono fortemente aumentate passando rispettivamente dall'1% al 4% e dall'8% al 18% (tabella 3) in questo ultimo decennio, riducendo così pesantemente la superficie dei boschi e delle aree agricole.

CONCLUSIONI

Come emerge anche da questo studio, il telerilevamento da satellite costituisce uno degli strumenti più avanzati per il monitoraggio delle risorse terrestri e per indagini di carattere ambientale, in quanto grazie alla periodica acquisizione dei dati multispettrali, è possibile ottenere una visione dinamica della superficie terrestre, in alternativa alla staticità delle tecniche cartografiche convenzionali. La possibilità di ottenere, in maniera speditiva e con elevato grado di accuratezza, carte tematiche e carte derivate rende il telerilevamento una tecnica di studio estremamente interessante; è possibile inoltre acquisire indicazioni utili e sempre aggiornate per la pianificazione territoriale (Aspinall e Veitch, 1993).
L'analisi multitemporale di queste aree indica infatti che la Tenuta Presidenziale è stata sottoposta soprattutto in questi ultimi anni, ad una forte pressione antropica sia nella zona costiera, a partire da Ostia fino a Torvaianica in seguito ad un progressivo e costante aumento del turismo estivo, ma anche in tutte le aree limitrofe più interne. La Tenuta risulta quindi circondata prevalentemente da agglomerati urbani e ciò la rende ancora più preziosa nel suo ruolo di "relitto" di vegetazione originaria e di polmone verde per la città di Roma.

BIBLIOGRAFIA

[1] Aspinell R. and Veitch N., 1993. Habitat mapping from satellite imagery and wildlife survey data using a Bayesian modelling procedure in a GIS. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 59 (4), 537-543.
[2] Congalton R.G., 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment., 37, 35-46.
[3] Gisotti G., 1990. Unità geomorfologiche fondamentali per l'Italia. In: Principi di Geopedologia. Ed. Calderini, 139 - 147.
[4] Lillesand and Kiefer, 1987 Lillesand T.M. and Kiefer R.W., 1987. Digital image processing. In: Remote Sensing and Image Interpretation, Second Edition Wiley & Sons, New York, 650-676.
[5] Salvatori R.M., Grignetti A., Focardi S., 1996. The habitat selection of fallow and roe deer studied by Remote Sensing. Suppl. Ricerche di Biologia della Selvaggina, Vol. XXV: 133-143.
[6] Turner M.G. and Gardner R.H. (editors), 1991. Quantitative Methods in Landscape Ecology. Ecological Studies N. 82. Springer-Verlag, New

Legenda

- aree coltivate
- aree urbane a media densita'
- aree urbane ad alta densita'
- rimboschimenti
- vegetazione forestale

Le zone cerchiate con i numeri corrispondono alle aree analizzate in dettaglio
1 : Infernetto - Casal Palocco
2 : Mostacciano - Spinaceto
3 : Pomezia -Macchia di Capocotta

Figura 1a - Immagine classificata relativa all'agosto 1987. L'area copre una superficie di 2.5 Km^2

Figura 1b - Immagine classificata relativa a settembre 1997. L'area copre una superficie di 2.5 Km^2

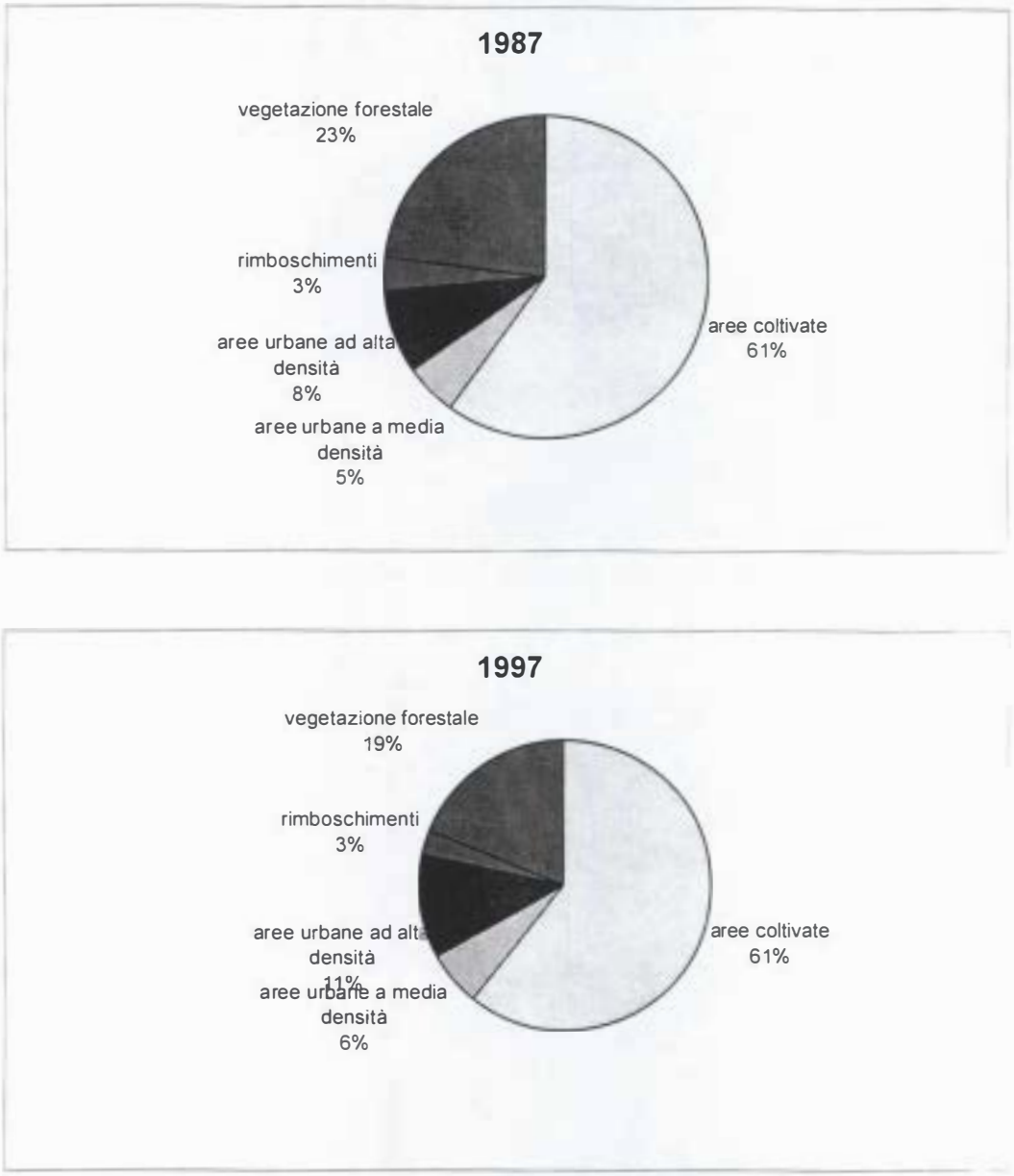


Figura 2 - Distribuzione percentuale delle unità territoriali relative al 1987 e al 1997

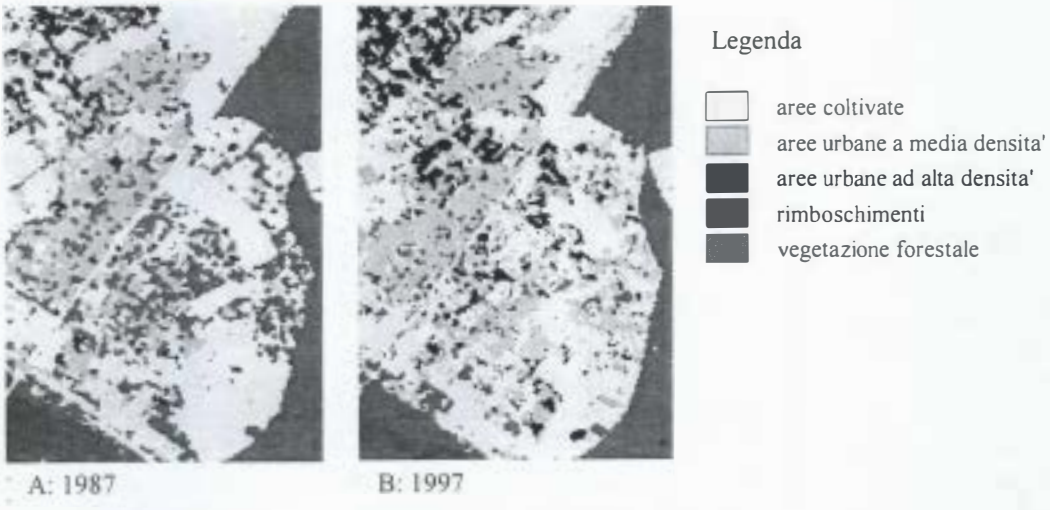


Figura 3 a - Zona 1 (Infernetto – Casal Palocco)

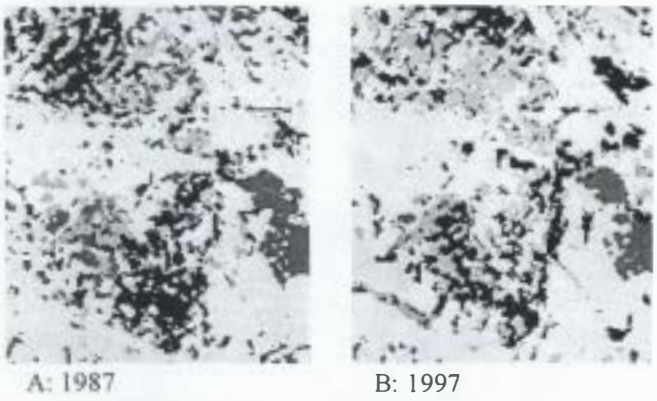


Figura 3 b - Zona 2 (Mostacciano - Spinaceto)

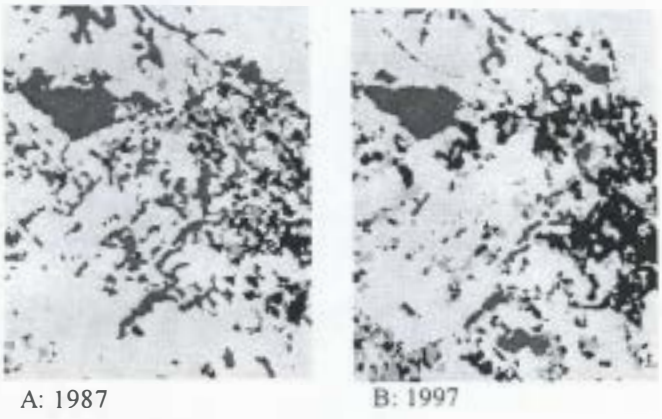


Figura 3 c - Zona 3 (Macchia di Capocotta – Pomezia ovest)

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Proposte per l'Istituzione di un Museo Naturalistico presso l'Area Protetta di Castelporziano
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	Tenuta Presidenziale di Castelporziano - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	A. Tinelli, A. Grusovin

INTRODUZIONE

I musei naturalistici, nel corso dei secoli, sono quasi sempre nati parallelamente allo sviluppo degli studi scientifici ed infatti in molte occasioni è verificabile la loro presenza presso le Università, dove vengono raccolti i cimeli delle esperienze svolte nel tempo da studiosi e naturalisti nell'ambito delle attività di ricerca di antiche Accademie Scientifiche oppure al servizio di nobili mecenati della cultura del passato.
La maggior parte del patrimonio museale risente di questa storia passata ed è concepito per un pubblico di specialisti, con funzioni essenzialmente sistematiche e di conservazione dei reperti.
Più di recente però, sono sorti anche musei naturalistici con funzioni fortemente didattiche e, nelle esperienze più avanzate, oggi si possono apprendere conoscenze scientifiche in modo semplice e con attività legate al gioco ed al divertimento, soprattutto per i visitatori più giovani.
E' comprensibile che questo genere di musei può avere un ruolo importante per educare sempre più persone al rispetto della natura, in un momento storico in cui lo sfruttamento delle sue ricchezze, in alcuni casi, mette a rischio la sopravvivenza di molti ambienti naturali e di molte specie sia vegetali che animali.
E' poi constatabile che l'efficacia di queste strutture museali, a fini educativi, risulta particolarmente esaltata dalla loro collocazione all'interno di **aree naturali protette** dove è possibile per i visitatori effettuare esperienze che completano ed integrano le conoscenze acquisite all'interno del museo.
Le aree protette sono luoghi che la collettività ha scelto di tutelare dal rischio di scomparsa per l'unicità e la rappresentatività dei loro ambienti al fine di conservare la biodiversità e dove la presenza dell'uomo è strettamente controllata per mitigare quegli effetti distruttivi che lo stile di vita dalla nostra civiltà spesso comporta per la natura. Sono aree di enorme importanza, dove si sperimenta e si pratica l'equilibrata convivenza dell'uomo con la natura, tanto che si possono quasi definire dei **laboratori a cielo aperto**.
E' necessario calarsi in questo contesto, per introdurre il tema dell'istituzione di un Museo Naturalistico presso la Tenuta di Castelporziano, che è per l'appunto un'area protetta con particolarissime caratteristiche sia dal punto di vista delle funzioni che ospita, sia dal punto di vista storico e ambientale.
Ciò che si intende proporre non vuole essere una struttura museale intesa in senso tradizionale ma soprattutto un centro di attività utile per l'informazione sui principali temi naturalistici e per l'educazione alla salvaguardia ambientale, aiutando i visitatori della Tenuta di Castelporziano ad apprezzarne le valenze e le particolarità, proponendo delle efficaci **chiavi di lettura** del suo territorio.

ESEMPI DI ALCUNE REALIZZAZIONI MUSEALI

Prima di approfondire la proposta per l'istituzione del Museo Naturalistico di Castelporziano, sembra opportuno esaminare alcune esperienze museali che possono fornire utili spunti per inquadrare correttamente il genere di museo verso cui è opportuno orientarsi.
Di sicuro interesse, nel caso in esame, sono le innovative ricerche sviluppatesi in Europa in questo campo fin dagli anni '70, che hanno dato vita a quelli che si identificano con il termine di **eco-*musei***, *e* che per l'Italia sono ancora una novità.
Il prefisso ECO significa unità domestica, unità economica, casa, ambiente, e definisce l'intenzione di proporre un museo che si occupa di descrivere le realtà regionali e di conservare le identità locali, soprattutto in zone dove sono avvenuti profondi cambiamenti che hanno stravolto i sistemi di vita tradizionali e disgregato la coesione sociale.
Si tratta di musei cosiddetti di **cultura materiale**, spesso nati anche dalla volontà delle popolazioni locali, e gestiti con la loro stessa collaborazione, oltre che di professionisti, e che si occupano di

ripercorrere le trasformazioni del paesaggio e di ricordare il modo in cui l'uomo nel passato si rapportava con l'ambiente e con la natura. Il capostipite di questo genere di musei è il **Museo Le Creusot**, nato negli anni '60 in Francia, che ha contribuito alla rinascita sociale di una regione colpita da deindustrializzazione e da forti fenomeni di disoccupazione.
Di quegli anni sono anche i primi musei **"open air"** inglesi, che testimoniano l'esigenza di considerare anche forme di cultura fino ad allora ignorate dalle istituzioni e di adottare tecniche espositive diverse da quelle adatte ai musei che espongono collezioni di opere ed oggetti preziosi.
Attualmente in Europa nascono sempre più musei di questo genere come ad esempio l'**Ecomuseo du pays de Rennes**, francese, che si occupa di ripercorrere l'evoluzione delle pratiche agricole in Bretagna, proponendosi come "museo genetico animale" con allevamenti di razze locali che stanno scomparendo, e come "museo genetico vegetale" con coltivazioni locali in via di estinzione.
Interessante è anche **l'Ecomuseo della Bresse Bourghignonne**, sempre in Francia, che ha la sede principale in un castello, collegato ad altri musei tematici del Grano, della Foresta, del Bosco, dell'Agricoltura, della Vite e dell'Artigianato. Nella stessa zona sono stati anche recuperati e resi funzionanti sette mulini e una fornace per la produzione di tegole con metodi tradizionali, si svolgono attività di animazione, si tengono lezioni sulla natura, si organizzano mostre, fiere e mercati di agricoltura biologica.
Va citata anche l'esperienza del **Centro informazioni della foresta di Heidhoff**, in Germania, nel bacino della Rhur, una zona di miniere di carbone e di industrie dell'acciaio, che hanno chiuso e creato molta disoccupazione. Heidhoff è una ex azienda agricola, con un edificio costruito nel 1908 e con un bosco di due ettari gestito dal locale Corpo Forestale dal 1980, dove è stata costituita una Stazione di Educazione Ambientale, con insegnanti per i diversi gradi scolastici che organizzano visite guidate, corsi di formazione sulla natura e attività pratiche di scienza e biologia, sia nella foresta, sia nel museo, dove vi sono modelli e testimonianze sulla modificazione del paesaggio locale nei secoli. Il Centro è attivo da quattro anni ed è raggiungibile solo a piedi o in bicicletta, perché le automobili si devono fermare a due chilometri di distanza da esso, ma è ugualmente molto frequentato per il suo parco giochi e le aree picnic. Per il futuro sono previsti l'ampliamento del museo ed ulteriori attività, sia di tipo scientifico che ricreativo.
Altre esperienze europee di eco-musei molto interessanti, anche se diverse tra loro perché legate alle singolari caratteristiche sociali ed ambientali dei luoghi in cui sorgono, sono state realizzate in Svezia, Inghilterra, Portogallo, ed i progetti di questo genere sono in continuo sviluppo, spesso finanziati da fondi della Comunità Europea.
In Italia esistono ancora poche realizzazioni di questo genere e pochi progetti ad uno stato avanzato di elaborazione, finalizzati a valorizzare ed interpretare in modo integrato il patrimonio ambientale, culturale, storico e artistico di cui il nostro Paese è estremamente ricco.
Ricordiamo l'**Ecomuseo della Montagna Pistoiese**, un sistema basato su punti museali ed itinerari di visita. Si tratta di un museo del territorio avviato nel 1989, caratterizzato dalla politematicità, e che ha promosso il riuso e la manutenzione di luoghi, sentieri, manufatti ed oggetti che erano stati abbandonati, ed una attività scientifica per il loro censimento e catalogazione.
Per ciò che riguarda invece i musei attualmente operanti presso i Parchi Nazionali e le aree protette, la realtà più antica, più ricca ed originale che opera nell'Italia centrale, è sicuramente quella del **Parco Nazionale d'Abruzzo.** Anche qui è stata scelta la strada del **sistema museale territoriale**, che prevede vari musei dispersi sul vasto territorio del Parco, come il museo naturalistico di Pescasseroli, il museo del lupo appenninico e quello della lince a Civitella Alfedena, con relative aree faunistiche, il museo del camoscio d'Abruzzo ad Opi, con area faunistica, il museo del capriolo a Bisegna, con l'area faunistica degli ungulati, il museo del cervo a Villavallelonga, con area faunistica ed un piccolo stagno didattico con un orto naturale e giardino botanico, il museo sugli insetti a San Sebastiano e il museo dell'orso con area faunistica, ancora in allestimento.
I musei hanno, come soggetti principali, gli animali che vivono nel Parco, e fanno parte di un articolato ed organizzato sistema di assistenza ai visitatori, che prevede diverse tipologie di attività ed iniziative per adulti e ragazzi, come pure possibilità di studio e ricerca per gli specialisti.
Il museo naturalistico presente presso il principale Centro Visite del Parco, a Pescasseroli, introduce il turista alla natura dell'area ed alla sua geologia, espone alcuni ritrovamenti archeologici, ecorami, diorami, plastici e pannelli luminosi, illustra le modalità di gestione del Parco, ospita mostre tematiche, ed inoltre dispone di una sala per conferenze e proiezioni dove è possibile assistere a filmati naturalistici.

Il museo si trova all'interno di un edificio di tipo tradizionale ed il suo allestimento ricorre alle tecniche adatte per questi casi, utilizzando spesso luci artificiali, non essendo sufficiente la luce proveniente dalle piccole finestre di cui è dotato, e gli spazi sono spesso di modeste dimensioni.
Diversamente, il **Museo Naturalistico del Parco Nazionale del Circeo**, situato in prossimità della Direzione del Parco, è ospitato da un edificio isolato, costruito appositamente a questo scopo, in cui l'illuminazione naturale proviene da grandi finestre perimetrali, all'occorrenza schermabili con idonei tendaggi.
La visita nel museo si svolge attorno ad un percorso principale ad anello, affacciato su alcuni spazi laterali, che illustra le vicende storiche più significative dell'area nella preistoria, nell'epoca romana, fino al periodo delle bonifiche, ricordando anche il mito della Maga Circe. L'esposizione museale prosegue descrivendo le caratteristiche ambientali del Parco, illustrando gli ecosistemi in esso presenti, come la foresta, le zone umide, i laghi costieri e le dune, con particolare riguardo per i luoghi di maggiore interesse e richiamo storico-naturalistico, come il monte Circeo e l'isola di Zanone.
Presso il Centro Visitatori è possibile ottenere informazioni e materiale esplicativo sul Parco; vi è inoltre un piccolo edificio adatto per incontri e riunioni e un altro edificio adibito a biblioteca. In questo Parco esiste anche la possibilità di effettuare percorsi natura, attrezzati con pannelli esplicativi, e di partecipare a visite guidate; vi sono alcune ricostruzioni dei ricoveri utilizzati dai pastori e dai contadini, che nel passato si spostavano lavorando in queste zone.
Pare utile osservare, anche le strutture museali ed i servizi messi a disposizione dei visitatori in alcune aree naturali protette di minori dimensioni, come nell'**Oasi di Val Campotto** nel **Parco Regionale del delta del Po**, zona umida di interesse internazionale situata fra le provincie di Ravenna e Ferrara, dove si avvicendano numerose specie di uccelli migratori , come i cormorani che vi nidificano in gran numero.
Qui esiste **un sistema di attrezzature** costituito dal Museo della Bonifica nello stabilimento idrovoro Saiarino, dal Museo Naturalistico delle valli dell'Argenta che funziona anche come Centro Visite, da un Ostello per gruppi e scolaresche, da percorsi naturalistici da effettuarsi a piedi o in bicicletta, dal Museo Civico presso il Comune di Argenta, che fornisce semplici ma ricche possibilità di visita.
Il **Museo delle valli dell'Argenta** si propone, in particolare, come strumento per la didattica scolastica a disposizione di insegnanti e studenti, ed è dotato di una sezione storico-archeologica, di una sezione relativa alle opere realizzate nel tempo per il controllo delle acque (con un modello esplicativo), di una sala per proiezioni dove un documentario introduce alla visita del museo, di una biblioteca, di una audiofototeca e di una saletta per audiovisivi, dove si ascoltano suoni e rumori registrati durante il giorno e la notte fra gli animali, le piante e le acque dell'Oasi.
Una impostazione simile ci pare anche quella che si intende seguire nella neonata **Riserva naturale Statale del Litorale Romano**, dove una piccola rete di attrezzature museali è costituita dall'Impianto Idrovoro di Ostia Antica, alcuni percorsi esterni ed un museo ricco di attrezzi, oggetti originali di uso domestico, documenti fotografici e filmati d'epoca, che raccontano le vicende ambientali, umane e sociali, legate alle opere di bonifica che hanno interessato alcune aree della Riserva.
E' anche interessante ricordare l'esperienza del **Museo di zoologia di Roma**, in fase di ristrutturazione, dove attualmente è possibile confrontare le vecchie metodologie espositive delle sale, risalenti agli anni '30, in cui ancora non si è intervenuto, con le nuove metodologie proposte nell'allestimento recentemente inaugurato, dove vengono rappresentate le problematiche fondamentali della vita sulla terra.
Le finalità e le caratteristiche dei musei, non solo naturalistici, si stanno ampliando e modificando rispetto al passato, come è visibile dalle esperienze appena descritte; nel dibattito che ne scaturisce si va ad inserire anche la presente proposta per un Museo Naturalistico presso l'area protetta di Castelporziano.

GLI OBBIETTIVI DEL MUSEO NATURALISTICO

Per affrontare la progettazione del Museo Naturalistico di Castelporziano abbiamo è necessario in primo luogo stabilire gli **obbiettivi** fondamentali che si intendono raggiungere con la sua istituzione:

1) Facilitare la lettura dei luoghi

E' importante che il museo metta in condizione coloro che si trovano nella Tenuta di Castelporziano per motivi di studio, lavoro o altro, di comprendere questo luogo, di capire la sua identità e le sue principali caratteristiche, come pure di avvicinarsi alle sue problematiche. In questo modo sarà possibile sensibilizzare sempre maggiori persone a proposito dell'importanza e della necessità di una attenta tutela di quest'area.

2) Partecipare attivamente al sistema delle aree protette
Le aree protette in Italia sono enormemente aumentate negli ultimi anni e costituiscono sempre più un vero sistema di zone omogenee, soprattutto dal punto di vista della gestione del territorio, a livello nazionale, regionale e locale, all'interno del quale le esperienze sono oggetto di confronto, scambio e discussione già da molti anni.
In questo quadro generale il museo di un'area protetta deve avere anche la funzione di presentare e diffondere, attraverso incontri e mostre temporanee, il risultato delle collaborazioni, degli studi e dei gemellaggi con le altre aree protette.

3) Proporre un punto di riferimento territoriale
Il museo deve configurarsi come un punto di riferimento sul territorio per i cittadini e gli operatori che vi lavorano, raccogliendo la memoria storica dei luoghi e riunendo le testimonianze della vita e della cultura delle persone che nel tempo vi hanno vissuto ed agito. Il museo deve ospitare anche le testimonianze e gli indizi delle attuali problematiche dell'area ad uso di tutti coloro che ne hanno a cuore l'equilibrato sviluppo e le prospettive future.

4) Presentare particolari aspetti ambientali
Il museo vuole proporre la descrizione di particolari aspetti territoriali e naturalistici che sono il risultato dell'evoluzione storica ed ambientale nell'area.
Tale presentazione permette di individuare facilmente ciò che bisogna tutelare e sottopone al visitatore una riflessione sugli opportuni interventi di salvaguardia ambientale e sulla necessità di un forte impegno per la conservazione.

5) Raccogliere dati scientifici
Il museo vuole divenire il luogo dove convogliare e raccogliere tutti i reperti ed i dati di interesse scientifico riguardanti la Tenuta di Castelporziano, ad esempio di tipo meteorologico, sul clima, sulla fauna, sull'eventuale inquinamento. Potrà esserci così un archivio a disposizione dei visitatori con pubblicazioni scientifiche, riviste, articoli, relazioni riguardanti quest'area ed i dati, una volta elaborati, potranno essere presentati in modo appropriato anche ai non specialisti.

6) Elaborare dati scientifici
Oltre alla raccolta di dati scientifici è sicuramente utile mettere in condizione gli studiosi che operano in questo territorio anche di elaborare sul posto i dati che trovano di loro interesse, ed a questo fine, prevedere presso il museo un piccolo laboratorio scientifico, dotato di minime attrezzature. Questo stesso laboratorio potrà poi essere utilizzato, con appropriate modalità, anche dai comuni visitatori a scopo didattico ed educativo. Attraverso questo semplice laboratorio si potranno effettuare rapidi ed immediati controlli sul territorio ed un monitoraggio di alcuni parametri ambientali, particolarmente significativi, sviluppando anche l'aspetto sistematico e l'inquadramento scientifico dei dati disponibili.

7) Soddisfare esigenze ricreative
Il museo deve proporre i suoi contenuti in modo che si prestino a diversi livelli di lettura, cioè adatti sia agli studiosi sia ai visitatori più generici, con particolare riguardo ai ragazzi ed ai bambini. Per questi ultimi la visita al museo dovrà essere elaborata in modo che risulti semplice ed anche divertente, perché solo così sarà veramente istruttiva, in quanto, soprattutto in giovane età, l'apprendimento è strettamente legato con il divertimento.

8) Fornire uno strumento adatto all'insegnamento e alla sperimentazione didattica
Da sempre le visite ai musei sono un prezioso supporto all'insegnamento scolastico e momenti determinanti per la formazione degli studenti. Il museo da istituire deve essere progettato in modo da consentire una didattica efficace ed immediata, che favorisca l'apprendimento e lo sviluppo della sensibilità degli studenti, in particolare per ciò che riguarda le materie scientifiche e deve essere fornito di materiale aggiornato ed adatto a questo scopo.

9) Educare al rispetto ad alla tutela dell'ambiente
Le tematiche trattate all'interno del museo devono essere proposte tenendo sempre presente la necessità di far comprendere l'importanza del rispetto della natura e della salvaguardia dell'ambiente, invitando ad

azioni di conservazione. Occorre perciò di stimolare i visitatori ad acquisire comportamenti e "stili di vita" compatibili con la tutela degli ambienti naturali.

10) Sperimentare nuove metodologie espositive e di comunicazione su temi naturalistici ed ambientali

I musei naturalistici hanno da sempre la funzione di conservare reperti e diffondere la conoscenza in campo scientifico. Il Museo Naturalistico di Castelporziano intende proseguire ed incrementare la ricerca relativa ai metodi più appropriati ed incisivi per divulgare la cultura, i temi naturalistici ed ambientali, rivolgendo particolare attenzione alle tecniche di esposizione dei reperti. Porrà molta attenzione alla sperimentazione di tecniche innovative di comunicazione ambientale, ed a questo proposito sarà molto utile il confronto con le esperienze di altre strutture museali impegnate sugli stessi temi ed il collegamento con le loro attività, prevedendo scambi di informazioni e ricerche comuni.

SCELTE DI ORGANIZZAZIONE GENERALE

Questo museo vuole essere soprattutto un "mezzo" piuttosto che come un "fine", cioè vuole essere uno strumento teso a far conoscere la natura, ed in particolare, a far conoscere le caratteristiche ambientali della Tenuta di Castelporziano, delineando la sua identità storica così come quella delle persone che vi hanno vissuto e lavorato nel tempo.

Ricordando gli obbiettivi proposti, è opportuno prevedere una struttura multifunzionale, in cui il **Museo** si configuri, come il **primo elemento di una serie di luoghi** attrezzati per svolgere attività di genere diverso coordinate fra loro.

In virtù di quanto ora affermato, esso si deve presentare inizialmente come un **Centro Visitatori**, capace di offrire adeguata accoglienza a tutti coloro che si avvicinano all'Area Protetta di Castelporziano, dove sia possibile orientarsi ed informarsi sulle diverse modalità di visita della Tenuta e sulle attività che si possono svolgere presso di essa.

La serie dei luoghi che costituiscono il sistema museale dovrebbe poi comprendere, oltre all'edificio del Museo vero e proprio, anche **aree faunistiche**, dove ospitare alcuni esemplari caratteristici della popolazione animale della Tenuta, **aree di interesse storico**, **aree con reperti di archeologia industriale, percorsi natura** attraverso i principali luoghi di interesse naturalistico o paesaggistico, **giardini ed orti botanici** dove svolgere attività didattiche e di sperimentazione scientifica.

Quanto citato, deve essere organizzato e predisposto per una agevole visita da parte dagli ospiti della Tenuta, e deve essere corredato da informazioni e spiegazioni che rimandino ai temi trattati all'interno del Museo, attraverso la predisposizione di pannelli informativi esterni, ed opuscoli forniti presso il Centro Visitatori, unificati da un unico simbolo distintivo di riferimento.

Per giungere ad un sistema così definito, è necessario prevedere preliminarmente una fase di **censimento e catalogazione** dei beni presenti nell'Area Protetta per decidere cosa coinvolgere nel progetto museale, ed in seguito una fase di analisi e di studio più approfondito dei beni prescelti.

Per ciò che riguarda l'edificio destinato ad ospitare il Museo Naturalistico **è opportuno evitare una nuova costruzione** proprio perché, all'interno di un'Area Protetta, e quindi occorre fare uso di uno fra i numerosi manufatti presenti nella Tenuta, attualmente abbandonati o privi di una adeguata destinazione d'uso.

Questa scelta comporta la necessità di predisporre interventi di adeguamento edilizio da valutare con molta attenzione in funzione delle disponibilità economiche, delle reali ipotesi di utilizzo, ed in modo che il contesto paesaggistico non risulti compromesso o svilito dall'opera finale.

I lavori di ristrutturazione devono essere programmati e condotti in modo da arrecare la minor quantità di danni all'ambiente, utilizzando materiali omogenei a quelli già utilizzati nell'edificio, possibilmente di provenienza locale, sani, durevoli e che non siano fonte di inquinamento durante la produzione, la posa e l'utilizzo nel tempo, cioè in conformità dei più elementari criteri dell'**architettura bioecologica.**

E' poi opportuno che rimanga una traccia dell'operazione eseguita, prevedendo un *piccolo spazio* che illustri sinteticamente i lavori di ristrutturazione e ricordi ai visitatori le passate destinazioni d'uso dell'edificio in cui si trovano e dell'area circostante.

Per valutare adeguatamente le proporzioni dell'intervento da realizzare è di sicuro riferimento ricordare i dati recenti riguardanti i visitatori della Tenuta di Castelporziano, che sono stati circa 3500 nel 1995 mentre raggiungeranno quasi le 5000 unità nel 1999, cioè una media di circa 25 persone al giorno per 5 giorni la settimana e per un'apertura annua di 10 mesi.(fig. 1).

Questo flusso di visitatori è in continuo aumento, dimostrando il crescente interesse verso quest'Area Protetta e di ridotte dimensioni probabilmente per motivi di sicurezza, in considerazione delle importanti funzioni istituzionali che la Tenuta di Castelporziano ricopre. L'istituzione di una nuova struttura museale dovrebbe indurre ad **aumentare l'entità delle visite** con adeguati sistemi organizzativi per fare in modo che essa sia sfruttata al meglio delle sue potenzialità.
Più precisamente, l'edificio destinato a Centro Visite e Museo Naturalistico della Tenuta di Castelporziano dovrebbe essere dotato di quanto segue:
1) una zona di ingresso di adeguate dimensioni,
2) un percorso espositivo che dovrà articolarsi seguendo un chiaro filo conduttore,
3) una saletta per la visione di filmati e per piccole conferenze,
4) uno spazio per l'animazione e l'incontro, dove svolgere attività ricreative e didattiche, adatto sia ai più piccoli che agli adulti,
5) un centro di informazione e documentazione con archivio e biblioteca contenenti materiale relativo alla Tenuta di Castelporziano, possibilmente informatizzato per una sua più efficace fruizione,
6) un piccolo laboratorio scientifico accessibile su richiesta ai visitatori più specializzati o per attività didattiche o scientifiche dotato di strumentazione informatica,
7) uno spazio per mostre temporanee a tema sia prodotte da operatori della Tenuta di Castelporziano sia realizzate da soggetti esterni,
8) un ufficio ad uso dei responsabili della gestione,
9) un deposito per materiali ed attrezzi,
10) servizi igienici ed impiantistici adeguati alla struttura progettata.
Un museo così concepito, può ospitare mostre su temi di approfondimento o riguardanti aree protette affini dal punto di vista ambientale o con cui vi siano progetti comuni di ricerca, può accogliere corsi di specializzazione o di educazione ambientale ed anche prevedere l'organizzazione di eventi ed incontri.
Esso è quindi destinato ad essere una struttura aperta all'attività di diversi soggetti, fra cui Scuole, Università, Enti, Associazioni, ma perché ciò sia effettivamente possibile è importante che si riescano ad individuare modalità di gestione capaci di sfruttare al massimo le sue potenzialità

SCELTE ESPOSITIVE E DI COMUNICAZIONE

Concentrando l'attenzione sul percorso espositivo, è possibile identificare le caratteristiche che devono contraddistinguerlo, per rendere più efficace la comunicazione con i fruitori:

- la flessibilità,
- la adattabilità alle diverse potenzialità dei fruitori,
- la adattabilità alle disponibilità di tempo dei visitatori,
- l'interazione tra il fruitore ed i materiali esposti,
- la possibilità di avere un contatto diretto con gli oggetti,
- la presenza di modelli e ricostruzioni di situazioni significative,
- il coinvolgimento del visitatore.

Inoltre, possano essere di grande aiuto supporti alla visita, da prevedere allo scopo di aumentarne l'efficacia, quali:

- didascalie e pannelli esplicativi disposti in prossimità degli oggetti e lungo tutto il percorso,
- opuscoli esplicativi,
- cataloghi,
- personale specializzato addetto alle visite guidate,
- audio guide.

Il Museo Naturalistico di Castelporziano vuole rivolgersi a diverse categorie di pubblico e per questo deve fornire ad ognuna di esse la possibilità di muoversi agevolmente al suo interno. Occorre perciò puntare decisamente sulla **flessibilità** delle possibilità di visita, organizzando un itinerario principale ma anche itinerari paralleli, più veloci o più semplici, adatti a bambini, a studenti, a universitari, e proponendo approfondimenti per gli specialisti.
La flessibilità si dovrebbe tradurre poi nella capacità del percorso di adattarsi sia a gruppi numerosi, come le scolaresche che si prevedono in gran numero, sia a singoli individui, anche con ridotte capacità di movimento.
Per scegliere quale tipo di visita effettuare, è di grande importanza un settore introduttivo, di orientamento e di presentazione chiara dei contenuti del Museo. Lungo il percorso *invece sarà necessaria*

una grafica appropriata che utilizzi simboli di riferimento e colori diversi per i vari itinerari proposti e per ognuno dei temi trattati.
Ciò è stato sperimentato, ad esempio, nella mostra itinerante dal titolo "Conoscenza dei sistemi naturali e sensibilizzazione della popolazione" organizzata dal WWF e dall'Autorità di bacino del fiume Tevere il 29 maggio 1998 a Nazzano, dove sono stati usati 5 diversi colori di fondo per i pannelli (marrone, blu, viola, grigio e verde) che corrispondevano a 5 diversi temi trattati nell'analisi dell'ambiente (inquadramento dell'area, morfologia fluviale, habitat fluviale, degrado, proposte progettuali) e che fornivano immediatamente indicazioni precise sui contenuti proposti.
Un'altra fondamentale scelta espositiva da intraprendere, consiste nel proporre delle forme di **interazione** fra il visitatore ed il materiale presentato nel Museo, ponendo quest'ultimo in una posizione attiva e di protagonista della visita, quale premessa affinché egli possa acquisire nuove conoscenze, evitando che subisca passivamente la narrazione dell'itinerario.
L'interazione può essere ottenuta con un'esposizione aperta dei materiali, quando ciò è possibile, senza disattendere il fondamentale compito della loro corretta conservazione. Se si tratterà di presentare oggetti preziosi o deteriorabili, essi saranno disposti all'interno di teche opportunamente progettate, ma in altri casi si cercherà di permettere il contatto con gli oggetti e quando sarà possibile anche il loro utilizzo studiando per questo modalità appropriate.
Il visitatore dovrà poter accendere o spegnere alcune luci, azionare meccanismi opportunamente predisposti, far scorrere sipari o pannelli, così come occorrerà mantenere alta la sua attenzione variando la posizione di osservazione degli oggetti, dall'alto o dal basso, rendendo possibili soste ed accelerazioni oppure proponendo ambienti illuminati con intensità diverse.
Nel Museo in progettazione, prevale l'esigenza di spiegare e di insegnare piuttosto che quella di conservare oggetti e per questo è opportuna la presenza di modelli, ricostruzioni ed ambientazioni capaci di fornire informazioni ulteriori.
Infine un'altra caratteristica del percorso espositivo dovrà essere quella di stimolare il maggior **coinvolgimento** possibile del visitatore durante l'esperienza di conoscenza dei temi proposti dal Museo. Egli potrà attraversare le ambientazioni, farne parte e sentirsi all'interno dell'evento espositivo, potrà utilizzare altri sensi oltre che la vista, e quindi toccare gli oggetti, ascoltare la riproduzione di suoni significativi come il verso degli animali oppure sentire degli odori particolari da associare ad esmpio alle piante da cui provengono.
Non si vuole proporre una eccessiva spettacolarizzazione dei contenuti del Museo ma, come si è già detto, si vuole cercare di mantenere alta l'attenzione su di essi, utilizzando tutti gli espedienti adatti al caso e finalizzati all'apprendimento senza escludere il divertimento.
Il Museo non sarà di grandi dimensioni e la visita non risulterà di lunga durata, ma saranno possibili approfondimenti su temi specifici, mediante l'utilizzo di prodotti informatici, disponibili presso il laboratorio, consultando il materiale del centro di documentazione o assistendo ai filmati nello spazio appositamente realizzato.

CRITERI DI LETTURA DEL TERRITORIO DI CASTELPORZIANO

Per organizzare chiaramente un percorso espositivo è opportuno individuare un **tema descrittivo** di riferimento, che nel caso del Museo di Castelporziano, sarà finalizzato ad analizzare le componenti ambientali, naturalistiche e paesaggistiche dell'area, collegandole con i processi storici intervenuti sul territorio e con le trasformazioni apportate su di esso nel tempo dalla presenza dell'uomo.
A questo scopo è possibile proporre qui di seguito, ed analizzare sinteticamente, alcuni criteri di lettura del territorio della Tenuta da utilizzare come base di riferimento per la proposta museale.

1) Analisi degli ecosistemi

Gli ecosistemi sono le unità ecologiche strutturali e funzionali che comprendono gli organismi vegetali e animali che vivono in una determinata area e l'ambiente fisico con cui interagiscono.
La descrizione degli ecosistemi potrebbe essere effettuata attraverso un'ideale percorso del visitatore all'interno dell'area, partendo dalla costa e muovendosi verso l'interno, fino ad arrivare alle costruzioni delle prime propaggini della periferia romana che si trovano nei pressi del confine più a Nord della Tenuta.
Sarebbe possibile proporre anche reali itinerari all'interno della Tenuta, rappresentativi degli ecosistemi descritti ed effettivamente percorribili, favorendo così l'apprendimento con una esperienza diretta sul campo.

Un ulteriore approfondimento potrebbe essere costituito dall'analisi di alcuni micro-ambienti per ogni ecosistema scendendo di scala ed osservando alcune piccole realtà, come ad esempio la siepe, lo stagno, l'albero monumentale, i pendii, i ruderi archeologici o altro.
I principali ecosistemi individuati sono:

- l'ecosistema marino nell'area della Tenuta
- l'ecosistema costiero costituito dal litorale, le dune e la vegetazione pioniera
- la macchia mediterranea (alta e bassa)
- il bosco planiziale di querce miste caducifoglie e sempreverdi e la pineta di pino domestico
- le zone a pascolo e quelle coltivate
- le zone umide
- i fossi e i canali
- gli insediamenti antropici come il castello rinascimentale e le aree urbanizzate

Utilizzando adeguati sistemi espositivi, questo metodo di lettura permette di evidenziare la complessità delle interrelazioni fra gli organismi vegetali e animali e l'ambiente fisico in cui vivono. Permette altresì di indagare sull'uso che piante e animali fanno dei nuovi ambienti che l'uomo crea nella sua opera di trasformazione del territorio.

2) Analisi degli elementi naturali

Un altro criterio per leggere un territorio e per evidenziare i processi biologici che in esso si svolgono può essere quello di descrivere gli elementi naturali che lo costituiscono :

- l'aria, come miscuglio di gas composto da azoto, ossigeno ed altri elementi che costituiscono l'atmosfera
- l'acqua quale composto chimico presente in natura in grande quantità allo stato liquido, solido e di vapore (mare, fiumi, zone umide, canali,.....)
- la flora con i processi vitali a cui partecipa il mondo vegetale e quelli in virtù dei quali avviene lo sviluppo delle diverse parti di una pianta (fiori, frutti, ...)
- la fauna, come complesso di tutte le specie animali che vivono in un dato ambiente o in una data zona
- il suolo, come la parte superficiale della crosta terrestre che deriva dalla morfologia della roccia sottostante e dall'azione integrata nel tempo del clima, dell'erosione e delle trasformazioni dovute agli agenti esterni
- il sottosuolo : la roccia dalla quale si è originato il suolo
- l'uomo e l'insieme delle trasformazioni provocate dalla sua presenza.

Con questo metodo di lettura possono essere evidenziati soprattutto i processi chimici, fisici e biologici che interagiscono fra gli elementi che costituiscono l'ambiente, come ad esempio il ciclo dell'acqua quello delle sostanze organiche, il ciclo dell'azoto o la sintesi clorofilliana.
In questo caso l'area della Tenuta di Castelporziano rappresenterebbe il pretesto da cui partire per descrivere fenomeni che si sviluppano da sempre in ogni luogo della terra.

3) Individuazione delle forme di gestione delle risorse biologiche da parte dell'uomo

La lettura del territorio può essere prospettata anche attraverso l'analisi delle attività che l'uomo esercita al suo interno con particolare riguardo all'utilizzazione delle sue risorse biologiche.
L'origine del degrado che mette a rischio la sopravvivenza degli ambienti naturali infatti sta proprio nell'uso indiscriminato che l'uomo fa delle risorse biologiche disponibili, adottando uno stile di vita che induce ad un loro eccessivo sfruttamento.
All'interno di un'area protetta questo genere di lettura può risultare particolarmente interessante proprio perché i parchi naturali sono sorti con l'intento di preservare dal degrado luoghi di pregio ambientale con caratteristiche uniche e rappresentative di particolari habitat.
Le tematiche gestionali individuate sono:

- Utilizzo del bosco e aspetti selviculturali, (metodi di rimboschimento, taglio degli alberi, processi utilizzati per l'ottenimento di legname,.....)
- Gestione della fauna selvatica, caccia ed attività venatoria (evoluzione e sviluppo delle diverse tradizioni di caccia)
- Gestione del bestiame domestico, scelta delle specie più idonee all'ambiente, diverse forme di allevamento.

- Sfruttamento del suolo (cave per l'estrazione di materiali rocciosi, prelevamento di sabbie e ghiaie per usi industriali ed artigianali, ...)
- Gestione delle aree coltivate, scelta delle specie da coltivare, rotazione nell'uso delle superfici agrarie, etc.....
- Sfruttamento delle risorse idriche attraverso pozzi, acquedotti per l'approvvigionamento di acqua potabile e ad uso degli impianti civili, per lavorazioni industriali, mulini, impianti per la creazione di energia, canali per l'irrigazione dei campi coltivati, sorgenti, fontanili, etc.....

L'analisi critica della gestione delle risorse biologiche da parte dell'uomo può mettere in evidenza i comportamenti maggiormente distruttivi per l'ambiente e permettere di individuare nuove forme integrate di gestione ecocompatibili, recuperando eventualmente anche pratiche adottate nei secoli passati

4) La descrizione storica

L'analisi degli eventi storici avvenuti nell'arco dei secoli nella zona che oggi corrisponde al territorio della Tenuta di Castelporziano può aiutare a comprendere meglio il significato dei suoi luoghi e delle testimonianze sia archeologiche sia architettoniche in essa presenti.

L'indagine si può sviluppare partendo dallo studio dei tanti ritrovamenti archeologici effettuati all'interno dell'area, ricostruendo la vita che in essa si svolgeva nelle varie epoche storiche ed individuando le forme di utilizzazione e fruizione del territorio che si sono susseguite nel tempo proseguendo con l'analisi dei più documentati avvenimenti che hanno coinvolto la zona in epoca recente.

Nei punti individuati qui di seguito è possibile riassumere sinteticamente i principali eventi storici che si sono susseguiti nell'area:

- Età preistorica (in relazione anche ai ritrovamenti effettuati durante la costruzione della via Cristoforo Colombo)
- Età protostorica (sepolcreti nella zona Nord della Tenuta)
- Età romana (resti di nuclei residenziali lungo l'antica via Severiana in prossimità della costa, ville, strade, acquedotti)
- Età medioevale (la Tenuta diventa possedimento ecclesiastico e nel 1114 entra a far parte del monastero dei Benedettini Cluniacensi)
- Periodo rinascimentale (nel 1561 Papa Pio V affida la Tenuta alla Rev. Camera Apostolica e nel 1568 la Tenuta è acquistata dal barone fiorentino Agostino del Nero)
- Periodo risorgimentale (nel 1836 il signor Vincenzo Grazioli acquista la Tenuta dall'ultimo erede Del Nero e nel 1872 lo Stato Italiano acquista la Tenuta che diviene bene demaniale in dotazione alla Corona)
- XX secolo (nel 1948 viene confermata la destinazione della Tenuta a dotazione immobiliare del Capo dello Stato, nel 1978 viene introdotto il silenzio venatorio, nel 1989 viene ampliata la Tenuta con l'acquisizione dell'area di Capocotta e nel 1999 l'area entra a far parte del sistema delle aree protette)

L'analisi storica è l'indagine più spesso praticata nelle esposizioni museali perché di sicura efficacia ai fini della conoscenza di aree geografiche, di popoli, oggetti e reperti.

Nel caso in esame può risultare molto utile anche al fine di comprendere al meglio la reale vocazione dell'area della Tenuta, confrontando l'uso che attualmente se ne fa con quello che se ne faceva in passato, per capire se vi sono in essa potenzialità di qualunque genere oggi dimenticate.

5) Analisi del paesaggio e delle sue trasformazioni nel tempo

Un altro metodo di lettura per poter comprendere il territorio di Castelporziano può essere quello di analizzare il suo paesaggio e di individuarne le trasformazioni nel corso del tempo.

L'analisi della costituzione geomorfologica degli elementi caratterizzanti un territorio e la sua geografia possono permettere di riconoscere differenti **tipi** di paesaggio.

Tale lettura deve considerare che il paesaggio non è immutabile, ma si è trasformato nel corso del tempo e cambia tuttora nelle sue componenti naturali (variazione delle coste, forme dei rilievi modellate dall'erosione, quantità e qualità della vegetazione al variare delle stagioni, ...), e si modifica soprattutto nelle sue componenti antropiche (strade, costruzioni, colture,.....).

L'azione di modellamento poi è dovuta sia a forze endogene (terremoti, eruzioni vulcaniche,....) sia a forze esogene (climatiche, meteorologiche,.....), sia all'azione dell'uomo che trasforma il paesaggio da quando ha iniziato a sfruttare consapevolmente le risorse ambientali.

Lo sfruttamento più o meno aggressivo della natura ha quindi modellato il paesaggio ad esempio con il disboscamento di spazi forestali per gli allevamenti, con la bonifica dei terreni, introducendo nuove specie vegetali, fino alla costruzione di insediamenti umani e molti sono i segni che testimoniano i processi economici e culturali sviluppatisi nel tempo.
L'analisi del paesaggio può aiutare ad individuare le testimonianze degli eventi che si sono susseguiti su di un determinato territorio, ma soprattutto il rapporto dell'uomo con esso, verificando la compatibilità della sua presenza con la conservazione della natura.
Nel caso della Tenuta di Castelporziano si possono considerare alcune situazioni caratteristiche come ad esempio:

- l'antica linea della costa testimonia il cambiamento dell'erosione marina e della deposizione delle sabbie del fiume Tevere portate dalle correnti
- l'ubicazione delle ville romane in prossimità della costa testimonia l'uso del territorio in quell'epoca
- la posizione più interna del borgo rinascimentale testimonia un altro particolare rapporto dell'uomo con la natura
- i canali ricordano la bonifica effettuata in queste zone
- i sistemi di irrigazione delle coltivazioni condizionati dalla regimentazione delle acque superficiali
- le piante introdotte testimoniano processi economici un tempo molto importanti (ad esempio lo sfruttamento del pino domestico)
- le sistemazioni territoriali condizionate dalle particolari colture agricole
- l'introduzione di nuove specie forestali, come ad esempio l'eucaliptus, in seguito ai rimboschimenti successivi agli incendi
- la scomparsa di vaste zone umide provocata dal cambiamento del regime delle precipitazioni
- la scomparsa di piante sensibili all'azione degli inquinanti trasportati dai venti e la mutazione delle aree boscate
- la modificazione totale del paesaggio che da in alcune zone l'impressione del "tutto costruito" dovuta alla presenza diffusa dell'uomo che ha costruito strade, casali, linee elettriche e infrastrutture di vari genere.

La lettura d'insieme degli elementi paesaggistici, naturali ed antropici, guida nella percezione delle caratteristiche ambientali del territorio e delle sue modificazioni. I segni, i contorni, i colori individuano un paesaggio che pur non essendo incontaminato risulta a Castelporziano ancora di rara bellezza e con elevati indici di naturalità.

6) Interpretazione e lettura dei reperti naturali

Un altro criterio, per evidenziare le caratteristiche naturali di un territorio, è quello di presentare i reperti naturali disponibili, considerando anche i più semplici ed apparentemente banali perchè facili da raccogliere.
A Castelporziano esiste già una certa quantità di questo materiale, raccolto nel tempo, a titolo di studio, dalle persone che hanno operato nell'area, così come vi sono oggetti e documenti di varia natura già provvisoriamente esposti.
Questo materiale è costituito da:

- foto aeree e cartografia dell'area
- resti archeologici
- uccelli imbalsamati (allocco, barbagianni, falco pecchiaiolo, gufo reale, poiana, gheppio)
- mammiferi imbalsamati (tartarughe, cinghiali, volpi, tassi, daini)
- oggetti utilizzati per l'antica attività venatoria di interesse storico (corni da caccia, borracce, cinturoni) e per la cattura degli anomali (reti, gabbie)
- vari trofei di animali con teste imbalsamate di cinghiali, cervi, ed anche un elefante
- attrezzi utilizzati per il bracconaggio
- erbario (ginestra, ginepro, biancospino, mirto, lentisco, sughera, leccio, corbezzolo,.....)
- bacheche per la raccolta entomologica
- scheletri, crani, resti di animali
- rocce
- foglie legni e cortecce
- piume di uccelli, nidi, uova
- pelli, orme,....

I reperti nella maggior parte dei casi sono stati raccolti nella Tenuta e per quelli che provengono da altri luoghi può essere interessante spiegare come vi siano giunti, così come si potrebbero arricchire e completare le raccolte già esistenti per migliorare il quadro delle caratteristiche ambientali dell'area.

7) Analisi degli elementi salienti e particolari che caratterizzano il territorio
Alcuni territori possono essere caratterizzati da fenomeni molto particolari, addirittura unici tanto da giustificare l'istituzione di specifiche aree protette, quindi analizzare queste situazioni è la migliore chiave di lettura di quelle aree.
Per ciò che riguarda la Tenuta di Castelporziano è possibile ricordare che quest'area è potuta giungere fino ai nostri giorni praticamente integra per la caratteristica di essere stata considerata fin dall'epoca romana luogo per procacciarsi selvaggina, ed in seguito **riserva di caccia**.
Analizzare le particolarità con cui sono stati gestiti storicamente i territori destinati a questo scopo può rappresentare una ipotesi di lettura e di comprensione del suo territorio che è stato gestito e trasformato appositamente per mantenere importante l'aspetto venatorio.

8) Gli studi di ricerca compiuti nell'area come espressione delle sue problematiche
Il museo naturalistico può essere inteso anche come raccolta storica degli studi effettuati da scienziati, storici e specialisti nell'area. Proponendo i temi che sono stati oggetto di ricerca ed i relativi risultati è possibile rileggere le caratteristiche salienti dell'area e probabilmente indagare sulle problematiche gestionali che sono state la premessa degli studi stessi.
In questo senso il museo può essere considerato più estesamente come memoria dell'area protetta, ed anche centro di documentazione per coloro che sono interessati a proseguire ed approfondire tali studi, quali ricerche:

- faunistiche
- avifaunistiche
- entomologiche
- floristiche e botaniche
- fisico-chimiche sui suoli
- erpetologiche
- di monitoraggio ambientale

Partendo dai risultati delle ricerche effettuate, si possono evidenziare le problematiche ambientali e gli aspetti gestionali della Tenuta così come le sue principali caratteristiche ambientali.
Il museo potrebbe divenire un luogo dove ospitare gli studiosi che operano sugli stessi temi e dove favorire il confronto delle loro esperienze di studio in una struttura flessibile e aperta ad eventuali integrazioni successive.

9) Percorso ideale del visitatore secondo una sezione territoriale
Infine il museo potrebbe essere anche inteso come un ideale percorso che un ipotetico visitatore effettua all'interno della Tenuta di Castelporziano finalizzato soprattutto alla conoscenza delle sue caratteristiche naturali.
Il percorso si dovrebbe sviluppare come segue :

- dall'ambiente marino, alla zona sabbiosa della riva e delle dune
- dalla macchia mediterranea al bosco e alla pineta
- dai pascoli ai coltivi
- fino alle zone più direttamente utilizzate dall'uomo.

Questo metodo descrittivo è molto semplice ma completo e rappresentativo delle caratteristiche del territorio e potrebbe proporre itinerari effettivamente percorribili dal visitatore all'interno della Tenuta. Inoltre permette di leggere ogni luogo nel modo più appropriato e adatto per farne comprendere le maggiori peculiarità.

LA SCELTA DEI CRITERI DI LETTURA DEL TERRITORIO

A questo punto si pone il problema di scegliere i criteri di lettura del territorio più idonei al fra tutti quelli elencati.
Per un migliore orientamento in questa delicata fase, è possibile proporre uno schema che metta visivamente in relazione le finalità proposte in questo museo, con le ipotesi di lettura del territorio

individuate. In questo modo è possibile verificare direttamente l'efficacia dei temi proposti e tirare poi le somme delle valutazioni effettuate.
Le tre ipotesi di lettura del territorio che hanno raggiunto la valutazione massima di 10, che più si adattano alle finalità da raggiungere nel caso del Museo Naturalistico di Castelporziano, sono le seguenti in ordine di importanza (fig.2):
1) lo studio della **gestione** delle risorse biologiche da parte dell'uomo,
2) l'individuazione degli **ecosistemi**,
3) l'analisi del **paesaggio** e le sue trasformazioni.
Questa scelta naturalmente risente dell'interesse che tali temi attualmente rivestono nel più generale dibattito sulla salvaguardia ambientale e del contesto culturale in cui il museo viene ideato e non può essere considerata completamente oggettiva, ma ciò è logico ed inevitabile.
I temi individuati costituiranno da ora in poi il riferimento indispensabile per orientare la prosecuzione della ricerca, anche se nulla impedirà di affrontare altri argomenti per definire al meglio il quadro descrittivo della Riserva Naturale di Castelporziano.
La scelta effettuata poi, orienterà gli indispensabili studi che si dovranno programmare, e sarà di riferimento per organizzare e raccogliere tutto il materiale già elaborato in passato a proposito della Tenuta di Castelporziano in modo che possa essere convogliato nella proposta museale.

IL PERCORSO ESPOSITIVO DEL MUSEO NATURALISTICO DI CASTELPORZIANO

La progettazione può iniziare partendo dall'individuazione delle **sezioni** principali del percorso ed eventualmente delle **sottosezioni** attraverso le quali si intende articolare l'esposizione considerandole un po' come i capitoli di una narrazione.
In riferimento ai tre criteri di lettura del territorio individuati precedentemente, questa proposta sceglie la gestione da parte dell'uomo delle risorse biologiche come tema principale, per riflettere con attenzione sugli attuali e passati comportamenti umani nei confronti della natura.
L'analisi degli ecosistemi e l'osservazione della qualità del paesaggio affiancheranno il tema principale per cogliere e descrivere gli eventuali squilibri e le modificazioni intervenuti nel tempo.
Ciò premesso, le sezioni del percorso del Museo Naturalistico potrebbero essere le seguenti :
Sezione n.1 : **inquadramento generale**: geografia, storia, ambiente, amministrazione.
Sezione n.2 : **il mare**
sottosezioni: a) la gestione delle risorse marine: la pesca e la navigazione,
b) l'ecosistema marino, il litorale sabbioso, l'ecosistema dunale,
c) il paesaggio marino e le sue modificazioni.
Sezione n.3 : **le risorse idriche di acqua dolce**
sottosezioni: a) l'uomo e la gestione delle risorse idriche: le sorgenti, i fontanili, i pozzi, gli acquedotti, i canali per l'irrigazione, i fossi di bonifica,
b) l'ecosistema degli ambienti palustri, l'ecosistema di canali e fossi,
c) il paesaggio delle zone umide.
Sezione n.4 : **il bosco**
sottosezioni: a) l'uomo e il bosco: gli aspetti selvicolturali, le forme di gestione, i tagli boschivi, la produzione del carbone, l'uso delle risorse forestali e dei frutti, i rimboschimenti,
b) l'ecosistema boschivo, la macchia mediterranea,
c) il paesaggio forestale: i colori, le forme, le altezze, le modificazioni determinate dai rimboschimenti e dagli incendi.
Sezione n.5 : **la fauna selvatica**
sottosezioni: a) l'attività venatoria, lo sviluppo delle tradizioni di caccia, la gestione faunistica,
b) la fauna negli ecosistemi naturali,
c) la fauna come elemento del paesaggio.
Sezione n.6 : **le aree coltivate**
sottosezioni: a) l'uso delle superfici agrarie, la scelta delle specie coltivate,
b) l'ecosistema dei coltivi
c) il paesaggio modellato dal disegno dei campi coltivati.
Sezione n.7 : **gli animali da allevamento**
sottosezioni: a) la gestione del bestiame d'allevamento, scelta delle specie, diverse forme di allevamento,
b) l'ecosistema dei pascoli
c) il paesaggio delle zone destinate al pascolo.

Sezione n.8: **l'impatto antropico**
sottosezioni: a) gli effetti dell'inquinamento sull'aria, sull'acqua e sul suolo,
b) l'urbanizzazione e lo sfruttamento del territorio,
c) il paesaggio rurale.
Ognuna di queste sezioni naturalmente, deve essere sviluppata partendo dallo svolgimento preliminare di adeguati studi specialistici tesi a focalizzare accuratamente i contenuti che si intendono proporre per poi passare ad individuare più precisamente i metodi espositivi attraverso i quali comunicarli.

GLI ITINERARI DI VISITA E LE SEZIONI DEL MUSEO

Per ottenere la miglior fruibilità possibile del percorso espositivo, è stato già detto in precedenza che una delle sue caratteristiche principali deve essere la flessibilità, raggiungibile attraverso la predisposizione dei seguenti diversi **itinerari di visita**:

- un itinerario sintetico,
- un itinerario complessivo,
- un itinerario per bambini,
- tre itinerari tematici.

Il primo **itinerario sintetico**, propone i temi più significativi del percorso, utilizzando metodi espositivi semplici ed efficaci, tali da non impegnare eccessivamente i più frettolosi. Il visitatore però, deve essere stimolato a ritornare sul posto per una visita più approfondita, attraversando gli stessi ambienti che ospitano gli altri itinerari e ottenendo visuali ed accenni capaci di incuriosirlo.
L'**itinerario complessivo** è quello che prevede la visita di tutte le sezioni e le sottosezioni istituite, ed è destinato principalmente a coloro i quali, spinti anche solo da semplice curiosità, intendono farsi guidare all'interno del percorso espositivo e delle tematiche che esso affronta. Si presume soprattutto di avere a che fare con un visitatore disponibile e quindi maggiormente predisposto ad accostarsi a strumenti espositivi innovativi, che prevedano la sua partecipazione. E' qui che si può proporre un'esposizione aperta dei materiali, con la possibilità di osservarli e di toccarli. Si possono allestire ricostruzioni da attraversare, modelli da illuminare o mettere in funzione, oppure suoni da ascoltare e odori da sentire, insomma tutto ciò che si ritiene opportuno per stimolare la conoscenza e l'apprendimento.
L'**itinerario per i bambini** è rivolto in particolare agli alunni delle scuola elementare, perché soprattutto per loro è necessario utilizzare un linguaggio di comunicazione semplice, diverso da quello degli adulti. In sostanza affronta tutte le tematiche principali dell'intero percorso espositivo, ma utilizza strumenti diversi, capaci di fornire agli insegnanti ed agli accompagnatori spunti interpretativi appositamente studiati per i più giovani. Si vuole soprattutto mettere in relazione le tematiche ambientali con il mondo della vita dei bambini, proponendo loro illustrazioni graficamente più semplici, stimolandoli ad assimilare nuove informazione con brevi giochi e facili domande che li aiutino a focalizzare concetti e problematiche riguardanti la natura.
Gli **itinerari tematici** sono tre, e riguardano i temi previsti per le sottosezioni che sono, come è già stato detto, la gestione delle risorse biologiche da parte dell'uomo, l'analisi degli ecosistemi e l'analisi del paesaggio. Devono essere organizzati in modo che il visitatore possa approfondire gli argomenti che più lo interessano, utilizzando anche gli strumenti più sofisticati e soprattutto ricevendo spunti significativi per ulteriori ricerche da svolgere anche presso i laboratori ed il centro di documentazione. La caratteristica principale di questi itinerari deve essere la possibilità di percorrerli anche indipendentemente dagli altri, così come potrebbe fare un visitatore in una visita successiva a quella di prima conoscenza del Museo.
Tutti gli itinerari devono comunque risultare sempre correttamente impostati dal punto di vista dell'informazione scientifica e adatti agli osservatori più attenti e specializzati.
La flessibilità del percorso espositivo, deve essere resa possibile attraverso un adeguato **orientamento del visitatore**, studiando dei sistemi efficaci, che ad esempio facciano un uso attento dei colori per differenziare le diverse zone, come si è accennato già precedentemente.
Un **colore diverso per ogni itinerario** potrebbe rendere più semplice la sua individuazione, ad esempio azzurro per l'itinerario sintetico, verde per le zone dedicate ai bambini, rosso per gli itinerari tematici, e questi ultimi potrebbero essere poi ulteriormente contraddistinti da simboli rappresentativi specifici per ogni argomento trattato (fig. 3).

I richiami cromatici possono riguardare i supporti dei pannelli espositivi, ma anche quinte, fondali, pareti e luci; il risultato sperato è che il visitatore riconosca facilmente l'argomento di cui si occupa ogni zona del percorso.
Sarà opportuno che vi siano anche continui e congruenti richiami su tutti i supporti informativi messi a disposizione, come guide, opuscoli, cataloghi, che contribuiscano ulteriormente a rendere semplice ed agevole la visita.
Per evitare spiacevoli disorientamenti e per ottenere quindi un percorso espositivo effettivamente flessibile e facile da visitare, lo studio della segnaletica deve individuare soluzioni progettuali accurate, che organizzino le sezioni ad in modo che abbiano una loro precisa logica interna e che siano anche coerenti con i diversi itinerari proposti.
Ogni sezione deve essere composta da una zona introduttiva che coincide con una tappa dell'itinerario sintetico, da una zona dedicata all'itinerario dei bambini e da tre zone dedicate alle sottosezioni proposte, che costituiscono anche le tappe dei tre diversi percorsi tematici.
L'inizio di ogni sezione deve essere caratterizzato da un elemento facilmente riconoscibile e ripetibile per tutte le diverse sezioni. Questa è una delle indicazioni segnaletiche più importanti all'interno del percorso, su cui va indicato il titolo della sezione, vanno elencati i temi delle sottosezioni e va riportato un breve testo descrittivo ed introduttivo ai vari argomenti trattati.
A titolo esemplificativo, e per avere un'idea formale, si possono schematizzare due elementi che potrebbero svolgere questa funzione in modo adeguato. Il primo costituito da un pannello verticale che si sviluppa dal pavimento fino al soffitto, adatto nel caso di spazi espositivi di grandi dimensioni (fig.4), il secondo costituito da una colonna alta circa 2 metri più adatta per piccoli ambienti (fig.5).
Fra i tanti possibili espedienti utilizzabili per stimolare la partecipazione e l'interazione dei visitatori con le strutture del percorso, vi è ad esempio il modo di esporre la cartografia, riproducendo alcune piante tematiche su supporti trasparenti, scorrevoli, che si possono sovrapporre a quella di base (fig.6). Sono da prevedere bacheche e contenitori, trasparenti e non, apribili con semplici meccanismi, per osservare e toccare gli oggetti, ed infine pannelli, anch'essi scorrevoli, da sistemare dietro ad una quinta fissa, con approfondimenti consultabili solo dai più interessati (fig.7).
Le caratteristiche generali delle sezioni sono state analizzate senza scendere in quei particolari che si potrebbero studiare solo partendo dai temi precisi del percorso e che costituirebbero il vero e proprio progetto esecutivo dell'allestimento.

CONCLUSIONI

L'istituzione di un Museo Naturalistico rappresenta un'operazione progettuale piuttosto elaborata, sia dal punto di vista della scelta dei contenuti che si intendono proporre, sia dal punto di vista dei metodi espositivi e di comunicazione da utilizzare.
Una buona riuscita del risultato finale si può ottenere solo se ogni fase progettuale viene affrontata con rigore scientifico progettuale, ricordando che i problemi più complicati difficilmente possono trovare soluzione quando la struttura è già operante.
E' opportuno prevedere la partecipazione di specialisti con diverse competenze, che verifichino costantemente il progetto sotto diversi punti di vista, affinché ogni aspetto sia affrontato nel modo più corretto, anche in occasione di opere di modeste dimensioni come quella in esame.
Per verificare la validità della strategia operativa proposta e del sistema prefigurato, può risultare molto utile l'allestimento di **mostre temporanee** che precedano l'istituzione vera e propria del Museo Naturalistico. Attraverso queste mostre, si possono avere ulteriori spunti progettuali provenienti da un'esperienza sul campo, e si possono presentare gli studi effettuati e le scelte intraprese nelle fasi intermedie della progettazione. Nella presente trattazione, è stata sempre considerata l'istituzione di una struttura permanente, pur senza avere spazi di riferimenti precisi, ma molti dei criteri utilizzati possono essere applicati anche per l'organizzazione di mostre temporanee.
Tali mostre temporanee potrebbero anche essere itineranti, cioè potrebbero essere presentate in luoghi sempre diversi, e caratterizzate da pochi elementi modulari e ripetitivi, sistemabili in ogni genere di contesto. Si potrebbe così suscitare interesse ed attesa sull'evento della costituzione di questo nuovo Museo e garantire fin dall'inizio un adeguato numero di visitatori.
Non resta altro che augurare la effettiva istituzione del Museo Naturalistico di Castelporziano, nella convinzione che una tale struttura non può che rappresentare un contributo importante per l'educazione al rispetto ed alla conoscenza della natura.

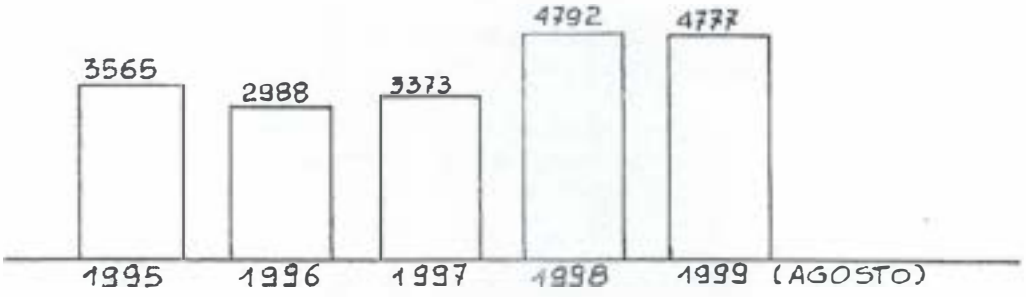


Figura 1 - Andamento dei visitatori all'interno della Tenuta di Castelporziano

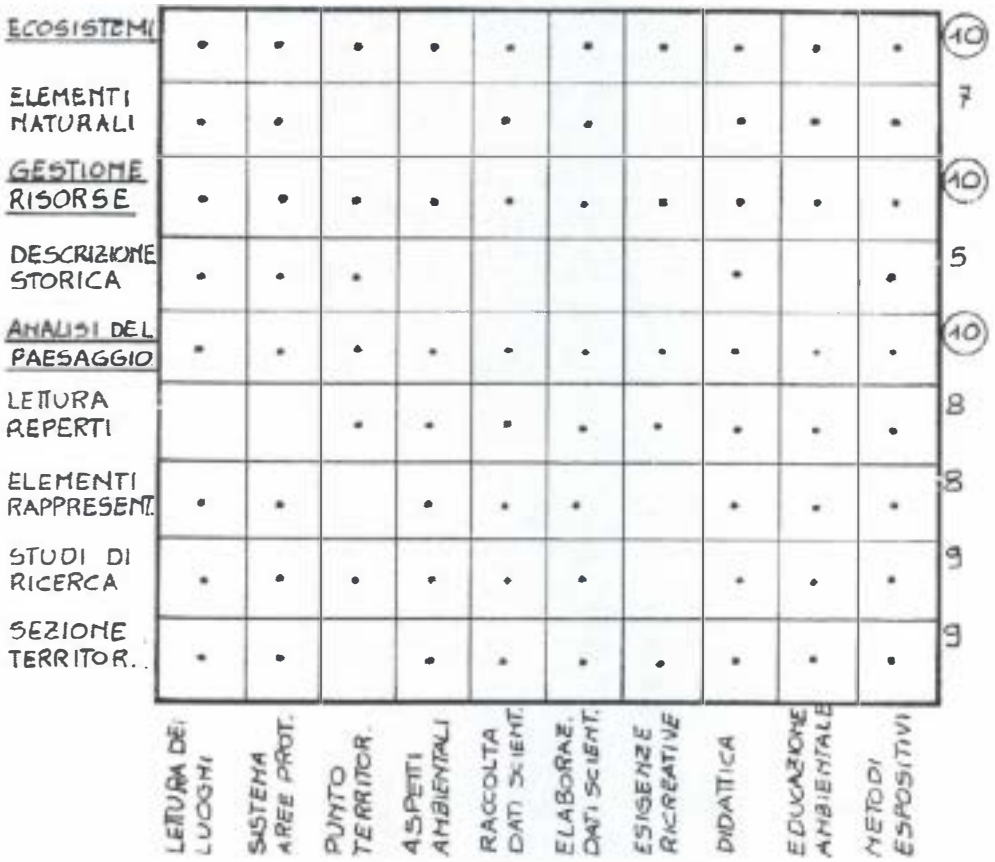


Figura 2 - Schema che evidenzia il rapporto tra le ipotesi di lettura e le finalità del Museo Naturalistico di Castelporziano

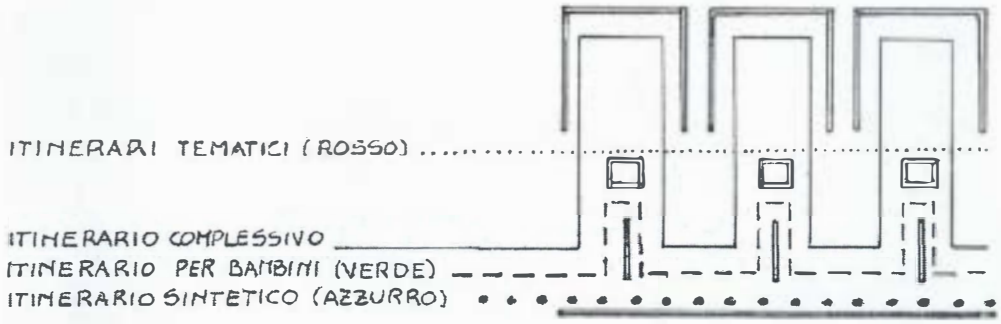


Figura 3 - Gli itinerari di visita

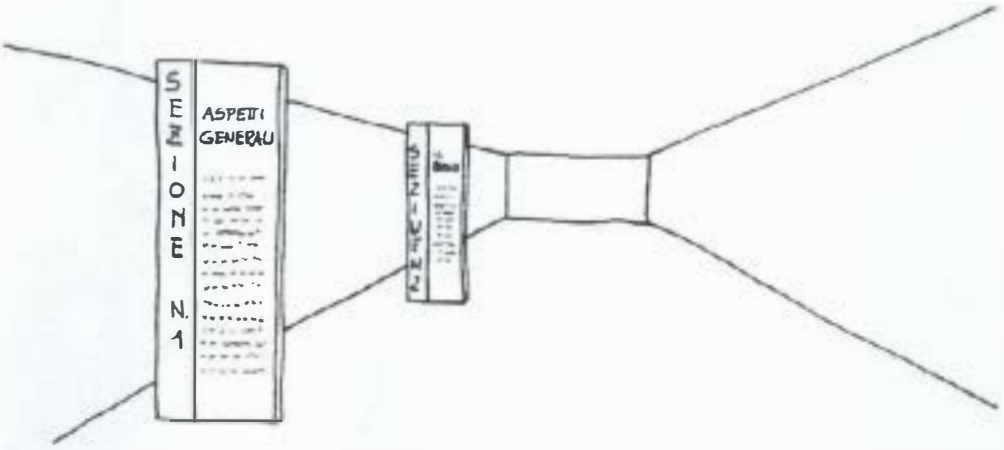


Figura 4 - Elemento visivo indicante l'inizio di una sezione espositiva

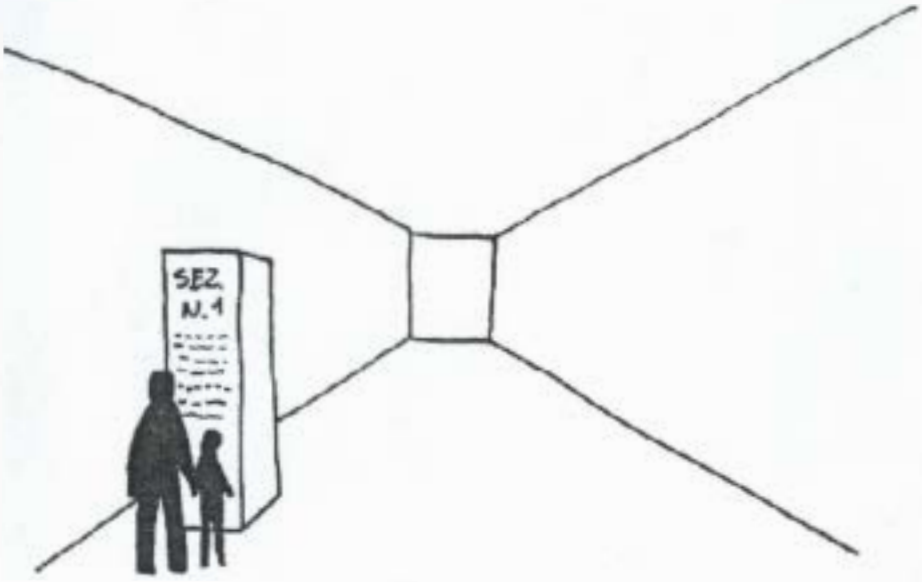


Figura 5 - Elemento visivo indicante l'inizio di una sezione espositiva

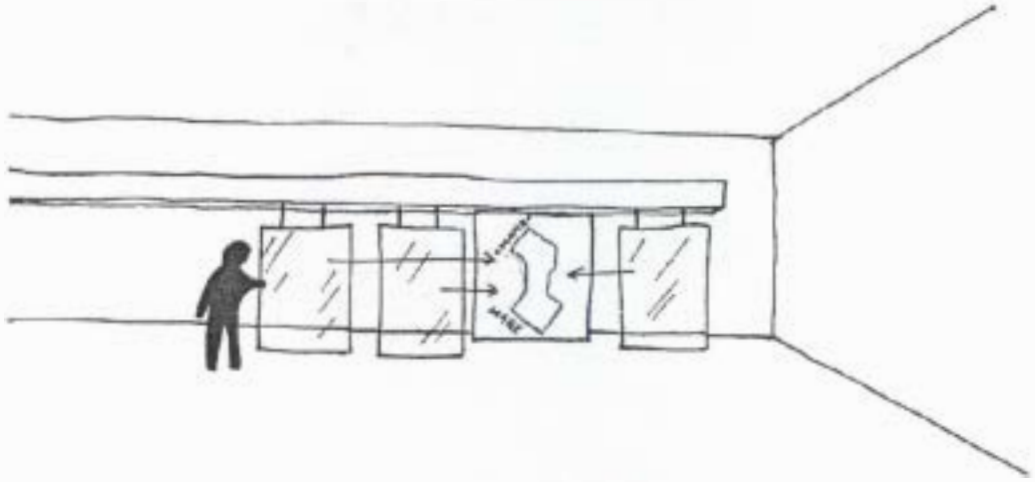


Figura 6 - Pannelli scorrevoli trasparenti sovrapponibili

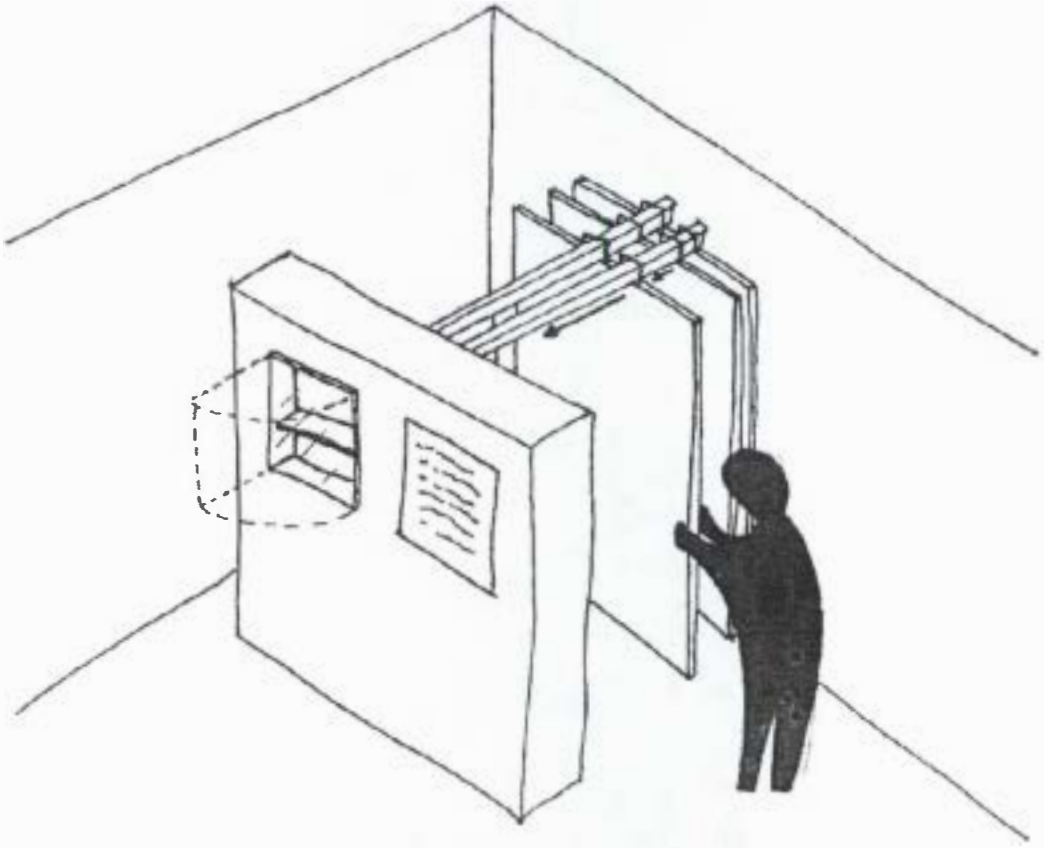


Figura 7 - Bacheche apribili e pannelli consultabili per gli approfondimenti

GRUPPO DI LAVORO	**IMPATTO ANTROPICO**
TITOLO DELLA RICERCA	Descrizione Sintetica dei Dati Relativi al Tratto di Mare Antistante la Tenuta di Castelporziano
RESPONSABILE	Dott. Ing. A. Tinelli
UNITA' OPERATIVA	ENEA - C.R. Casaccia - Roma
PARTECIPANTI ALLA RICERCA	E. Gini

INTRODUZIONE

Scopo del presente lavoro è quello di fornire un quadro generale della situazione relativa allo stato delle acque della porzione di mare antistante la Tenuta di Castelporziano.
Per valutare la qualità delle acque marine in quest'area, è stato possibile avvalersi di dati preesistenti raccolti in diverse campagne di monitoraggio effettuate nell'anno 1990 da differenti Enti con diverse competenze che hanno peraltro raccolto dati con finalità difficilmente comparabili.
Da tali studi sono stati estratti solo i dati relativi alle stazioni di prelievo antistanti la costa della Tenuta considerando anche punti di campionamento appena fuori i confini dell'area marina di nostro interesse sia in direzione Nord che Sud. E' stato inoltre preso in considerazione uno studio eseguito dal CNR presso la foce del fiume Tevere essendo il corpo idrico che maggiormente rappresenta la principale sorgente di potenziale inquinamento in quest'area. E' opportuno sottolineare che, nonostante approfondite ricerche, non sono stati trovati studi sistematici coordinati sull'area di nostro interesse, tranne quelli citati, che peraltro forniscono per alcuni parametri informazioni incomplete.

Cenni di presentazione sulla Tenuta di Castelporziano

La Tenuta di Castelporziano, che a partire dal giugno 1999 è stata dichiarata Riserva Naturale Statale, si estende alla periferia occidentale di Roma a circa venti chilometri dalla capitale.
Presenta confini ben definiti e per gran parte del suo perimetro è delimitata da un muro di cinta e da una rete metallica, eccetto che per un tratto in cui la costa funge da confine naturale con un sistema dunale di elevata valenza ecologica.
Le formazioni dunose della fascia costiera sono scarsamente elevate (dune recenti), intervallate a zone più basse (lame), mentre le rimanenti (dune antiche) appaiono più movimentate.
L'intero territorio comprendente la Tenuta di Castelporziano è stato sottoposto a vincolo sulle bellezze naturali ai sensi della legge 20 giugno 1939 N° 1497, con decreto in data 21/10/1954 del Ministero per la Marina Mercantile.
L'ulteriore ampliamento del vincolo è stato imposto con D.M. 22 maggio 1985 e con legge 8 agosto 1985 N° 431, mentre indicazioni sugli interventi sono inclusi nelle Direttive CEE del 27 giugno 1985.
La superficie complessiva della Tenuta risulta essere di circa 6000 ettari, ricoperti in prevalenza da boschi (85,6%) costituiti da querceto e bosco misto di latifoglie.
Un sistema di canali attraversa la Tenuta, tra cui il più importante è il così detto "canale Palocco", gestito dal Consorzio di Bonifica di Ostia e Maccarese i cui argini sono stati cementati.

MATERIALI E METODI

Nell'organizzazione del presente lavoro una fase cospicua è stata impiegata per raccogliere dati da materiale preesistente.
Essendo il tratto di mare oggetto della nostra indagine quello antistante la Tenuta di Castelporziano, si è proceduto realizzando, in base alle coordinate geografiche dei punti di confine della Tenuta, una rappresentazione cartografica della stessa e con essa è stato indicato un tratto di costa esteso oltre i suoi confini: verso Nord, fino alla foce del fiume Tevere, verso Sud oltre il centro di Torvaianica.
Sempre in base alle coordinate geografiche sono stati individuati tutti i punti di monitoraggio compresi in questo tratto di costa.
Dei diversi parametri rilevati nelle campagne di monitoraggio, sono stati considerati solo alcuni come maggiormente rappresentativi per gli scopi del presente lavoro e su questi si è proceduto alla raccolta ed

alla elaborazione dei relativi dati per rappresentare gli stessi in forma di isolinee su base cartografica al fine di averne una immediata lettura.
I dati elaborati sono quelli relativi a:

- pH (Fig. 1),
- ossigeno disciolto (Fig. 2),
- clorofilla (Fig. 3),
- temperatura delle acque (Fig. 4).

Sono stati considerati i dati contenuti in uno studio compiuto alla foce del Tevere, in cui sono stati rilevati parametri diversi dai precedenti. Si tratta infatti di stazioni di campionamento per:

- saggi algali,
- stima delle biomasse microbiche,
- studio della contaminazione da batteri di origine terrestre,
- controllo della qualità delle acque,
- indagini microbiologiche e chimiche dei sedimenti,
- rilevamento della quantità di clorofilla presente,
- monitoraggio del pH.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Qui di seguito vengono descritti in breve i risultati più salienti dello studio svolto dal CNR alla foce del fiume Tevere.

Stazioni di campionamento per il controllo della qualità delle acque

Le acque del fiume Tevere rappresentano il 20% della quantità totale di acque dolci che si riversano sul Mar Tirreno. L'acqua dolce del fiume sfocia in mare formando uno strato superficiale avente la forma di due pennacchi o "plumes". Nel tratto iniziale dei pennacchi è presente una zona di turbolenza.
Nella prima zona i pennacchi si mostrano piuttosto compatti e presentano uno spessore variabile da 1-2 m al di sotto della superficie. I valori di temperatura e salinità sono considerevolmente diversi rispetto a quelli delle acque prossime alle plume.
Le correnti superficiali locali, che hanno direzione SE-NW, non sembrano influenzare fortemente la direzione del flusso dei due pennacchi che continuano a procedere nella stessa direzione dell'asse del fiume per circa tre miglia marine. I venti superficiali influenzano direttamente il movimento e la dispersione dei pennacchi.
La zona costiera prospiciente la foce del Tevere, entro cui sono state condotte le indagini, è quella compresa entro circa 8 miglia dalla costa.
Nel corso dell'indagine sono state effettuate 39 campagne di prelievo di campioni superficiali, con frequenza quindicinale dal gennaio '76 all'aprile '77 e stagionale dall'aprile '77 al settembre'79.

Stazioni di campionamento per saggi algali

Nel periodo di indagine non è stato osservato alcun fenomeno esteso di eutrofizzazione, ma soltanto sporadiche e localizzate fioriture algali transitorie. Sono state censite 90 specie di alghe fra le quali il gruppo risultato maggiormente presente è quello delle diatomee.
Gli elevati livelli trofici conseguenti all'immissione delle acque del fiume, danno alla zona una elevata potenzialità per lo sviluppo di popolazioni fitoplanctoniche poco strutturate.
Le comunità planctoniche osservate hanno nel complesso le caratteristiche proprie delle comunità costiere, essendo adatte a temperature piuttosto elevate e a ridotti livelli di salinità.
E' stata inoltre osservata una sensibile diminuzione nella frequenza degli organismi eterozigoti nella zona maggiormente sottoposta a carico inquinante.

Stazioni di campionamento per lo studio di batteri di origine terrestre

E' stato riscontrato un elevato grado di contaminazione del fiume nel suo strato terminale. I valori più elevati sono stati rilevati durante il periodo invernale in cui la portata del fiume è all'incirca il doppio della portata media annua. Valori minori si hanno in estate per la ridotta portata del fiume in questo periodo e per l'aumento della radiazione solare il cui ruolo nella cinetica di scomparsa batterica risulta di fondamentale importanza.
I microrganismi scompaiono rapidamente al passaggio delle acque fluviali in quelle marine e dall'analisi dei risultati ottenuti si evince che la carica batterica di origine fluviale viene neutralizzata entro un raggio di circa 3 miglia dalla foce per l'elevata diluizione iniziale delle acque dolci da parte di quelle marine.

Stazioni di campionamento per le indagini microbiologiche e chimiche nei sedimenti

La quantità di nutrienti disciolti a mare dal fiume Tevere, stimata in circa 1700, 23000 e 38000 tonnellate/anno rispettivamente di fosforo ($P\text{-}PO_4$), silicio (SiO_2) e azoto totale inorganico (N-Ntot), si distribuisce nelle acque costiere superficiali in modo inversamente proporzionale all'andamento della salinità.

Le stazioni di monitoraggio più lontane dalla plume del Tevere, presentano valori medi annuali più bassi. Tali valori rientrano pienamente nell'intervallo di concentrazione tipico delle acque oligotrofiche del Mediterraneo. Per quanto riguarda i valori rilevati dalle stazioni più sottocosta, essendo questi più elevati, documentano una influenza del fiume più marcata.

In questi punti i livelli di fosforo ed azoto totale inorganico stanno ad indicare una situazione tendente all'eutrofizzazione. Anche i sedimenti sottostanti di quest'area mostrano i massimi valori di nutrienti sia in forma organica (carbonio e fosforo) che in forma inorganica (ammoniaca e silicati).

Nei periodi di maggiore produttività biologica (primavera ed autunno), in alcune stazioni sono stati riscontrati livelli di azoto totale inorganico al di sotto dei limiti di sensibilità, mentre non è mai stato trovato un analogo esaurimento di fosforo.

Per quanto attiene ai metalli cadmio (Cd) e mercurio (Hg), che risultano essere gli elementi a carico dei quali sono state registrate le maggiori deviazioni rispetto ai valori naturali, hanno, nell'area posta nelle immediate vicinanze delle due foci, valori all'incirca doppi rispetto a quelli riscontrati nella zona costiera più distante.

Il mercurio (Hg), tende ad accumularsi nei sedimenti delle zone poste a maggiore distanza dalla foce dove presenta concentrazioni superiori ad 1mg/Kg.

Per quanto riguarda il fosforo (P), si è potuto constatare che mentre il fosforo totale mostra un comportamento conservativo, al pari dell'azoto totale inorganico, il fosforo inorganico solubile ed il fosforo totale solubile, mostrano una deviazione positiva rispetto alla linea di diluizione teorica.

La salinità mostra livelli medi piuttosto elevati.

Alte concentrazioni di sostanze nutritive e bassi valori di salinità interessano unicamente lo strato superficiale.

I sali di azoto e fosforo si ritrovano generalmente in concentrazioni basse e tali da poter essere completamente utilizzati dalla biomassa vegetale.

Stazioni di monitoraggio per la clorofilla e l'ATP

La clorofilla "a", utilizzata per la valutazione della biomassa autotrofa, mostra dei valori elevati nel tratto terminale del Tevere (valore medio circa 13 mg/m^3).

Nell'area marina prossima alla foce questi valori diminuiscono raggiungendo una concentrazione media di circa 4 mg/m^3.

I valori più elevati sono stati riscontrati nei periodi tardo primaverili e tardo estivi. I valori più elevati di clorofilla trovati alla foce possono essere attribuiti sia al trasporto dei detriti vegetali provenienti dalle regioni agricole circostanti sia alla presenza di fitoplancton di origine fluviale.

Allontanandosi dalla foce, dopo una prima zona in cui le condizioni sono intermedie tra quelle tipiche di un ambiente di acqua dolce e quelle di un ambiente marino, si viene a creare una situazione favorevole alla crescita di popolazioni fitoplanctoniche marine.

L'esame dei valori massimi ottenuti ha mostrato solo occasionalmente, ed in aree limitate, valori di clorofilla superiori ai 10 mg/m^3, considerato come il limite inferiore per l'instaurarsi di condizioni di eutrofizzazione nelle zone costiere mediterranee.

L'analisi dei valori medi per singole stazioni rivela l'esistenza di zone a differente trofia.

Si può distinguere una zona con valori medi di trasparenza intorno ai 3 m, cui corrispondono valori medi di clorofilla intorno ai 4 mg/m^3; una seconda zona con valori di trasparenza compresi tra 4 e 12 m con valori medi di clorofilla intorno ai 2,5 mg/m^3 ed infine una terza zona a bassa trofia con valori di trasparenza maggiori di 12 m e valori medi di clorofilla di circa 0,5 mg $/m^3$.

La distribuzione spaziale dei valori medi dell'ATP permette di delineare la zona di diretta influenza fluviale sulle strutture microbiologiche.

Valori medi di ATP inferiori a 0,25 mg/m^3 sono da considerarsi caratteristici di acque marine costiere non influenzate da apporti antropici. Si piò pertanto ritenere che la zona esterna alla curva indicante caratterizzazioni di ATP uguali a 0,25 mg/m^3 possa considerarsi tipica delle acque costiere mediterranee oligotrofiche .

Gli andamenti spaziali e temporali (variabilità stagionale) dell'ATP, sono risultati in stretta correlazioni con le variazioni del contenuto di clorofilla.

Nella maggior parte delle stazioni di prelievo sono stati registrati valori di clorofilla "a" totale superiori ai valori medi annui, ma costituiti in prevalenza di clorofilla inattiva (feofitina). E' stata perciò ipotizzata una situazione successiva ad una fioritura algale in cui ad un esaurimento dei nutrienti fosse associata la presenza di sostanza organica in decadimento, con netta prevalenza della componente eterotrofica nella biomassa microbica.
La stima dell'ATP ha permesso di confermare l'ipotesi fatta e di evidenziare una situazione tipica che spesso si verifica in un corpo idrico interessato da un fenomeno di fioritura algale, in condizione di senescenza determinata da una forte limitazione dei nutrienti.

CONCLUSIONI

I dati ricavati dallo studio del Ministero Marina Mercantile portano alle seguenti conclusioni: i pochi dati rinvenuti relativamente al tratto di mare antistante la Tenuta, danno informazioni discontinue che rendono impossibile una comparazione tra i valori rilevati nelle diverse campagne di monitoraggio.
L'unico parametro utile per una valutazione della qualità delle acque è quello della clorofilla "a", che peraltro risulta espressa in una unità di misura non convenzionale che è la percentuale (%); tali dati numerici espressi in percentuale, relativi a misurazioni a cui non viene data una collocazione temporale, sono stati comunque elaborati al fine di ottenere una rappresentazione cartografica. Questa risulta essere un'immagine speculare di ciò che ragionevolmente era opportuno prevedere; infatti i valori di clorofilla più bassi risultano in corrispondenza della foce del fiume Tevere, mentre quelli più elevatisi riscontrano verso il largo.
E' importante sottolineare che la Legge 394 del 1991 al suo art. 36, individua come Riserva Marina il tratto di costa antistante la Riserva Naturale di Castelporziano. Infatti nella zona delle secche di Tor Paterno, è stata segnalata la presenza della poseidonia, importante pianta di fondale considerata un ottimo indicatore biologico dello stato di salute delle acque marine.
Vista la riconosciuta importanza di questo tratto di mare, sarebbe opportuno promuovere studi e ricerche approfondite al fine di ottenere notizie coordinate per avviare un serio monitoraggio ambientale e quindi attivare un controllo permanente in quest'area al fine di impedire pratiche come la pesca a strascico e la raccolta di molluschi bivalvi, che grave danno arrecano all'equilibrio biologico di quest'ambiente marino.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Dott. Giulio Izzo dell'ENEA "Casaccia" che mi ha aiutato nella fase compilativa del lavoro, il Dott. Maurizio Bucci, oltre al suo collega Dott. Marcello Grillini, che con grande dedizione mi hanno supportato nell'elaborazione dei dati facendo sì che fosse possibile realizzare una rappresentazione cartografica degli stessi.

BIBLIOGRAFIA

[1] Collana quaderni Istituto delle Acque CNR. Quaderno n. 27 del 1978. "Indagine sull'inquinamento del fiume Tevere".
[2] Ministero della Mnarina Mercantile. Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare. Centro operativo periferico di Napoli. "Lo stato del mare, monitoraggio 1990".
[3] Regione Lazio. Convenzione con l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". "Rapporto".

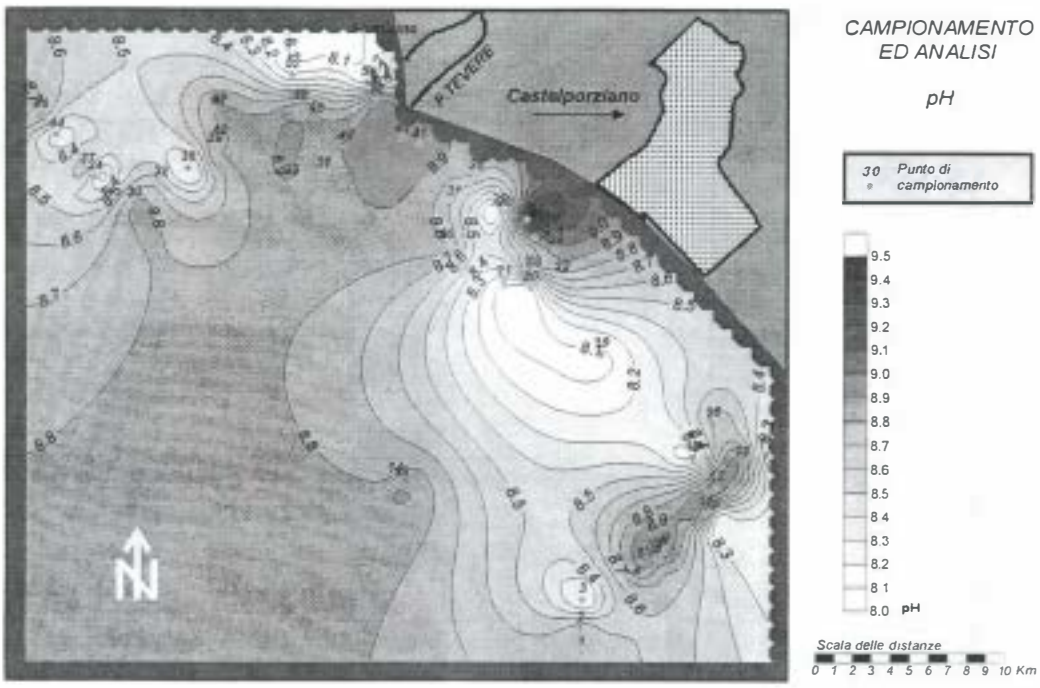


Figura 2 - Mappa delle isolinee di pH

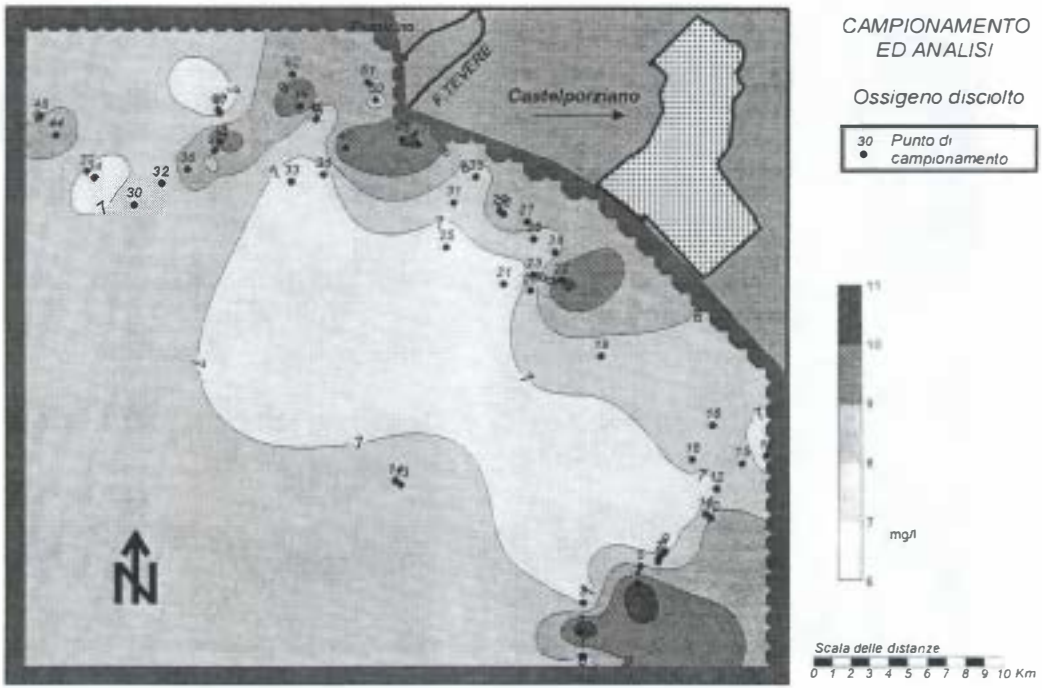


Figura 3 - Mappa delle isolinee di ossigeno disciolto

Allegato 1

DECRETO PRESIDENZIALE 5 MAGGIO 1999 n. 136/N
INERENTE LE MODALITÀ DI GESTIONE DELLA TENUTA DI CASTELPORZIANO

....Omissis

Decreta:

Art. 1

1. La Tenuta di Castelporziano facente parte della Dotazione del Presidente della Repubblica, in ragione del riconosciuto valore naturalistico e ambientale, è assoggettata al regime di tutela e di gestione fissato dal presente decreto , secondo i criteri che si richiamano alle disposizioni contenute nella legge 6 dicembre 1991, n. 394 riguardanti le aree naturali protette.

Art. 2

1. La tutela del compendio territoriale della Tenuta di Castelporziano intende conseguire i seguenti obbiettivi:

a) La conservazione delle caratteristiche ecologiche, vegetazionali, faunistiche, geomorfologiche, e naturalistico-ambientali;

b) La gestione degli ecosistemi con modalità idonee a realizzare una integrazione tra uomo e ambiente naturale, anche mediante la salvaguardia dei valori antropologici, archelogici, storici e architettonici e delle attività agro-silvo-pastorali e tradizionali;

c) Il restauro ambientale degli ecosistemi degradati;

d) La promozione delle attività compatibili con la conservazione delle risorse naturali della Tenuta;

e) La realizzazione di programmi di studio, ricerca scientifica e di monitoraggio ambientale, con particolare riferimento ai caratteri peculiari del territorio;

f) La realizzazione di programmi di educazione ambientale e di iniziative tendenti a diffondere - in particolare tra gli alunni delle scuole italiane ed europee di ogni ordine e grado - la conoscenza dei beni naturali della Tenuta.

Omissis...

INDIRIZZARIO

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

Dott. Eugenio Adorisio
Università di Roma "La Sapienza"
Istituto di Igiene
P.le Aldo Moro, 3 - 00185 Roma
Tel. 06 49914510

Dott. Ivo Allegrini
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,500 - CP 10
00016 Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672266 Fax 06 90672660
e-mail: allegrini@ntserver.iia.mlib.cnr.it

Dott.ssa Patrizia Agnello
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181526 Fax 06 94181527

Prof.ssa Laetitia Maria Sebastiani Annichiarico
Università di Roma "La Sapienza"
Istituto di Igiene
P.le Aldo Moro, 3 - 00185 Roma
Tel. 06 49914510

P.I. Bruno Anselmi
ENEA amb-cat-get C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30486427 Fax 06 30486487

Dott.ssa Silvia Anselmi
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma
Tel. e Fax 06 49912448 / 49912451 Fax Dipartimento 06 4463865

Dott.ssa Arianna Aradis
Via Afellodero, 79 - 0060 Civitavecchia - Roma
Tel. 0766 27225

Dott.ssa Rita Aromolo
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7008149 Fax 06 7005711
e-mail: r.francaviglia@isnp.it

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

Dott. A. Augusti
Istituto per l'Agriselvicoltura - CNR
Via Marconi, 2 - 05010 Porano (TR)
Tel. 0763 65674 Fax 0763 65330

Dott. Pasquale Avino
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 – 00040 MonteporzioCatone (Roma)
Tel. 06 94181522 Fax 06 4744017

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

Dott. L. Bartoloni
Istituto per l'Agriselvicoltura - CNR
Via Marconi, 2 - 05010 Porano (TR)
Tel. 0763 65674 Fax 0763 65330

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, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: nutrazotata@www.inea.it

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

Dott. Pietro Massimiliano Bianco
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale – Orto Botanico
L.go Cristina di Svezia 24 – 00165 Roma
Tel. 06 49917132 / 06 4381007 Fax 06 49917130
e-mail: pietrob66@hotmail.com

Dott. Francesco Antonio Biondi
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: nutrminerale@www.inea.it

Dott.ssa Maria Paola Bogliolo
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181526 Fax 06 94181527
e-mail: mariap@tiscalinet.it

Dott. Bonanni
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via Urbana, 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141 / 4714261

P.I. Umberto Brandimarte
ENEA amb-cat-get 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
Via Marconi, 2 - 05010 Porano (TR)
Tel. 0763 374689 Fax 0763 374330
e-mail: brugnoli@ias.tr.cnr.it

Dott.ssa Barbara Brusori
Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali
Viale del Risorgimento, 4 - 40136 Bologna
Tel. 051 2093664 Fax 051 2093654
e-mail: studci3@ms.fci.unibo.it

Dott. Maurizio Bucci
ENEA amb-cat-get C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484887 Fax 06 30486715
e-mail: bucci@casaccia.enea.it

Dott. Gilberto Busuoli
ENEA amb C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30483611 Fax 06 30483594
e-mail: busuoli@casaccia.enea.it

Dott. Francesco Cannata
Istituto per l'Agriselvicoltura - CNR
Via Marconi, 2 - 05010 Porano (TR)
Tel. 0763 65674 / 65688 Fax 0763 65330

Prof. Giuseppe Capelli
Università degli Studi Roma3
Dipartimento di Scienze Geologiche
Largo Murialdo, 1 - 00146 Roma
Tel. 06 54888205 Fax 06 54888201
e-mail: capelli@uniroma3.it

Dott.ssa Francesca Capogna
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. Gianmaria Carchini
Università di Roma "Tor Vergata"
Dipartimento di Biologia
Viale della Ricerca Scientifica - 00133 Roma
Tel. 06 2026187 Fax 06 2026189
e-mail: carchini@uniroma2.it

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 – Istituto Inquinamento Atmosferico
Area Ricerca Montelibretti
Via Salaria Km 29,300 – C.P. 10
00016 Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 86090522 Fax 06 86090360
e-mail: rcasak@gioconda.polar.rm.cnr.it

Dott.ssa Matilde Cecchini
ENEA amb-cat-fral - C.R. Bologna
Via Don Fiammelli, 2 - 40129 Bologna
Tel. 051 6098058 Fax 051 6098131

Dott.ssa Chiocchini Francesca
SITAC – C.R. ENEA Casaccia
Via Anguillarese 301 – 0060 Roma
Tel. 06 30486046 Fax 06 30486038
e-mail: castellop@casaccia.enea.it

Dott. Alessandro Ciaccia
Università della Tuscia
DISAFRI- Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse
Via S. Camillo De Lellis, 1 - 01100 Viterbo
Tel. 0761 357251
e-mail: gaia@unitus.it

Dott. Roberto Collepiccolo
ENEA amb-cat-get CR Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Santa Maria di Galeria - Roma
Tel 06 30484887 Fax 06 30486487

Dott.ssa Maria Fiore Crescente
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
P.le Aldo Moro 5 - 00185 Roma
Tel. e Fax 06 49912358

Dott.ssa Laura Crisanti
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale – Orto Botanico
L.go Cristina di Svezia 24 – 00165 Roma
Tel. 06 49917132 Fax 06 49917130

Dott. Fiorenzo Damiani
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via Urbana, 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141 / 4714223
e-mail: fiodami@tin.it

Dott. Umberto De Giacomo
Piazza Regina Margherita, 4 – 00198 Roma
Tel. 06 85352723

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

Ing. Antonio Bruno Della Rocca
ENEA inn-rin-vis C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Santa Maria di Galeria -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 7002538 Fax 06 7005711

Dott.ssa Claudia Di Dio
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: nutraminerale@www.inea.it

Dott.ssa Patrizia Di Filippo
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 – 00040 MonteporzioCatone (Roma)
Tel. 06 4714260 Fax 06 4744017

Arch. Fabio Di Paolo
Via P. Togliatti, 1566 - 00100 Roma
Tel. 06 4072124

Dott.ssa Giuseppina Dowgiallo
Università "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
Piazzale Aldo Moro, 5 - 00185 Roma
Tel. 06 49912463 Fax 06 4463865

Dott. Paolo Falconi
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via Urbana, 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141 / 4714255 Fax 06 4744017

Dott. Giuliano Fanelli
Università "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale - Orto Botanico
L.go Margherita di Svezia - 00100 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
e-mail: fanfani@axrma.uniroma1.it

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

Dott. Antonio Febo
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Via Salaria km. 29,300 - 00016 Monterotondo Scalo - Roma
Tel. 06 90672265 Fax 06 90672660

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 Arch. Sabrina Federici
Via Cremona, 5 - 00161 Roma
Tel. 06 44254133

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.ssa Adele Figliolia
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2 - 00184 Roma
Tel. 06 7008260 Fax 06 7005711
e-mail: nutrminerale@www.inea.it

Dott.ssa Fabiola Fiorelli
ISNP – Istituto Speimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 – 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: nutrazotata@www.inea.it

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
e-mail: infsdama@iperbole.bologna.it

Dott.ssa Antonella Folletto
SITAC – C.R. ENEA Casaccia
Via Anguillarese 301 – 0060 Roma
Tel. 06 30486046 Fax 06 30486038
e-mail: castellop@casaccia.enea.it

Dott. Rosa Francaviglia
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7005299 Fax 06 7005711
e-mail: r.francaviglia@isnp.it

Dott. Gianluca Franceschini
INFS – Istituto Nazionale per Fauna Selvatica
Via Cà Fornacetta, 9 – 40064 Ozzano dell'Emilia
Tel. 051 6512111 Fax 051 796628

Dott.ssa Silvia Fratini
Via delle Baleniere, 151 - 00121 Roma
Tel. 06 5699608

Dott. C. Gariazzo
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181526 Fax 06 94181527

Dott.ssa Licia Gataleta
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 - Roma
Tel. 06 7008149 Fax 06 7005711
e-mail: r.francaviglia@isnp.it

Dott.ssa M. Antonietta Giannini
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
P.le Aldo Moro, 5 - 00185 Roma
Tel. 06 49912465 Fax 06 49912448

Dott.ssa Monica Giannini
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
P.le Aldo Moro, 5 - 00185 Roma
Tel. 06 49912465 Fax Dipartimento 06 49912448

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
e-mail: rik@unitus.it

Dott. Giovanni Girolimetti
ENEA amb-cat-get CR Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 Santa Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484887 Fax 06 30486487

Dott. Giuseppe Gisotti
S.I.G.E.A. - Società Italiana di Geologia Ambientale
Casella Postale 15244 Roma
Tel. e Fax 06 5086834

Dott.ssa Olga Grasselli
Istituto Sperimentale per la Difesa del Suolo
Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali
Piazza Massimo D'Azeglio, 30 - 50151 Firenze
Tel. 055 2491245 Fax 055 241485
e-mail: marcello.pagliai@dada.it

Prof.ssa Loretta Gratani
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
P.le Aldo Moro 5 - 00185 Roma
Tel. e Fax 06 49912358

Dott. Marcello Grillini
ENEA amb-cat-get C.R. S.Teresa
Via Anguillarese, 301 - 00060 S. Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30484889 Fax 06 30486715
e-mail: grillini@casaccia.enea.it

Dott.ssa Alessandra Grignetti
CNR – Istituto Inquinamento Atmosferico
Area Ricerca Montelibretti
Via Salaria Km 29,300 – C.P. 10
00016 Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 86090522 Fax 06 86090360

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

Dott. Antonietta Ianniello
C.N.R. Istituto Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,300 - Monterotondo Scalo – Roma
Tel. 06 90672262 Fax. 06 - 90672660
e-mail: ianniello@iia.mlib.cnr.it

Dott.ssa Daniela Iorio
Università degli Studi Roma3
Dipartimento di Scienze Geologiche
Largo Murialdo, 1 - 00146 Roma
Tel. 06 54888205 Fax 06 54888201
e-mail: iorio@uniroma3.it

Dott. Roberto Isotti
Via Santa Maria della Speranza, 11
00139 Roma
Tel. 06 8108994

Dott. Cataldo La Gioia
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181523 Fax 06 94181527
e-mail:lagioia-aldo@usa.net

Dott. Marco Lauteri
Istituto per l'Agriselvicoltura - CNR
Via Marconi, 2 - 05010 Porano (TR)
Tel. 0763 374674 Fax 0763 374330

Dott. Luca Lepore
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181513 Fax 06 94181527

Dott.ssa Alessandra Macuz
Università della Tuscia
DISAFRI- Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse
Via S. Camillo De Lellis, 1 - 01100 Viterbo
Tel. 0761 357398 Fax 0761 357389
e-mail: rik@unitus.it

Dott. Vincenzo Magliulo
CNR - Istituto per l'Irrigazione
Via Cupa Patacca, 88
Ercolano - Napoli
Tel. 081 5745387 / 5745388
e-mail: emagliulo@area.na.cnr.it

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

Prof. Fausto Manes
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
P.le Aldo Moro, 5 - 00185 Roma
Tel. 06 49912451/2465 Fax 06 49912448
e-mail: manes@axcasp.caspur.it

Dott. Alberto Manganaro
Via Donna Olimpia, 152 – 00152 Roma
Tel. 06 5373793

Dott.ssa Maria Marchionni
ISNP – Istituto Speimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 – 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: nutrazotata@www.inea.it

Prof.ssa Fiorenza G. 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 amb C.R. Casaccia
Via Anguillarese, 301 - 00060 S.Maria di Galeria - Roma
Tel. 06 30483374 Fax 06 30483746

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.ssa Carla Mazziotti
C.N.R. - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km 29,300 - CP 10
00016 Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672262 Fax 06 – 90672660
e-mail: mazziotti@ntserver.iia.mlib.cnr.it

Dott. Girolamo Mecella
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 - Roma
Tel. 06 7002538 Fax 06 7005711

Dott.ssa Alessandra Menconi
Via delle Costellazioni, 183 - 00144 - Roma
Tel. 06 5296183
e-mail: alemenconi@libero.it

Dott.ssa Patrizia Menegoni
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale – Orto Botanico
L.go Cristina di Svezia, 24 – 00165 Roma
Tel. 06 49917132 Fax 06 49917130

Dott.Sandro Merolli
ENEA amb C.R. Frascati
Via E. Fermi, 45 - 00040 Frascati (Roma)
Tel. 06 94005472 Fax 06 94005649
e-mail: merolli@frascati.enea.it

Arch. Maria Grazia Micheli
Via Taleggio, 72 - 00166 Roma
Tel. 06 30993411

Dott.ssa Orietta Micciulla
ISNP – Istituto Speimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 – 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: nutrazotata@www.inea.it

Dott. Mauro Montagnoli
C.N.R. - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
Area della Ricerca di Roma
Via Salaria km 29,300 - CP 10
I - 00016 Monterotondo Scalo - Roma
Tel. 06 90672691 Fax 06 - 90672660

Dott.ssa Patrizia Monteduro
SITAC – C.R. ENEA Casaccia
Via Anguillarese 301 – 0060 Roma
Tel. 06 30486046 Fax 06 30486038
e-mail: castellop@casaccia.enea.it

Dott. Alessandro Montemaggiori
Via Lago di Lesina, 22 - 0060 Roma
Tel. 06 5373793

Dott. M.C. Monteverdi
Istituto per l'Agriselvicoltura - CNR
Via Marconi, 2 - 05010 Porano (TR)
Tel. 0763 374674 Fax 0763 374330

P.A. Roberto Moretti
ISNP - Istituto Sperimentale Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 - Roma
Tel. 06 7005299 Fax 06 7005711

Prof. Luciano Morselli
Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali
Viale del Risorgimento, 4 - 40136 Bologna
Tel. 051 2093668 / 0335 5479839 Fax 051 2093654
e-mail: morselli@ms.fci.unibo.it

Dott. Stefano Mugnoli
SITAC – C.R. ENEA Casaccia
Via Anguillarese 301 – 0060 Roma
Tel. 06 30486046 Fax 06 30486038
e-mail: castellop@casaccia.enea.it

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
e-mail: murag@axrma.uniroma1.it

Dott.ssa Piera Olivieri
ENEA amb-cat-fral - C.R. Bologna
Via Don Fiammelli, 2 - 40129 Bologna
Tel. 051 6098351 Fax 051 6098131
e-mail: olivieri@bologna.enea.it

Dott. Marcello Pagliai
Istituto Sperimentale per la Difesa del Suolo
Min. delle Ris. Agr., Alim. e Forest.
Piazza Massimo D'Azeglio, 30 - 50151 Firenze
Tel. 055 2491255 Fax 055 241485
e-mail: marcello.pagliai@dada.it

Prof. Maurizio Parotto
Università degli Studi Roma3
Dipartimento di Scienze Geologiche
Largo Murialdo, 1 - 00146 Roma
Tel. 06 54888205 Fax 06 54888201
e-mail: parotto@uniroma3.it

Dott. Massimo Pecci
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via Urbana, 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141 / 4714255 Fax 06 4744017

Dott. Sergio Pellegrini
Istituo Sperimentale per la Difesa del Suolo
Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali
Piazza M. D'Azeglio, 30 – 50151 Firenze
Tel. 055 2491246

Dott.ssa Anna Bruna Petrangeli
C.N.R. – Istituto Inquinamento Atmosferico
Area Ricerca Montelibretti
Via Salaria Km 29,300 – C.P. 10
00016 Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 86090522 Fax 06 86090360

Dott. Emanuele Piattella
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale
Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma
Tel. 06 49912463 Fax 06 4463865

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. Stefano Polenta
ENEA amb CR Frascati
Via E.Fermi, 45 - 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 Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida,1 – 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181515 Fax 06 94181527
e-mail: ugopoli@tiscalinet.it

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

Leonardo Pucci
Via S. Domenico Savio, 7 – 00044 Frascati - Roma
Tel. 06 9416090

Dott.ssa Deborah Ramires
C.N.R. - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
Area della Ricerca di Roma
Via Salaria km 29,300 - CP 10
I - 00016 Monterotondo Scalo - Roma
Tel. 06 90672638 Fax. 06 - 90672660

Dott. Lamberto Ranazzi
Via Livorno, 85 – 00162 Roma
Tel. 06 44235638

Dott.ssa Maria Ravagli
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
Università di Roma "La Sapienza"
Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma

Dott. Sandro Rea
ENEA amb CR Frascati
Via E.Fermi, 45 - 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 Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambeinte (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181521 Fax 06 94181527

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

Francesca Ronchi
Via Alessandro Magno, 216 – Casalpolacco (Rm)
Tel. 06 50916341

Sig.. Fabrizio Sallusti
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181522 Fax 06 94181527

Dott. Roberto Salvati
Università degli Studi Roma3
Dipartimento di Scienze Geologiche
Largo Murialdo, 1 - 00146 Roma
Tel. 06 54888205 Fax 06 54888201
e-mail: salvati@uniroma3.it

Dott.ssa Rosamaria Salvatori
C.N.R. – Istituto Inquinamento Atmosferico
Area Ricerca Montelibretti
Via Salaria Km 29,300 – C.P. 10
00016 Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 86090522 Fax 06 86090360
e-mail: rosas@gioconda.polar.rm.cnr.it

Dott. Giovanni Scalisi
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181522 Fax 06 94181527

Dott.ssa Patrizia Scandella
ISNP - Istituto Superiore della Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 - Roma
Tel. 06.7002538 Fax 06 7005711

Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza
Presidente Commissione Scientifica
Via San Giovanni Decollato, 1 - 01100 Viterbo
Tel. 0761 324687 Fax 0761 325785
e-mail: rettore@unitus.it

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. A. Scartazza
Istituto per l'Agriselvicoltura - CNR
Via Marconi, 2 - 05010 Porano (TR)
Tel. 0763 65674 Fax 0763 65330

Sig. Roberto Schirò
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181522 Fax 06 94181527

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, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06 7008721 Fax 06 7005711
e-mail: psequi@uni.net

Dott. Francesco Silvestri
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via Urbana, 167 - 00184 ROMA
Tel. 06 47141 / 4714262 Fax 06 4744017

Dott.ssa Carla Simeoni
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181523 Fax 06 94181527
e-mail:carla.simeoni@usa.net

Dott. Stefano Taddei
Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica. - Tenuta di Castelporziano
Via Pontina, 690 - 00128 Roma
Tel. 06 46998165 Fax 06 46998158

Dott. Paolo Tescarollo
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale – Orto Botanico
L.go Cristina di Svezia 24 – 00165 Roma
Tel. 06 49917132 Fax 06 49917130
e-mail: paolotesc@hotmail.com

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. Alberto Todini
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Vegetale – Orto Botanico
L.go Cristina di Svezia 24 – 00165 Roma
Tel. 06 49917132 Fax 06 49917130

Rolando Tomassi
Via Vittorio Fiorini, 15/A – 00179 Roma
Tel. 06 7807425

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
e-mail: infscons@iperbole.bologna.it

Dott. Luigi Tripodi
Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica
Servizio Tenute e Giardini
Via Dataria, 90 - Palazzo del Quirinale - Roma
Tel. 06 46991

Dott. Alessandro Urbani
Via U. Sacchetto, 16 - 00122 roma
Tel. 06 5621324

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
e-mail: utzeri@uniroma1.it

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 Caterina Vazzana
C.N.R. - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
Area di Ricerca di Montelibretti
Via Salaria km. 29,500 - CP 10
00016 Monterotondo Stazione - Roma
Tel. 06 90672266 Fax 06 90672660
e-mail: vazzana@ntserver.iia.mlib.cnr.it

Dott.ssa Ida Ventrone
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteporzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181522 Fax 06 94181527

Dott.ssa Nadia Vignozzi
Istituto Sperimentale per la Difesa del Suolo - MIPA
Min. delle Ris. Agr., Alim. e Forest.
Piazza Massimo D'Azeglio, 30 - 50151 Firenze
Tel. 055 2491255 Fax 055 241485

Dott. Massimo Villarini
ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Insediamento Produttivi ed Interazione con l'Ambiente (DIPIA)
Via di Fontana Candida, 1 - 00040 Monteprzio Catone (Roma)
Tel. 06 94181511 Fax 06 94181527

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.ssa Paola Zarattini
Università di Roma "La Sapienza"
Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo
Viale dell'Università, 32 – 00185 Roma
Tel. 06 49914769 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

GESTIONE ED ORGANIZZAZIONE

Sig.ra Antonella Grieco
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Via Siracusa, 1 - 00161 Roma
Tel. 06 44250465 Fax 06 44250871

Sig.ra Iole Nicolai
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Via Siracusa, 1 - 00161 Roma
Tel. 06 44250465 Fax 06 44250871

CURATORE REPORT

Prof. Luciano Morselli
Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali
Viale del Risorgimento, 4 - 40136 Bologna
Tel. 051 2093668 / 0335 5479839 Fax 051 2093654
e-mail: morselli@ms.fci.unibo.it

EDITING REPORT

Dott.ssa Barbara Brusori
Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali
Viale del Risorgimento, 4 - 40136 Bologna
Tel. 051 2093664 Fax 051 2093654
e-mail: studci3@ms.fci.unibo.it

REALIZZAZIONE EDITORIALE

ENEA
Unità Comunicazione e Informazione
Servizio Edizioni e Documentazione
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma
Tel. 06 36272673 Fax 06 36272299

Edito dall' ENEA
Unità Comunicazione e Informazione
Lungotevere Grande Ammiraglio Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma
Sito Web http://www.enea.it

Stampa Laboratorio Tecnografico - C.R. Frascati
Finito di stampare nel mese di febbraio 2001