

F. STRUMIA (\*)

## LA DISTRIBUZIONE DEGLI IMENOTTERI CRISIDIDI NELLA RISERVA DI SAN ROSSORE (PISA)

**Riassunto** - Negli anni 2005-2008 è proseguito il monitoraggio di alcune famiglie di Imenotteri del Parco di San Rossore. I nuovi risultati aumentano la checklist degli Imenotteri Crisididi a 70 specie. Viene illustrata l'influenza del regime pluviometrico estivo sulla biodiversità e sul numero di specie ed individui osservato nel decennio 1998-2008. L'analisi statistica della struttura della comunità dimostra la presenza di popolazioni collegate ai diversi ambienti del Parco. Le estrapolazioni statistiche e l'interpolazione del modello di distribuzione lognormale fanno prevedere la presenza nel Parco di  $107 \pm 15$  specie di Imenotteri Crisididi.

**Parole chiave** - Hymenoptera Chrysididae, Toscana, San Rossore, checklist.

**Abstract** - *The distribution of Hymenoptera Chrysididae in the San Rossore Reserve (Pisa)*. The inventory of Hymenoptera Chrysididae in the San Rossore (Pisa) Estate was continued in the years 2005-2008, by means of Malaise traps and water traps. Seventeen species, previously unknown for the area were found, thus increasing the richness of this reserve to 70 species of Chrysididae. Some of the novelties appear to be occasional vagile elements from the nearby surrounding areas, but a few uncommon species, as *Chrysis immaculata* Buysson, 1898, *Chrysis leptomandibularis* Niehuis, 2000, *Hedychridium cupritibiale* Linsenmaier, 1987 and *Clepes nigrinus* Mercet, 1904, are to be considered as residuals of an ancient autochthonous fauna. A statistical analysis of the species distribution in San Rossore evidences differences between the communities associated to three major biotopes, namely: wood, open prairies, and beaches.

**Key words** - Hymenoptera Chrysididae, Tuscany, San Rossore Reserve, checklist.

### INTRODUZIONE

I risultati delle ricerche effettuate negli anni passati nella riserva naturale di San Rossore (PI) sono stati riassunti in alcuni elenchi faunistici riguardanti i Macrolepidotteri (Dapporto *et al.*, 2004) e alcune famiglie di Imenotteri parassitoidi: Crisididi (Dapporto & Strumia, 2005), Mutillidi (Strumia *et al.*, 2007), Pompilidi (Strumia *et al.*, 2007), per un totale di oltre 400 specie. Le ricerche sono continuate in anni recenti permettendo di individuare ulteriori specie.

In questo lavoro vengono presentate e discusse le novità osservate sino al 2008.

Dal monitoraggio effettuato con continuità dal 1998 al 2008 si evidenziano significative fluttuazioni stagionali nella quantità degli Imenotteri catturati, fluttuazioni

che appaiono in parte correlate alla siccità registrata nei mesi estivi. Nel Parco sono stati monitorati ambienti diversi quali: boschi, radure e la fascia costiera tra la spiaggia e l'inizio del bosco, un ambiente sabbioso ed arido con una copertura vegetale particolare. L'analisi statistica delle specie osservate in questi biotopi permette di evidenziare la presenza di comunità distinte. La checklist degli Imenotteri Crisididi del Parco si arricchisce di ulteriori 18 specie portando il totale a 70, di cui alcune nuove per la Toscana.

### MATERIALI E METODI

Per le ricerche sono state utilizzate trappole non attrattive in grado di intercettare e catturare gli insetti in volo. A partire dalla stagione 2005 sono state messe in funzione le seguenti trappole di tipo Malaise collocate in siti non ancora indagati:

- Nel 2006, da maggio a novembre, una Malaise di colore nero ha funzionato ininterrottamente nel bosco della «Sterpaia» (43°44'N-10°20'E) in una radura parzialmente invasa da rovi. La trappola era localizzata su un terreno sabbioso e molto arido in estate. Presso la trappola vi era una piccola catasta di legno morto usato da diversi Imenotteri per nidificare.
- Nel 2007, da maggio a settembre, una malaise di colore bianco e nero fu collocata in località «Lame Alte» (43°42'N-10°18'E), al limite della zona boscata, che continua nell'ambiente aperto ed umido delle Lame.
- Nel 2008 furono messe in funzione tre trappole e precisamente: 1) alla confluenza del «Fiume Morto Vecchio» con il «Fiume Morto Nuovo» (43 44,03'N-10 18,72'E); 2) presso l'arenile del «Gombo» (43 42,76'N-10 16,73'E); 3) nella radura di «Torre Riccardi» al limite di un bosco di Lecci e presso l'argine del Fiume Serchio (43 46,35'N-10 16,60E).

Complessivamente, tra il 1998 e il 2008, nel Parco di San Rossore sono state utilizzate 13 trappole Malaise tutte posizionate in ambienti diversi. I dati sul posizionamento, sul periodo di funzionamento e sull'efficienza di cattura delle varie trappole sono presentati nella Tabella 1.

Oltre alle trappole Malaise, nel 2007-2008 sono state utilizzate anche trappole ad acqua (n. 14 in Tab. 1), consistenti in piatti di colore giallo o bianco posati sul

(\*) Dipartimento di Fisica, Largo Pontecorvo 3, 56127 Pisa. E-mail: strumia@df.unipi.it

Tab. 1 - Dati pertinenti alle trappole Malaise (1-13) e ad acqua (14) utilizzate nel Parco di San Rossore.

	Località	Coordinate	Anno	Periodo di attività	Ambiente	N. specie	N. indivi.	Indice di Shannon
1	BOSC 99	43.41'.5N-10.19'E	1999	29-V/27-X	Radura	21	82	2,66
2	F. Morto	44,823N- 10 16,855'E	2003	4-VI/13-X	Bosco	10	88	1,49
3	Sterpaia	43.44,54'N-10P20,46E	2005	31-V/14-IX	Bosco	10	35	1,87
4	Gombo	43.42,72'N-10 16,85'E	2004	4-VI/13-X	Retrospiaggia	19	175	2,21
5	Boschetto	43.41,40'N-10P18,84E	2005	7-IV/21-X	Radura	32	209	2,19
6	Batteria	43.46'.36N - 10P16,35'E	2005	4-V/21-IX	Retrospiaggia	19	182	2,15
7	F. Morto v.	43 45'N-10 17'E	2005	21-IV/26-IX	Bosco	12	52	2,22
8	Boschetto	43.41,40'N-10P18,84E	2006	31-V/27-IX	Radura	22	99	2,28
9	Sterpaia	43.44,54'N-10P20,46E	2006	31-V/14-IX	Radura	19	61	2,6
10	Lame	43.42'N-10 18'E	2007	30-IV/30-IX	Bosco	12	31	2,02
11	MAL1-08	43.46,35'N-10 16,60E	2008	7-IV- 2.VII	Radura	2	4	0,69
12	MAL2-08	43.44,03'N-10 18,72'E	2008	5-V- 28.VIII	Radura	17	41	2,63
13	Gombo-08	43.42,76'N-10 16,73'E	2008	5.V-23.IX	Retrospiaggia	7	8	1,9
14	Bosch. Piatti	43.41',20N-10 18' 31"E	2007	9.V-20.VI	Radura	13	57	2,01

terreno e riempite con una soluzione di acqua, sale e sapone. Esse furono utilizzate prevalentemente in località «Piana degli Escoli», in località «La Palazzina» e in località «Lame Alte», vicino alla trappola Malaise del 2007. I piatti venivano lasciati in funzione per circa 2-3 giorni prima di ritirare il materiale catturato, che è, per la maggior parte, conservato presso il «Museo di Storia Naturale e del Territorio» dell'Università di Pisa.

## RISULTATI

### Famiglie Mutillidae e Pompilidae

Le stagioni 2007 e 2008 sono state poco favorevoli allo sviluppo degli Imenotteri e le trappole ne hanno catturati solo pochi esemplari. I pochi Mutillidi e Pompilidi sono risultati tutti appartenere a specie già segnalate. Per i Pompilidi, durante le catture effettuate a vista col retino entomologico, si è inutilmente cercato di accertare la presenza di *Batonzonellus lacerticida* (Pallas 1771), una specie grande e vistosa, già osservata a Pomarance (PI). Si conferma la presenza del Mutillide *Tropidotilla litoralis* (Petagna 1787): una seconda femmina è stata raccolta al «Gombo», presso l'arenile.

### Famiglia Chrysididae

La precedente checklist (Dapporto & Strumia, 2005) era aggiornata al 2004 e segnalava la presenza nel Parco di 52 specie di Crisididi. Gli anni 2005-2007 sono stati climaticamente favorevoli allo sviluppo degli Imenotteri Crisididi, per cui ne sono stati catturati numerosi esemplari, tra i quali figurano 17 specie nuove per il Parco. La stagione 2008 è stata invece meno favorevole, con il minimo di esemplari e una sola nuova specie catturata dalle trappole ad acqua nella primavera 2008.

*Hedychridium gratiosum* Abeille, 1878, una specie segnalata in precedenza è stata posta in sinonimia

(Schimid-Egger, 1995) con *Hedychridium femoratum* (Dahlbom, 1854). Le specie di Crisididi conosciute attualmente del Parco aumentano pertanto a 70. Un incremento notevole e superiore a quello previsto dalla precedente estrapolazione del numero delle specie accumulate (Dapporto & Strumia, 2005). Il nuovo valore è comunque compreso nel limite di variabilità dell'estrapolazione. L'elenco completo delle specie, aggiornato al 2008, è presentato nella Tabella 2, in cui è indicato anche l'anno della prima osservazione.

Le novità più interessanti sono:

Anno 2005

1. *Cleptes nigritus* Mercet, 1904

Il genere *Cleptes* è considerato il più primitivo della famiglia e riunisce specie parassitoidi di Imenotteri Sinfiti. I *Cleptes* preferiscono in genere località umide e ricche di vegetazione come i boschi mesogrofili: sono specie poco frequenti ma con ampie aree di distribuzione, spesso disgiunte a causa della loro antichità. *C. nigritus* è un'entità rara e genericamente citata del Sud Europa (Linsenmaier, 1959). Per l'Italia era precedentemente nota della sola Calabria (Strumia, 2006). Recentemente (2003) è stata anche raccolta nel Parco della Maremma (GR). Nella tenuta di San Rossore ne è stato catturato un unico individuo maschio nel giugno 2005 dalla trappola Malaise collocata nel bosco della «Sterpaia».

2. *Chrysis angustula* Schenck, 1856

*C. angustula* fa parte del gruppo «ignita». È parassitoide di Imenotteri nidificanti in cavità del legno morto ed è conosciuta dell'Europa e del Nord Africa. La specie è stata catturata, in un unico esemplare, nel luglio 2006 dalla trappola Malaise collocata nella radura della «Sterpaia», presso la quale si trovava una catasta di rami secchi in cui nidificavano Imenotteri Sfecidi, probabili suoi ospiti.

Tab. 2 - Elenco delle specie di Imenotteri Crisididi osservati nel Parco di San Rossore. Nella terza colonna è indicato l'anno della prima osservazione.

	<b>Crisididi di San Rossore</b>	<b>Anno</b>		<b>Crisididi di San Rossore</b>	<b>Anno</b>
1	<i>Chrysidea pumila</i> Klug, 1845	1995	36	<i>Hedychridium caputaureum</i> Trautmann, 1919	2007
2	<i>Chrysis angustula angustula</i> Schenck, 1856	2005	37	<i>Hedychridium chloropygum</i> Buysson, 1888	1993
3	<i>Chrysis auriceps</i> Mader, 1936	1996	38	<i>Hedychridium cupritibiale</i> Linsenmaier, 1987	2005
4	<i>Chrysis bicolor</i> Lepeletier, 1806	1996	39	<i>Hedychridium elegantulum</i> Buysson, 1887	1992
5	<i>Chrysis clarinicollis</i> Linsenmaier, 1951	1998	40	<i>Hedychridium etruscum</i> Strumia, 2003	1995
6	<i>Chrysis comparata</i> Lepeletier, 1806	1999	41	<i>Hedychridium femoratum</i> (Dahlbom, 1854)	1995
7	<i>Chrysis comta</i> Förster, 1853	1974	42	<i>Hedychridium flavipes</i> (Eversmann, 1857)	1997
8	<i>Chrysis continentalis</i> Linsenmaier, 1959	1999	43	<i>Hedychridium homeopathicum</i> Abeille, 1878	1973
9	<i>Chrysis gracillima</i> Förster, 1853	2005	44	<i>Hedychridium jucundum</i> Mocsáry, 1889	1996
10	<i>Chrysis gribodoi</i> Abeille, 1877	1996	45	<i>Hedychridium lampas</i> (Christ, 1791)	1994
11	<i>Chrysis ignita</i> Linnaeus, 1758	1993	46	<i>Hedychridium monochroum</i> Buysson, 1888	1996
12	<i>Chrysis immaculata</i> Buysson, 1898	2005	47	<i>Hedychridium roseum</i> (Rossi, 1790)	1995
13	<i>Chrysis inaequalis</i> Dahlbom, 1845	1992	48	<i>Hedychridium sculpturatum</i> (Abeille, 1877)	2007
14	<i>Chrysis indigotea</i> Dufour-Perris, 1840	1999	49	<i>Hedychridium scutellare</i> Tournier, 1878	1994
15	<i>Chrysis interjecta</i> Buysson, 1895	1992	50	<i>Hedychridium valesianum</i> Linsenmaier, 1959	2005
16	<i>Chrysis lanceolata</i> Linsenmaier, 1959	1992	51	<i>Hedychridium valesiense</i> Linsenmaier, 1959	2005
17	<i>Chrysis leptomandibularis</i> Niehuis, 2000	2005	52	<i>Hedychrum gerstaeckeri</i> Chevrier, 1869	1982
18	<i>Chrysis marginata</i> Linsenmaier, 1959	1992	53	<i>Hedychrum longicolle</i> Abeille, 1877	2005
19	<i>Chrysis mediata mediata</i> Linsenmaier, 1951	1993	54	<i>Hedychrum niemelai</i> Linsenmaier, 1959	1996
20	<i>Chrysis pyrrhina pyrrhina</i> Dahlbom, 1845	1973	55	<i>Hedychrum nobile</i> (Scopoli, 1763)	1995
21	<i>Chrysis ragusae</i> De Stefani, 1888	2005	56	<i>Hedychrum rutilans</i> Dahlbom, 1854	1991
22	<i>Chrysis rutilans</i> Olivier, 1790	1999	57	<i>Holopyga chrysonota</i> Förster, 1853	2005
23	<i>Chrysis scutellaris</i> Fabricius, 1794	1998	58	<i>Holopyga fervida</i> (Fabricius, 1781)	1994
24	<i>Chrysis sexdentata</i> Christ, 1791	2005	59	<i>Holopyga generosa ovata</i> Dahlbom, 1854	1996
25	<i>Chrysis splendidula</i> Rossi, 1790	1995	60	<i>Holopyga ignicollis</i> Dahlbom, 1854	1995
26	<i>Chrysis succincta</i> Linnaeus, 1767	2005	61	<i>Holopyga jurinei</i> Chevrier, 1862	1991
27	<i>Chrysura dichroa</i> (Dahlbom, 1854)	1999	62	<i>Omalus aeneus</i> (Fabricius, 1787)	1992
28	<i>Chrysura radians</i> Harris, 1776	2008	63	<i>Parnopes grandior</i> (Pallas, 1771)	1994
29	<i>Cleptes nigrinus</i> Mercet, 1904	2005	64	<i>Philoctetes sculpticollis</i> (Abeille, 1878)	1999
30	<i>Cleptes nitidulus</i> (Fabricius, 1793)	2005	65	<i>Pseudomalus auratus</i> (Linnaeus, 1758)	1996
31	<i>Cleptes pallipes</i> Lepeletier, 1806	1998	66	<i>Pseudomalus punctulatus</i> (Dahlbom, 1854)	1998
32	<i>Elampus constrictus coeruleus</i> Dahlbom, 1854	1998	67	<i>Pseudomalus triangulifer</i> (Abeille, 1877)	1998
33	<i>Elampus sanzii</i> Gogorza, 1887	1991	68	<i>Spintharina versicolor</i> (Spinola, 1808)	1998
34	<i>Elampus scutellaris</i> (Panzer, 1798)	1998	69	<i>Stilbum cyanurum</i> (Förster, 1771)	1999
35	<i>Hedychridium buyssoni</i> Abeille, 1887	2007	70	<i>Trichrysis cyanea</i> (Linnaeus, 1758)	1994

3. *Chrysis clarinicollis* Linsenmaier, 1951  
Anche Questa specie, che fa parte anch'essa del gruppo «*ignita*», è stata considerata da vari autori una sottospecie di *C. mediata* o di *C. ignita*. Recentemente Rosa (2006) ha confermato la sua validità specifica rispetto alle due precedenti. *C. clarinicollis* è considerata una forma a corologia mediterranea occidentale, ma è nota anche di Olanda ed Austria.

*C. clarinicollis* e *C. angustula* sono state osservate anche al di fuori del Parco, in particolare la prima è stata catturata in diversi esemplari lungo gli argini del canale scolmatore (Vicarello, LI), utilizzando trappole ad acqua posate sull'erba.

4. *Chrysis gracillima* Förster, 1853  
*Chrysis gracillima* è una specie presente in tutto il bacino mediterraneo, particolarmente frequente sui

- legni morti dove ricerca i nidi degli ospiti. Nel Parco è stata catturata in un unico esemplare dalla trappola collocata in località «Sterpaia» nel giugno 2006.
5. *Chrysis immaculata* Buysson, 1898  
*Chrysis immaculata* è specie centro europea, assai rara e localizzata. Oltre che della provincia di Pisa (San Rossore e Laiatico), per l'Italia peninsulare è nota per un solo individuo raccolto nella tenuta di Castel Porziano (RM). Un unico esemplare è stato catturato dalla malaise posizionata in località «Boschetto» nel mese di luglio 2005.
  6. *Chrysis leptomandibularis* Niehuis, 2000  
Solo recentemente (Niehuis 2000) questa specie è stata riconosciuta distinta dalla affine *C. angustula* Schenck, 1856. Si tratta di un elemento europeo diffuso dalla Spagna alla Turchia. Un unico esemplare è stato catturato dalla Malaise posizionata in località «Boschetto» nel settembre del 2005.
  7. *Chrysis ragusae* De Stefani, 1888  
Specie ampiamente diffusa in Italia e nel territorio pisano, nel Parco è stata raccolta nel 2005 e 2006 in località «Boschetto» e nel 2006 in località «Sterpaia». *C. ragusae* predilige radure, scarpate prive di vegetazione e vecchi muri.
  8. *Chrysis sexdentata* Christ, 1791  
Come la precedente, anche questa è specie è ampiamente diffusa in Italia e nel territorio pisano. Tre individui sono stati catturati in località «Boschetto» nel 2005 e 2006.
  9. *Cleptes nitidulus* (Fabricius, 1793)  
Specie paleartica presente in vari luoghi umidi della pianura pisana. Nel Parco ne è stato catturato un unico esemplare dalla Malaise posizionata in località «Boschetto» nel 2006.
  10. *Hedychridium valesianum* Linsenmaier, 1959  
Nel 1959, W. Linsenmaier ha descritto la ssp. *valesianum* di *Hedychridium krajniki* Balthasar 1946, che successivamente Rosa (2003) ha dimostrato trattarsi di una buona specie affine ma distinta da *krajniki*. Tutti gli esemplari iberici e dell'Italia peninsulare, che è stato possibile studiare risultano appartenere alla forma *valesianum*. Due esemplari, un maschio e una femmina, sono stati catturati dalla trappola posizionata in località «Boschetto» nel 2005.
  11. *Hedychridium valesiense* Linsenmaier, 1959  
Specie dell'Europa centromeridionale e orientale, di cui un solo esemplare fu catturato in località «Boschetto» nel 2005.
  12. *Holopyga chrysonota* Förster, 1853  
Specie dell'Europa centromeridionale e dell'Anatolia. Nel Parco ne sono stati catturati 11 esemplari nel 2005-2006, tutti in ambiente di radura.
- Anno 2006
13. *Hedychridium buyssoni* Abeille, 1887  
Si tratta di un tipico elemento del Mediterraneo occidentale, presente anche in Nord Africa. Era già conosciuto della pianura Pisana. Due maschi sono stati catturati con trappole ad acqua nel giugno 2007 in località «Escoli» ed una femmina in località «Palazzetto» nel luglio 2007.
  14. *Hedychridium caputaureum* Trautmann, 1919  
Originariamente descritto come una ssp. di *H. roseum* Rossi, 1790 (Linsenmaier, 1959), è stato successivamente riconosciuto come entità distinta da Smid-Egger e al. (1995). Si tratta di un elemento centroeuropeo. Nel Parco, alcuni esemplari furono catturati nel 2007 dalle trappole ad acqua posizionate sull'erba in località «Palazzetto».
  15. *Hedychridium cupritibiale* Linsenmaier, 1987  
*Hedychridium cupritibiale* è una specie descritta originariamente in base ad esemplari dell'Andalusia e del Portogallo (Linsenmaier, 1987, 1997), che fa parte del gruppo «ardens». Si tratta di una forma intermedia tra *H. jucundum* Mocsary, 1889 e *H. reticulatum* Abeille, 1878, che si distingue per il colore prevalentemente rosso delle tibie, dei femori, della parte anteriore delle mesopleure e del clipeo. Questa specie, oltre che in Sardegna (Strumia 2009), è stata rinvenuta lungo la costa tirrenica (riserva di San Rossore (PI), Fauglia (Pisa), Tenuta di Tombolo (PI)), Maccarese (RM)), oltre che nell'isola d'Elba (Cavo) ed in Corsica (Novella). Gli esemplari toscani hanno il colore rosso-ramato meno esteso nella cavità facciale, che può essere blu con tonalità verdi o giallo-verdi. In mancanza di dati ecologici è difficile confermare se si tratta o meno di una buona specie. I genitali maschili sono simili a quelli di *H. jucundum*: la sola differenza è nelle volsella la cui parte distale è allargata, arrotondata e leggermente piegata verso l'esterno in *H. jucundum* mentre è normalmente terminata in *H. cupritibiale*. In San Rossore, *H. cupritibiale* è stato raccolto sul terreno lungo il «Viale del Gombo», in località «Palazzetto» ed in località «Lame alte»; al di fuori del Parco è stato trovato a San Piero (PI).
- Anno 2008
16. *Chrysura radians* (Harris, 1776)  
*Chrysura radians* è un elemento paleartico ad ampia distribuzione, conosciuto di tutta Italia. Una femmina è stata catturata nel maggio 2008 da trappole ad acqua collocate presso l'idrovora del Fiume Morto Vecchio.

#### ANALISI DEI DATI

Nello studio del 2005 era stato pubblicato un elenco di 52 specie di Crisididi di San Rossore. I dati di accumulo del numero delle specie, osservate in campionamenti separati, erano stati interpolati per mezzo dell'equazione di Clench (o di Michaelis-Menten) (Magurran, 2004), e si era ottenuto un valore asintotico di  $S = 63 \pm 10$  specie presumibilmente presenti nel Parco. Poiché negli anni successivi sono stati raccolti molti altri esemplari di Crisididi, ed il numero delle specie è salito a 70, ho ritenuto opportuno calcolare una nuova curva di interpolazione. Ogni stagione è considerata come un unico campionamento, indipendentemente dai metodi di raccolta; il numero di specie accumulato è stato poi mediato (rendendolo indipendente dall'ordine di campionamento) per mezzo del programma EstimateS

(Colwell, 2004) e i dati, così ottenuti sono interpolati per mezzo dell'equazione di Clench (Soberon & Llorente, 1993):

$$S = A \cdot X / (B + X)$$

dove **A** e **B** sono costanti, da determinare con l'interpolazione nonlineare, ed **X** è il numero di specie accumulate dopo ogni campionamento. La costante **A** dà quindi il valore asintotico **S** previsto per le specie presenti, mentre la costante **B** indica il numero di campionamenti necessari per osservare almeno il 50% delle specie.

Il risultato è mostrato nella Figura 1. La qualità del fit è soddisfacente ( $R = 0,999$ ) e il valore asintotico indica la probabile presenza nel Parco di  $S = 107 \pm 15$  specie, mentre per la costante **B** si ottiene:  $B = 8 \pm 1$  campionamenti.

Come verifica della plausibilità di questo risultato, una procedura analoga è stata usata per estrapolare l'accumulo storico di tutte le specie segnalate in letteratura per la provincia di Pisa.

Si conoscono attualmente 123 specie; la risultante curva di accrescimento è mostrata per confronto in Figura 1. Il valore estrapolato risulta:  $S = 154 \pm 12$ , superiore, e compatibile con quello di San Rossore. Risultati analoghi si ottengono anche per le provincie limitrofe. Ad esempio, per la provincia di Livorno si conoscono attualmente (2007) 71 specie di Crisididi, ed il valore estrapolato è:  $S = 108 \pm 10$ .

Il notevole incremento registrato dopo il 2004 è principalmente dovuto alle catture effettuate nella stagioni 2005-2006, che sono state particolarmente favorevoli

allo sviluppo degli Imenotteri (Strumia *et al.*, 2007).

Alcune delle novità sono elementi la cui presenza al di fuori del Parco è nota, mentre altre 7 risultano entità non ancora conosciute per la provincia di Pisa. Le prime possono essere interpretate come elementi vagili, saltuariamente provenienti dall'esterno della tenuta, mentre le seconde devono essere considerate elementi autoctoni rari, che riescono a sopravvivere in ambienti particolari del Parco. Tra di essi si segnalano: *Cleptes nigrinus*, *Chrysis immaculata*, *C. leptomandibularis*, *Elampus constrictus coeruleus*, *Hedychridium caput-aureum*, *H. homeopathicum*, *H. vallesiense*.

Tra le specie vagili, che potrebbero però essere semplici presenze occasionali, si segnalano: *Chrysis sexdentata*, *C. gracillima*, *C. angustula*, *C. ragusae*, *Cleptes nitidulus*, *Holopyga chrysonota*.

Da questi risultati appare evidente la notevole ricchezza della biodiversità del Parco, che comprende specie rare e interessanti e dove è presente il 70% delle specie della provincia di Pisa e il 44% di quelle italiane.

Negli anni 1998-2008 le trappole Malaise sono state collocate in siti diversi e non ancora campionati per ottenere dati sulla distribuzione delle specie all'interno del Parco. Il risultato preliminare di 13 trappole è mostrato nella Figura 2.

Per confrontare la ricchezza dei 13 siti, nella Figura 2 viene indicato per ognuno l'indice di ricchezza di Shannon ed il numero di specie previste, valutato per mezzo dell'estimatore nonparametrico Jackknife 1. Da questi dati risulta che la biodiversità non è uniforme, ma aumenta nell'area sud-occidentale (località «Boschetto»). La ricchezza diminuisce invece nell'area

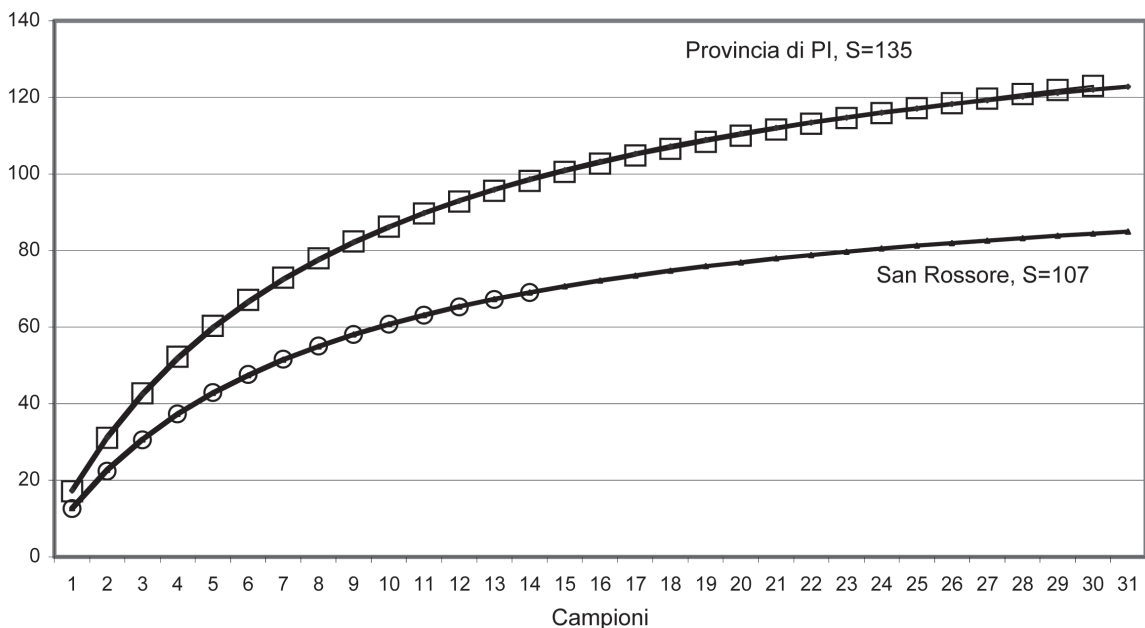


Fig. 1 - Numero delle specie di Imenotteri Crisididi accumulate in funzione del numero dei campionamenti effettuati nel territorio della provincia di Pisa (quadrati) e del Parco di San Rossore (cerchi). I punti sono i dati sperimentali, le curve continue il risultato dell'interpolazione con la funzione di Clench.

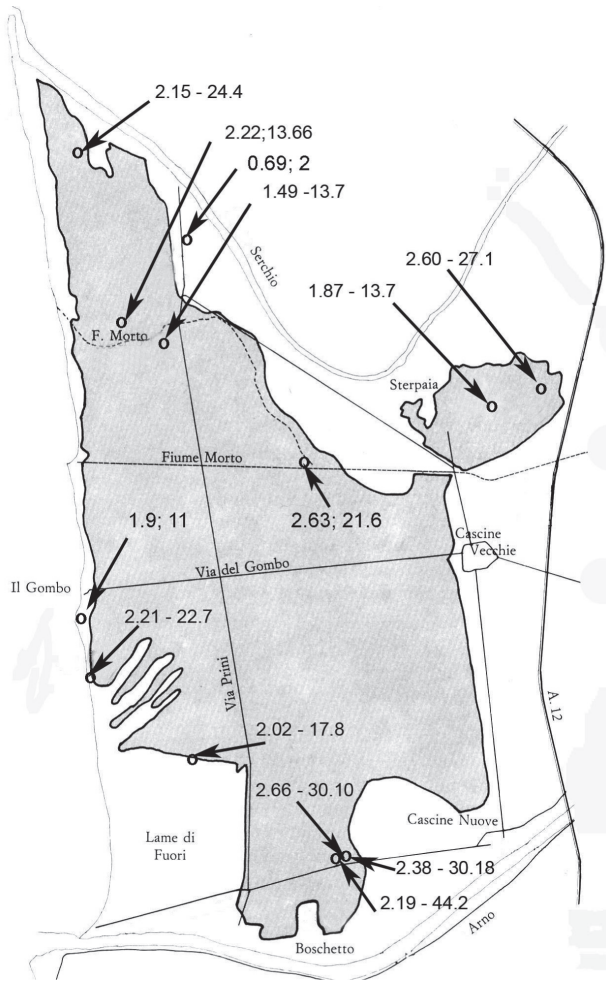


Fig. 2 - Posizionamento nel Parco di San Rossore delle 13 trappole Malaise utilizzate nel periodo 1998-2008. Per ognuna è indicato il valore dell'indice di Shannon ed il numero di specie di Crisididi previsto dall'estimatore nonparametrico Jackknife I. La maggiore ricchezza di specie si osserva nella parte sud-occidentale del Parco. Le aree boscate sono in grigio.

umida delle «Lame» e nella parte nord nel bosco oltre il «Fiume Morto Vecchio».

### Fluttuazioni stagionali

Negli anni di studio è stata osservata una sensibile fluttuazione stagionale nel numero di specie e di individui. Essa risulta, almeno in parte, correlata con la piovosità estiva del periodo giugno-settembre (Fig. 3). Il minimo di catture delle trappole si è avuto nel 2003, in concomitanza con un'estate particolarmente arida e calda. Una seconda diminuzione si è avuta negli anni 2007-2008. Analisi più dettagliate richiederebbero un monitoraggio esteso su un più ampio intervallo temporale. I dati pluviometrici disponibili ([www.cfr.toscana.it](http://www.cfr.toscana.it)) si riferiscono inoltre ai valori medi della provincia di Pisa, non essendovi stazioni di rilevamento attive all'interno del Parco.

### Composizione della comunità

La composizione percentuale delle varie specie è stata studiata per verificare un'eventuale diversa composizione delle comunità, ed una dipendenza delle catture dal tipo di trappola.

Non esistono, purtroppo, dati disponibili sull'estensione dell'area di cattura delle trappole Malaise. È comunque ragionevole supporre che esse catturino con un'efficacia decrescente in funzione della distanza dal posizionamento. Partendo da questa ipotesi, si sono studiate le differenze tra i diversi ambienti usando metodi di *clustering*. Si sono usati i dati delle sole trappole Malaise in quanto non influenzati dal raccoglitore. Le 13 trappole furono posizionate nei seguenti ambienti principali: 1) bosco, 2) radure, aperte e soleggiate, 3) retrospiaggia, dalla riva sino all'inizio del bosco.

Essendo adeguate le dimensioni del campionamento per ogni sito (Tab. 1), è stata costruita una matrice di presenza-assenza delle specie. Per il calcolo delle distanze relative tra le specie, si è usato l'algoritmo di «differenza percentuale», adatto a dati di tipo categorico. Infine, il cluster di affinità è stato costruito usando l'algoritmo di Ward (Ward, 1963).

Il risultato è mostrato in Figura 4, dove si osserva che i siti si riuniscono in tre gruppi principali corrispondenti ai tre biotopi di bosco, radura e retrospiaggia.

Il primo gruppo (STER05, FM03, LAME07, FM98) comprende 4 trappole, tutte situate in ambiente di pineta o bosco denso (un ambiente quantitativamente e qualitativamente povero di Imenotteri).

Il secondo gruppo (BATT05, GOM04) comprende le due trappole collocate nell'ambiente aperto e sabbioso di retrospiaggia (un biotopo arido ma adatto alla nidificazione degli Imenotteri).

Il terzo gruppo (STER06, BOS05, BOS05, BOS99) riunisce infine le quattro trappole posizionate lontano dal mare ma in ambienti aperti di radura: ben soleggiate, con terreno in parte nudo e favorevole alla nidificazione di molte specie.

Questi tre ambienti si differenziano anche per il valore medio del numero di specie, di individui e dell'indice di Shannon. Questi valori aumentano passando dal primo al terzo gruppo, a conferma che il massimo di biodiversità dei Crisididi si raggiunge in ambienti aperti e soleggiate con terreno sabbioso (Fig. 5).

Per una ulteriore conferma di questo risultato, analoga procedura di *clustering* è stata ripetuta anche per un'altra famiglia di Imenotteri, i Mutillidi, per i quali sono disponibili i dati dello studio effettuato, sempre con trappole Malaise, nel periodo 1998-2005 (Strumia *et al.*, 2007). Si ottiene un risultato, concordante, come è mostrato in Figura 6.

Nel lavoro del 2007 avevamo osservato come per ogni sito campionato le specie di Mutillidi dominanti risultavano diverse, ed avevamo interpretato il fatto come l'evidenza di una distribuzione disomogenea. Nel cluster di Figura 6 si osserva una aggregazione in due gruppi ben distinti.

Il primo gruppo comprende ambienti di bosco (FM98, GOM04, STER05), il secondo (BOS05, BATT06, BOS99, BOS05) ambienti di radura (in località «Boschetto» nel 2005 i Mutillidi furono campionati con due trappole tra

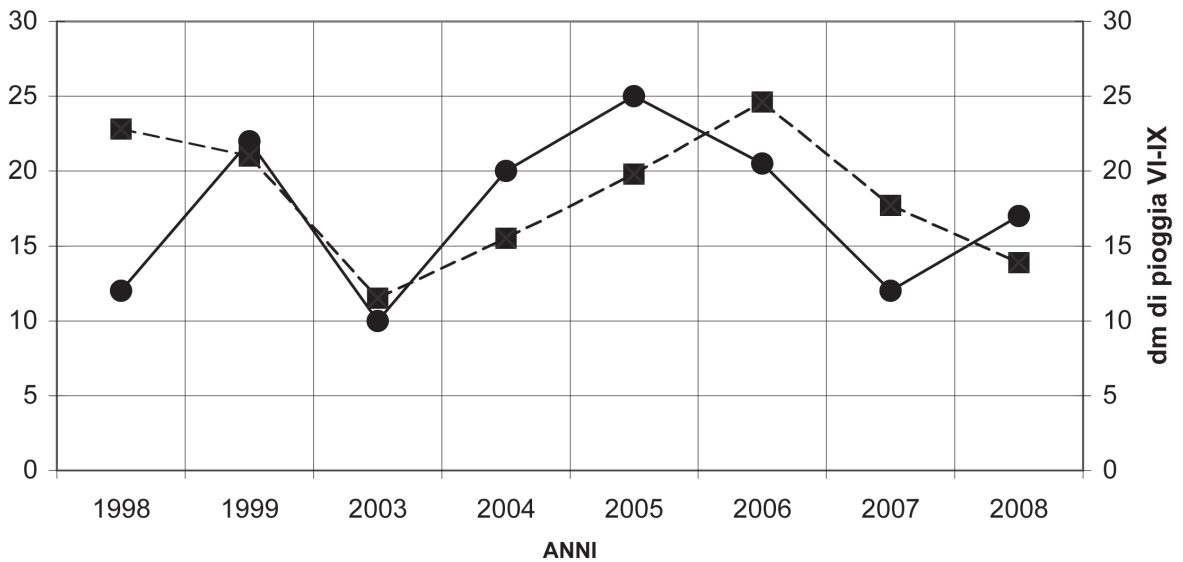


Fig. 3 - Per ogni anno di campionamento è riportato il numero di specie osservate (linea tratteggiata) e le precipitazioni in decimetri, nel periodo giugno-settembre (linea continua).

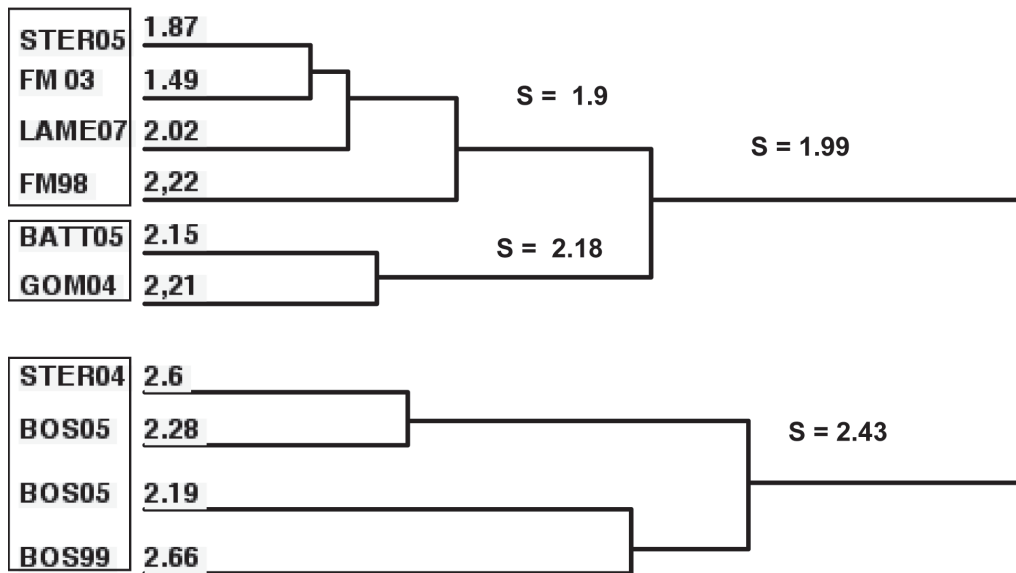


Fig. 4 - Cluster di affinità tra le specie di Crisididi catturati da 10 trappole Malaise che hanno operato in San Rossore nel periodo 1999-2007. Si nota la separazione tra le trappole posizionate in radure aperte e quelle collocate nel bosco. Per i clusters principali è riportato anche il valore medio dell'indice di biodiversità di Shannon (S).

loro vicine). Un solo sito si posiziona differentemente nelle Figure 4 e 6: la località «Batteria», considerata di retrospiaggia nel caso dei Crisididi, si associa preferenzialmente con i biotopi di bosco per i Mutillidi. Va tuttavia notato che la Malaise «BATT06», pur essendo prossima alla spiaggia, era stata collocata al limite della

pineta (Fig. 2 in Strumia *et al.*, 2007) e quindi al confine tra i due ambienti. Il risultato potrebbe essere imputabile a una diversa vagilità tra le due famiglie. In conclusione, possono essere tra loro coerenti i risultati ottenuti per i Crisididi e i Mutillidi, e confermare l'esistenza di comunità diverse nei tre biotopi.

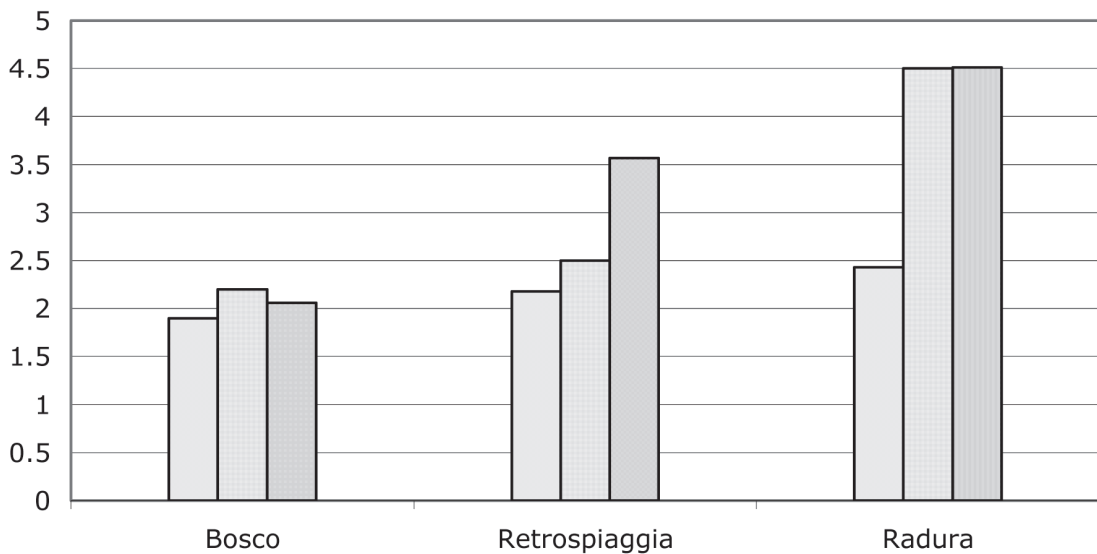


Fig. 5 - Valori di alcuni parametri osservati per i tre ambienti campionati nel Parco di San Rossore. Nella prima colonna è dato l'indice di ricchezza di Shannon, nella seconda e terza il numero di specie (S/10) e di individui catturati (I/100).

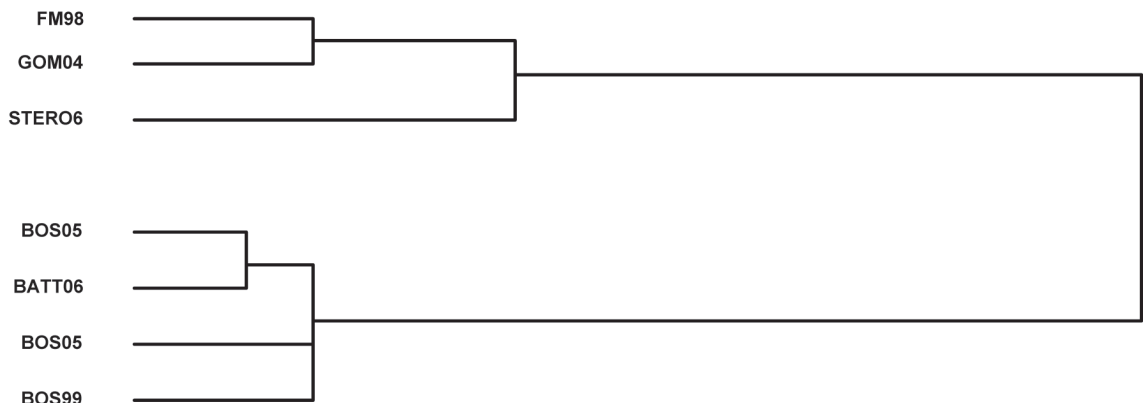


Fig. 6 - Cluster di affinità tra le specie di Mutillidi catturati in San Rossore, da 7 trappole Malaise nel periodo 1998-2005.

Nelle comunità alcune specie risultano molto numerose, o dominanti. Nella Tabella 3 e in Figura 7 si presenta la composizione percentuale delle specie più comuni nei tre ambienti (retrospiaggia, bosco e radura). L'ultima colonna riporta i dati ottenuti con trappole ad acqua, purtroppo disponibili per il solo ambiente di radura. In quest'ultimo caso si evidenziano le differenze legate al metodo di cattura. Le trappole ad acqua catturano infatti preferenzialmente specie che volano vicino al suolo, in cerca dei nidi degli ospiti che vi nidificano (si tratta, per lo più, delle specie appartenenti ai generi *Holopyga*, *Hedychrum* e *Hedychridium*). Inoltre catturano con minore probabilità quelle specie, come ad esempio *Trichrysis cyanea*, *Omalus aeneus* e *Hedychri-*

*dium monochroum*, che usano come ospiti Imenotteri nidificanti nel legno morto, e che raramente si abbassano al livello del suolo.

*Trichrysis cyanea*, è una specie paleartica, molto comune, dominante in ambiente di bosco e di radura, ma praticamente assente in quello retrodunale (Fig. 8). Inoltre, in radura, questa specie non è catturata dalle trappole ad acqua, nelle quali prevalgono specie dei generi *Holopyga* ed *Hedychrum*.

*C. bicolor*, la seconda specie di Crisidide più comune del Parco, domina gli ambienti di retroduna e bosco, dove è frequente osservarla sul terreno sabbioso mentre si muove attivamente tra gli aghi di pino. Al contrario *Hedychridium monochroum*, che pure utilizza nidi nel legno morto,



Tab. 3 - Presenza percentuale delle specie di Crisididi più comuni nei tre ambienti del Parco di San Rossore.

Specie	Ambiente	Bosco, Malaise	Retroduna, Malaise	Radura, Malaise	Radura, Piatti
<i>Chrysis auriceps</i>		4,9	12,9	1,1	1,8
<i>Chrysis bicolor</i>		12,6	36,7	4,0	0,9
<i>Chrysis lanceolata</i>		6,0	5,6	0,9	0,9
<i>Hedychridium femoratum</i>		4,4	8,4	5,1	5,4
<i>Hedychridium flavipes</i>		1,5	5,3	11,1	0,9
<i>Hedychridium monochroum</i>		0,0	7,3	5,0	2,7
<i>Omalus aeneus</i>		22,8	4,2	6,9	0
<i>Pseudomalus auratus</i>		4,9	0,6	4,0	0,9
<i>Trichrysis cyanea</i>		30,1	1,7	26,2	0
<i>Hedychridium jucundum</i>		1,0	1,1	2,9	16,2
<i>Holopyga jurinei</i>		1,9	0,3	1,6	15,3
<i>Chrysis gribodoi</i>		2,9	3,4	3,3	13,5
<i>Hedychrum nobile</i>		1,9	0,0	1,6	10,8
Indice di Shannon - valore medio		1,90	2,18	2,43	2,72
Individui campionati		206	357	451	111

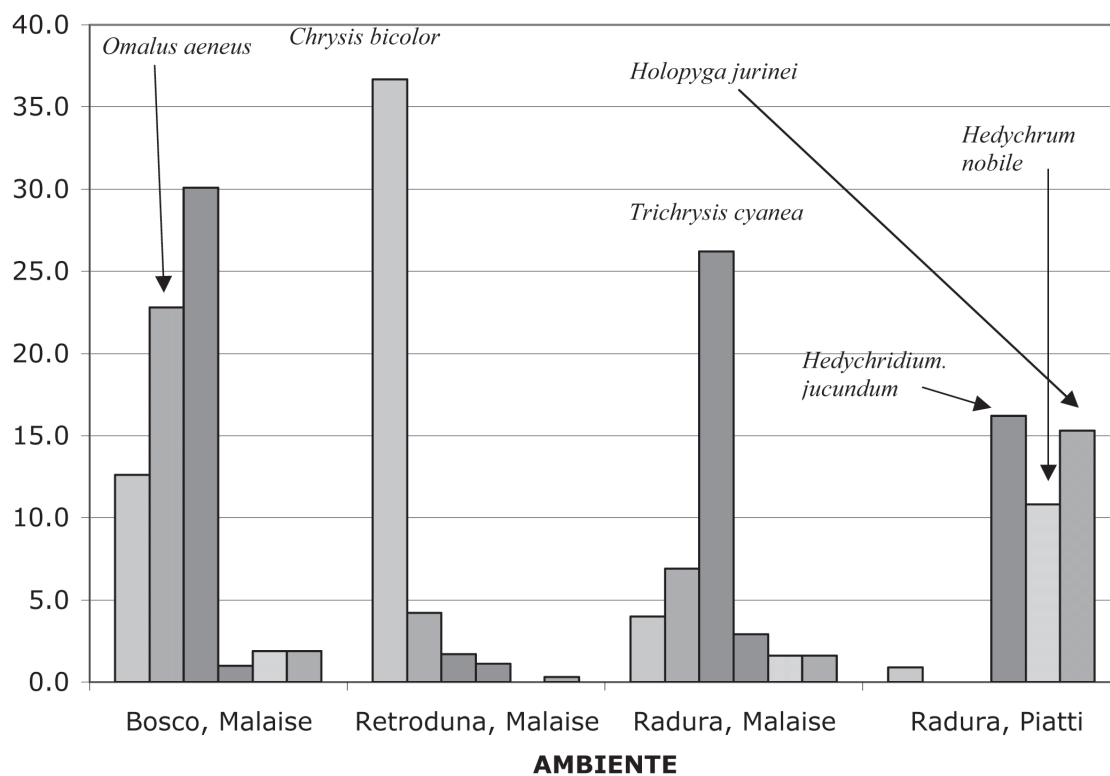


Fig. 7 - Frequenza percentuale di alcune specie nel materiale catturato in ambienti diversi e con trappole Malaise e con trappole ad acqua.

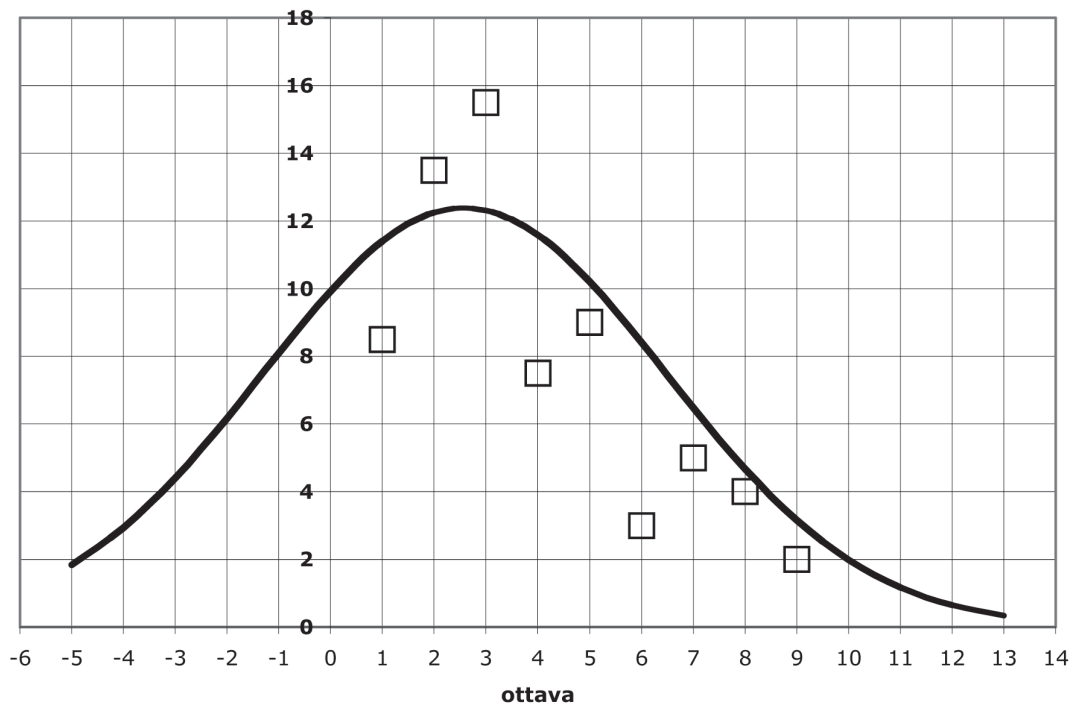


Fig. 8 - Distribuzione lognormale di un campione di 1207 Imenotteri Crisididi raccolti nel Parco di San Rossore (PI). L'integrale della curva di interpolazione indica la presenza di circa 119 specie.

risulta assente nell'ambiente di bosco e sembra preferire ambienti aridi e soleggiati, come pure *H. flavipes* e *H. femoratum*. Queste differenze nella distribuzione delle specie risultano particolarmente evidenti in Figura 7.

### Struttura della comunità

Nella letteratura ecologica la struttura delle comunità viene classificata in base al numero di individui osservati per ogni specie. Queste sono perciò ordinate in base al numero di individui che le rappresentano e la distribuzione risultante viene confrontata con modelli dedotti in base ad ipotesi sulla suddivisione delle risorse. Sono disponibili due modelli principali: la distribuzione lognormale e la distribuzione logaritmica (Ludwig & Reynolds, 1988; Magurran, 2004). Dalla interpolazione alla distribuzione lognormale è possibile dedurre, in un modo indipendente, il numero di specie di una comunità.

Per il calcolo si è seguita la procedura di aggregazione in ottave suggerita da Ludwig & Reynolds (1988) (nella prima ottava viene conteggiata la metà delle specie rappresentate da un unico individuo). I dati così raggruppati sono stati interpolati con una funzione gaussiana, ottenendo il risultato mostrato in Figura 8, basato su un campione di 1207 individui.

La qualità dell'interpolazione è accettabile ( $R^2 = 0,74$ ) e, dall'integrale della curva di interpolazione, risulta una comunità composta da 119 specie. Questo risultato è in buon accordo col valore ottenuto dalla curva di accumulazione delle specie ( $S = 107 \pm 15$ ).

Dallo studio del materiale raccolto nel Parco, poche specie risultano prevalenti come numero di individui e possono essere considerate gli elementi che ne caratterizzano la fauna. Nella Figura 9 sono evidenziate le specie la cui frequenza supera il 5%. Delle due specie più comuni, e che insieme corrispondono a circa un terzo di tutto il campione, *Trichrysis cyanea* è un elemento comune in tutta Europa e in molti ambienti, mentre *Crysis bicolor* è, al di fuori del Parco, una specie localizzata che, in Europa meridionale, compare sempre con pochi individui isolati. Essa è pertanto da considerarsi l'elemento caratterizzante dei Crisididi di San Rossore.

### CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati di un campionamento che si è protratto per più di 10 stagioni, è stato possibile raggiungere alcune conclusioni sulla popolazione degli Imenotteri Crisididi del Parco di San Rossore:

1. La biodiversità è elevata, sebbene siano state osservate solo 70 specie, mentre le previsioni statistiche concordano sulla presenza di circa 113 specie.
2. Sono stati evidenziati tre diversi ambienti, ognuno con una diversa composizione percentuale di specie.
3. La ricchezza non è uniforme: il massimo si osserva nell'area sud-occidentale con esclusione delle aree umide delle «Lame».
4. Il numero delle specie e degli esemplari catturati oscilla sensibilmente nel tempo e sembra legato al regime pluviometrico.

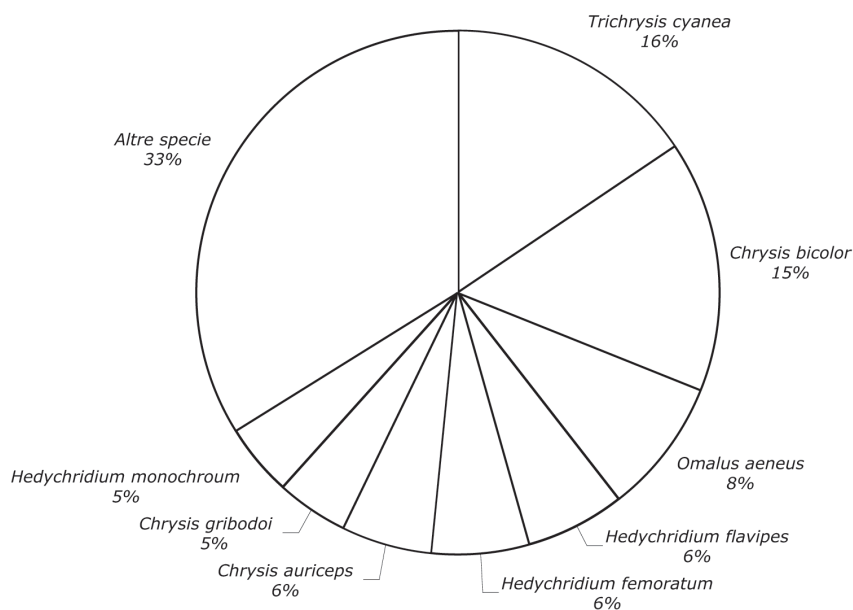


Fig. 9 - Composizione percentuale delle specie più comuni in un campione di 1207 Crisididi catturati dalle trappole Malaise nel Parco di San Rossore nel periodo 1998-2008.

5. Alcune specie, particolarmente rare (o residui di precedenti, antiche popolazioni) riescono a sopravvivere in punti del Parco, che non coincidono necessariamente con quelli protetti per altri motivi.

Come conclusione generale si evidenzia il valore dei monitoraggi estesi su un lungo intervallo temporale e l'acquisizione di dati numerici.

#### RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il sig. Pierluigi Scaramozzino ed il dott. Marco Dellacasa, del Museo di Storia Naturale, il prof. Alfio Raspi, della facoltà di Agraria, ed infine il dott. Leonardo Dapporto per l'aiuto che mi hanno dato, nel corso degli anni, nella gestione delle trappole e nella raccolta del materiale.

#### BIBLIOGRAFIA

- Colwell R.K., 2004. ESTIMATE S: statistical estimation of species richness. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Colwell R.K., Mao C.X., Chang J., 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence based accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.
- Dapporto L., Magi F., Strumia F., 2004. I Macrolepidotteri dell'area boschiva e retrodunale della Riserva di San Rossore (Pisa). *Frustula Entomol.* 39 (40): 20-45.
- Dapporto L., Strumia F., 2005. Gli Imenotteri Chrysididae della Riserva Naturale Di San Rossore. *Frustula entomol.* 28-29: 90-96.
- Linsenmaier W., 1959. Revision der Familie Chrysididae (Hymenoptera). *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 32: 1-240.
- Linsenmaier W., 1987. Revision der Familie Chrysididae (Hymenoptera). 4 Teil. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 60: 133-158.

- Linsenmaier W., 1997. Altes und Neues von den Chrysididen (Hym. Chrysididae). *Entomofauna* 18: 245-300.
- Ludwig J., Reynolds J.F., 1988. *Statistical ecology*. Wiley, New York, 337 pp.
- Magurran A.E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Oxford, 256 pp.
- Niehuus O., 2000. The European species of the *Chrysis ignita* group: revision of the *Chrysis angustula* aggregate (Hymenoptera, Chrysididae). *Mitt. Mus. nat. Kd. Berl. Dtsch. entomol.* 47: 181-201.
- Rosa P., 2003. Nuovi reperti di Crisidi per l'Italia, con note tassonomiche (Hymenoptera, Chrysididae). *G. ital. Entomol.* 10: 301-313.
- Rosa P., 2006. I Crisidi della Valle d'Aosta. *Monografia n. 6*, Museo Regionale di Scienze Naturali S. Pierre-Valle D'Aosta, 360 pp.
- Schmid-Egger Ch., Risch S., Niehuus O., 1995. Die Wilbienen und Wespen in Rheinland-Pfalz. *Z. Naturschutz, Beih.* 16, 296 pp.
- Schmid-Egger Ch., 1995. Ergänzungen zur Taxonomie und Verbreitung von zwei Arten der Gattung *Hedychridium* Abeille 1878 (Hymenoptera, Chrysididae). *Linzer biol. Beitr.* 27: 401-411.
- Soberon J., Llorente J., 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.* 7: 480-488.
- Strumia F., 2006. *Hymenoptera Chrysididae*. In: Ruffo S., Stoch F. (eds.). Checklist and Distribution of the Italian Fauna, *Mem. Mus. Civ. St. nat. Verona, 2. Ser., Sezione della Vita* 17: 267-268 (con CD-ROM).
- Strumia F., Delanuez A., Wolf H., 2007. Gli Imenotteri Pompilidi (Hymenoptera Vespoidea) Della Riserva Naturale di San Rossore (Pisa). *Frustula entomol.* 30: 129-136.
- Strumia F., Pagliano G., Delanuez A., 2007. Gli Imenotteri Mutillidi (Hymenoptera Mutillidae) Della Riserva Naturale di San Rossore (Pisa). *Frustula entomol.* 30: 93-102.
- Strumia F., 2009. Hymenoptera Chrysididae of Sardinia Island. In stampa.
- Ward J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize and objective function. *J. Am. Stat. Ass.* 58: 236.