

L'impatto dei cambiamenti climatici sulle farfalle italiane

Emilio BALLETT* , Francesca BARBERO, Luca P. CASACCI, Cristiana CERRATO, Dario PATRICELLI & Simona BONELLI

Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università degli Studi di Torino, Via Verdi 8, 10124 Torino, Italia

* E-mail dell'Autore per la corrispondenza: emilio.ballegto@unito.it

RIASSUNTO - *L'impatto dei cambiamenti climatici sulle farfalle italiane* - Con questo lavoro ci proponiamo di valutare gli effetti che le attuali variazioni del clima stanno avendo sui popolamenti animali, in particolare sulle farfalle diurne. Il declino dei Lepidotteri sta interessando infatti tutta l'Europa, assumendo proporzioni allarmanti soprattutto in Germania, Olanda, Belgio e Inghilterra. Su 280 specie italiane, 21 sono a rischio di estinzione. I nostri dati dimostrano che, a partire dal 1798, almeno 277 popolazioni italiane di farfalle diurne e zigenidi si sono estinte. Nel 67.6% dei casi ciò è imputabile a cambiamenti dell'habitat. Le estinzioni apparentemente causate dai cambiamenti climatici sono il 32.4% (90) fino al 1950, ma hanno raggiunto il 48% nel 2000. A partire dal 1950 si osserva un decremento del contingente di specie igrofile, colpite dal riscaldamento e dal minor apporto idrico. Talvolta le conseguenze del riscaldamento globale sulle farfalle comportano spostamenti di areale (le popolazioni si spostano verso nord o salgono di quota). In altri casi le alte temperature estive influenzano i periodi di volo, causandone spostamenti orari. Il riscaldamento globale ha anche favorito l'ingresso e l'espansione di numerose specie "aliene". Fra i lepidotteri è emblematico il caso di *Cacyreus marshalli*, licenide sud africano, oggi da noi comunissimo, che raggiunge ormai anche quote elevate.

SUMMARY - *Climate change impact on Italian butterflies* - The main purpose of this paper is to evaluate the effects of current climatic variations on butterflies. The decline of Lepidoptera is involving the whole of Europe, and is reaching alarming proportions in Germany, Netherland, Belgium and Great Britain. Out of 280 Italian species, 21 are facing extinction. Our data shows that since 1798, at least 277 Italian populations of butterflies and zygenids have become extinct. The extinctions caused by climate change are 32.4% (90 populations) before 1950, rising to 48% in 2000. In addition, 67.6% of butterfly population extinction seems to be attributable to habitat modification. The results show a decrease of hygrophilous species since 1950 due to higher temperatures and lower water contributions. Climate change produced also range expansions at high elevations and latitudes and phenological variations on daily movements. Global warming has also promoted the arrival and expansion of numerous alien species (i.e. *Cacyreus mashalli*, a south African lycaenid, which is now widespread in Italy even at high altitudes).

Parole chiave: biodiversità, estinzioni, cambiamenti climatici, conservazione, Italia

Key words: biodiversity, extinctions, climate change, conservation, Italy

1. UN CLIMA VARIABILE

Il clima del Globo terrestre, come ogni caratteristica dell'Universo, è in continuo divenire. Già nel 1920 Milutin Milankovitch aveva dimostrato l'esistenza di variazioni climatiche a lungo termine, dell'ordine di migliaia di anni, legate a modificazioni nell'orbita terrestre. A tali fattori sono stati più recentemente aggiunti altri (cfr ad esempio Hays *et al.* 1976), sia di origine naturale che antropica, come variazioni nella costante solare e nella circolazione globale oceanica, o come l'aumento della concentrazione di gas serra in atmosfera. Ogni fattore ha diversa periodicità e dall'interazione di tali periodi deriva l'apparente irregolarità del clima. Intorno al 1000 DC, quando Leif Erikson raggiunse (forse) per la prima volta l'America, la Groenlandia era verdissima ed il clima globalmente mite. La Cornovaglia era il "muro del grano" e vi si coltivava la vite. Il successivo raffreddamento condusse alla cosiddetta "piccola era glaciale" che si sviluppò, alle nostre latitudini,

dal 1300 al 1850. I ghiacciai delle Alpi raggiunsero allora la massima estensione storica. Oggi stiamo invece osservando il progressivo riscaldamento del globo. I fattori di origine naturale, tuttavia, non sembrano essere sufficienti a spiegare la velocità con cui il clima si sta modificando. Secondo quanto affermato dal quarto rapporto dell'IPCC (International Panel on Climate Change), il riscaldamento climatico è ormai una realtà inequivocabile, strettamente legata al consumo di grandi quantità di combustibili fossili e alla deforestazione effettuata su larga scala (IPCC 2007). La diretta conseguenza è un aumento elevato delle concentrazioni di CO₂, metano e altri gas serra, che contribuirà a determinare il più rapido cambiamento climatico a partire dall'ultima glaciazione. Negli ultimi cento anni, il clima della Terra ha sperimentato un aumento della temperatura media di circa 0.74°C. Modelli climatici prevedono, entro il 2100, un ulteriore aumento delle temperature medie, compreso tra 1° e 3.5°C, affiancato a cambiamenti nella distribuzione e nella variabilità delle precipitazioni (IPCC 2007).

2. IL DECLINO DEI LEPIDOTTERI DIURNI

Gli insetti sono caratterizzati da tempi generazionali brevi e da un elevato tasso riproduttivo. Sono anche organismi generalmente ectotermi, il cui ciclo vitale e la cui sopravvivenza sono fortemente influenzati dalla temperatura. Queste caratteristiche li rendono forse il gruppo zoologico su cui gli effetti dei cambiamenti dell'ambiente a breve termine sono più facilmente individuabili. Le farfalle, in particolare, essendo -fra l'altro- cospicue e ben conosciute, sono specialmente indicate per svolgere studi sugli effetti delle variazioni ambientali e si sono dimostrate migliori indicatori persino degli uccelli o delle piante verdi (Thomas *et al.* 2004).

La fauna Italiana comprende 280 specie di farfalle diurne. I dati sulla distribuzione italiana delle farfalle diurne sono relativamente abbondanti, anche grazie alla vasta bibliografia, che comprende oltre 2000 lavori. Recentemente il Ministero dell'Ambiente ha sponsorizzato la creazione di un *database* che, dopo molte revisioni, conta oggi circa 200.000 dati storici. Solo due versioni "in progress" di tale *database* sono state pubblicate, la più recente delle quali risale al 2006 (Balletto *et al.* 2006a, 2006b). Perlopiù le specie italiane sono ben conosciute dal punto di vista tassonomico, corologico, biologico ed ecologico.

Le farfalle diurne italiane abitano l'intera gamma degli ambienti terrestri, dal livello del mare fino alle maggiori altitudini, anche se in Italia relativamente poche di esse possono riprodursi oltre i 2500 m. Le specie legate ai vari orizzonti vegetazionali, infatti, sono quantitativamente fra loro molto diverse. Cominciando dalle quote maggiori, 47 specie sono diffuse soltanto, o soprattutto, al di sopra del limite della vegetazione arborea e devono, perciò, considerarsi eu-alpine. Fra le altre, una novantina sono legate all'orizzonte montano. Di queste ultime, circa metà gravitano soprattutto su quello superiore (orizzonte del faggio e degli abeti, più di rado a quello del cerro), le rimanenti su quello inferiore (orizzonte delle querce, o collinare). Poche specie, come *Colias hyale*, *Maculinea alcon*, *M. teleius*, *Euphydryas aurinia* (s. str.), *Coenonympha oedippus*, sono planiziali e abitano soltanto la Pianura Padana. Le entità eu-mediterranee, esclusive della fascia litoranea, sono circa una dozzina.

Da un punto di vista più generale, si può affermare che le farfalle diurne sono molto spesso ecologicamente ecotonali e solo di rado sono legate ad ambienti stabili, di tipo climacico. In altre parole solo un po' meno del 10% (25 su 280) delle nostre specie abita l'orizzonte alpino o è caratteristica delle foreste; l'altro 90% abita gli ambienti transitori.

I dati disponibili evidenziano come le farfalle diurne siano in declino ovunque in Europa: ben 21 specie, ad esempio, sono estinte in Belgio e 5 sono scomparse dalla Gran Bretagna in epoca storica. In Italia potrebbe essersi verificato almeno un evento di estinzione (*Lycaena helle*), ma il dato non è completamente certo.

Nel corso di uno studio sponsorizzato dal Ministero dell'Ambiente e affidato all'Unione Zoologica Italiana, si è valutato che le specie minacciate d'estinzione in Italia siano 21 (Balletto *et al.* 2006a).

Le specie dell'orizzonte alpino e quelle veramente forestali sono in genere le meno minacciate (Balletto 2005). Un importante problema, infatti, è rappresentato

dalle specie dei prati, che una volta abbandonati si trasformano rapidamente in bosco. Fra queste ultime, le specie a più elevato rischio di estinzione a breve termine sono poi quelle strettamente planiziali. Le farfalle del genere *Maculinea*, infine, data la loro particolarissima biologia larvale, necessitano non solo di buone condizioni per gli adulti, le larve e le piante nutrici, ma anche per le formiche che le ospitano durante il periodo invernale.

Le principali cause di minaccia sono identificabili nella sottrazione di habitat e nei cambiamenti nell'uso del suolo e delle pratiche agronomiche. Tali trasformazioni generano frammentazione ed isolamento, aumentando così le probabilità che possano manifestarsi pericolosi eventi stocastici. Ad essi si somma il ruolo chiave dei cambiamenti climatici nel declino delle farfalle. Gli effetti dell'azione di questo ultimo fattore sono però talvolta difficili da separare da quelli della trasformazione dell'habitat.

Le modificazioni climatiche hanno già iniziato ad avere ripercussioni sulla flora e sulla fauna di tutto il mondo, così come è chiaramente suggerito da molte simulazioni e proiezioni, basate su studi a lungo termine (Thuiller *et al.* 2005, 2006; Kühn *et al.* 2008). Cambiamenti nella distribuzione, nell'estensione degli areali, nella fenologia, nella *fitness*, nella dinamica di popolazione e nella conseguente probabilità di estinzione sono già state registrate per la biodiversità vegetale ed animale e in ecosistemi diversi. Questo porterà, a livello locale, non solo a cambiamenti nella composizione e nella struttura delle cenosi, ma anche negli equilibri funzionali degli ecosistemi, determinati, come è noto, dalle interazioni tra comunità viventi (fattori biotici) e parametri chimico-fisici dell'ambiente (fattori abiotici).

Non esiste ancora, tuttavia, una comprensione completa di come i cambiamenti climatici influenzino le comunità: le serie storiche sono spesso scarse, in particolare per gli invertebrati e per alcuni ecosistemi, fra cui quelli montani. Il confronto tra dati recenti e dati storici non è infatti sempre agevole: questi ultimi sono stati raccolti in modo non sempre rigoroso e risultano, a volte, di difficile interpretazione.

Un clima favorevole può determinare la crescita di una popolazione e la sua espansione verso altri habitat favorevoli, mentre gli eventi climatici dannosi sono fra le cause delle annuali fluttuazioni delle popolazioni di Lepidotteri (Warren 1992). Ciò può avvenire tramite:

- spostamenti di areale (latitudini o altitudini maggiori);
- cambiamenti nella fenologia.

Nel corso del XX Secolo, in Gran Bretagna, 34 specie relativamente mobili, su 54 analizzate, hanno subito spostamenti verso Nord al loro limite settentrionale (Parmesan *et al.* 1999).

3. COMUNITÀ DI FARFALLE E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Rocci (1911) è stato il primo autore a rilevare il declino di alcune specie di farfalle italiane. Evidenze di questo fenomeno in Italia sono state successivamente accumulate nel corso degli anni da diversi autori (da Storace 1952, fino a Scalercio *et al.* 2006). A partire dal 1798 almeno 277 popolazioni di farfalle diurne e zigenidi si sono

estinte. Sebbene la maggior parte delle estinzioni è da attribuirsi a cambiamenti nell'uso dei suoli (67.6% delle estinzioni), i cambiamenti climatici sono stati direttamente o indirettamente responsabili di molte estinzioni pari a circa un terzo del totale.

La maggior parte di esse si è verificata tra il 1901 e il 1950. Ad essere interessate dal fenomeno sono in larga parte popolazioni di specie termofile il cui habitat ha subito riforestazione o urbanizzazione. Le estinzioni apparentemente causate dai cambiamenti climatici sono il 32.4% (90 popolazioni) fino al 1950, ma il tasso di estinzione imputabile a questa causa è in aumento ed ha raggiunto il 48% nel 2000. Fino al 1950 non si registrano significative differenze ecologiche tra le specie estinte a causa dei cambiamenti climatici. Recentemente si assiste ad un decremento del contingente di specie igrofile, colpito dal riscaldamento e dal minor apporto idrico.

Come prevedibile l'effetto dei cambiamenti climatici è stato maggiormente percepito dalle popolazioni al margine dell'areale della specie (86% delle estinte dopo il 1950) le quali pertanto hanno un maggior numero di probabilità di estinzione, mentre le estinzioni dovute alle modificazioni dell'habitat non sono correlabili con il *pattern* biogeografico della specie.

Il meccanismo alla base del processo d'estinzione per mutamenti del clima è tuttora parzialmente non chiaro. Anche se il numero di estinzioni antecedenti il 1900 è basso, i nostri dati mostrano che i cambiamenti climatici non sarebbero una nuova e recente causa di declino delle farfalle diurne, ma che il loro effetto sia presente da molto tempo. Le prime popolazioni estinte per questa causa risalgono, infatti, al secolo scorso mentre il picco di estinzioni si colloca tra il 1900 e il 1950. Inoltre una maggioranza di estinzioni causate dai cambiamenti climatici riguarda specie termofile. Sebbene si possa facilmente immaginare che le estinzioni seguano il susseguirsi di cambiamenti climatici con qualche ritardo, e, almeno in alcuni casi, si possa dedurre che siano probabilmente legate a modificazioni dei regimi pluviometrici, non tutte vengono completamente spiegate dalla nostra semplice percezione di un Pianeta che si sta progressivamente e velocemente surriscaldando.

3.1. Specie che traggono vantaggio dal riscaldamento globale

Il riscaldamento climatico globale consente la naturale espansione di specie termofile e la stabilizzazione di specie alloctone, es. *Danaus chrysippus* e *Cacyraeus marshalli*. Le possibilità di sopravvivenza risiedono nella capacità delle singole specie di adattarsi alle nuove condizioni, variando, ad esempio, il voltinismo, la lunghezza del periodo di volo e la distribuzione (Pollard *et al.* 1993).

Le specie invasive hanno sicuramente tratto vantaggio nella loro espansione dalle mitigate condizioni climatiche. Il licenide *Cacyraeus marshalli*, specie originaria dell'Africa meridionale, presenta larve che si nutrono di gerani coltivati (*Pelargonium*). La sua presenza in Europa fu osservata la prima volta a Maiorca nel 1990; successivamente essa si diffuse dapprima alla Spagna continentale, poi alla Francia e a molte altre parti d'Europa. In Italia fu osservata per la prima volta a Roma, nel 1997. La sua espansione nella Penisola fu abbastanza veloce:

fu osservata la prima volta a Sanremo nel 2001, a Milano nel 2002. Nel 2003, forse anche causa dell'estate particolarmente afosa, era già diventata la farfalla più comune sia a Genova, sia a Torino. La sua diffusione, ormai inarrestabile, è limitata solo in parte dalle rigide temperature invernali. Recentemente abbiamo indagato sia in laboratorio (Quacchia *et al.* 2008), sia sul campo, le probabilità che questa specie possa "naturalizzarsi" e vivere anche a spese di gerani selvatici autoctoni (*Geranium* spp.), comuni in molti habitat di collina e montani. I nostri risultati di laboratorio mostrano come la specie possa svilupparsi completamente a spese di *Geranium* spp., inducendoci a riflettere sul potenziale pericolo che essa rappresenta per la nostra biodiversità. In particolare può rappresentare un rischio per le specie autoctone di licenidi che si nutrono di *Geranium* spp. quali *Eumedonia eumedon* e *Aricia* spp., specie che si trovano in molte zone nelle quali abbiamo accertato la presenza di *C. marshalli*.

3.2. Popolazioni che rischiano l'estinzione locale

Le influenze dei cambiamenti climatici possono essere osservate anche a livello di singole popolazioni. Dal 1997 siamo impegnati nello studio della biologia e nella conservazione di due popolazioni di *Maculinea* (*M. alcon* e *M. teleius*). In particolare ne valutiamo l'entità e lo stato di salute tramite monitoraggio con il metodo di cattura-marcatura-ricattura (Nowicki *et al.* 2005), il comportamento di ovideposizione (Bonelli *et al.* 2005) e le relazioni con la formica ospite (Barbero *et al.* 2002).

Confrontando le temperature medie registrate durante il periodo di volo (anno t) con il numero di individui catturati l'anno successivo (anno t+1) abbiamo osservato come anni particolarmente afosi (1997, 2003) determinino un calo netto della popolazione l'anno seguente (1998, 2004), mentre estati temperate (2001-2002) ne favoriscano la ripresa (2002-2003). Infatti, in stagioni estive estremamente calde (e.g. 2003) è stata registrata un'asincronia fra il periodo di volo degli adulti e la maturazione delle piante nutrici, tale da causare la morte di moltissime femmine gravide con conseguente decremento di prole e quindi di adulti nell'anno successivo. Inoltre abbiamo riscontrato una forte influenza delle alte temperature sull'attività di volo con uno *shift* e una sostanziale riduzione dello stesso. Tale sfasamento potrebbe compromettere gli accoppiamenti e modificare il rapporto con i parassitoidi, con conseguenze non ancora valutabili.

Queste osservazioni sono in accordo con quanto riscontrato in altre aree geografiche, in cui alcune specie di Lepidotteri hanno risentito delle conseguenze di eventi climatici estremi (Parmesan *et al.* 2000). La frequenza di tali eventi pare essere aumentata nelle ultime decadi e si suppone un'ulteriore intensificazione (IPCC 2007). Qualora si verificassero, per più anni consecutivi, estati calde e siccitose come quelle osservate nel 1997 e nel 2003, le due specie di licenidi (*M. alcon* e *M. teleius*) potrebbero non essere in grado di rispondere poiché, come osservato in altri lepidotteri che richiedono habitat specifici per la propria sopravvivenza e che sono poco mobili (Woiwod 1997), uno spostamento verso latitudini o altitudini più elevate non sarebbe possibile. Va sottolineato che sia per *M. alcon* sia per *M. teleius* l'Italia rappresenta il limite meridionale dell'areale.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato svolto all'interno del progetto MACIS (Minimisation of and Adaptation to Climate change Impacts on biodiversity), supportato dal 6° Programma Quadro della Commissione Europea.

BIBLIOGRAFIA

- Balletto E., 2005 - Fauna terrestre: I Lepidotteri. In: Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F. & Marchetti M. (a cura di) *Stato della Biodiversità in Italia - Contributo alla strategia nazionale per la Biodiversità*. Ministero per l'Ambiente e Società Botanica Italiana, Roma: 256-261.
- Balletto E., Bonelli S. & Cassulo L., 2006a - Insecta Lepidoptera Papilionoidea. In: Ruffo S. & Stoch F. (eds), *Checklist and Distribution of the Italian Fauna. 10.000 terrestrial and inland water species 2nd and revised edition*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2° serie, Sez. Scienze della Vita. 17: 257-261, 280 tav. with data on CD-ROM.
- Balletto E., Bonelli S. & Cassulo L., 2006b - Insecta Lepidoptera Zygaenoidea. In: Ruffo S. & Stoch (eds), *Checklist and Distribution of the Italian Fauna. 10.000 terrestrial and inland water species 2nd and revised edition*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2° serie, Sez. Scienze della Vita. 17: 255-257, 43 tav. with data on CD-ROM.
- Barbero F., Crocetta A., Bonelli S. & Balletto E., 2002 - La regolazione della distribuzione spaziale dei nidi delle formiche del genere *Myrmica* in rapporto alle piante nutrici utilizzate dai Licenidi *Maculinea alcon* e *M. teleius* (Lepidoptera). XX Convegno nazionale della Società Italiana di Etologia, Torino, 17-20 settembre 2002.
- Bonelli S., Crocetta A., Barbero F. & Balletto E., 2005 - Oviposition behaviour in the myrmecophilous butterfly *Maculinea alcon* (Lepidoptera: Lycaenidae). In: Settele J., Kühn E. & Thomas J. (eds), *Studies on the ecology and conservation of butterflies in Europe. Vol.2: Species ecology along a European gradient: Maculinea butterflies as a model*. Sofia-Moscow 2005: 65-68.
- Hays J.D., Imbrie J. & Shackleton N., 1976 - Variations in the earth's orbit: pacemaker of the ice ages. *Science* 194: 1121-1132.
- IPCC., 2007 - *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Synthesis Report. Summary for Policymakers*. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf.
- Kühn I., Sykes M.T., Berry P.M., Thuiller W., Piper J.M., Nigmann U., Araújo M. B., Balletto E., Bonelli S., Cabeza M., Guisan A., Hickler T., Klotz S., Metzger M., Midgley G., Musche M., Olofsson J., Paterson J.S., Penev L., Rickebusch S., Rounsevell M.D.A.R., Schweiger O., Wilson E. & Settele J., 2008 - MACIS: Minimisation of and Adaptation to Climate change Impacts on biodiversity - GAIA (in stampa).
- Milankovitch M., 1920 - *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*. Gauthier & Villars, Paris, 340 pp.
- Nowicki P., Bonelli S., Barbero F. & Balletto E., 2005 - Population dynamics in the genus *Maculinea* revisited: comparative study of sympatric *M. alcon* and *M. teleius*. In: Settele J., Kühn E. & Thomas J. (eds), *Species Ecology along a European gradient: Maculinea butterflies as a model*. Pensoft Publ. Co., Sofia & Moscow: 136-139.
- Parnesan C., Ryrholm N., Stefanescu C., Hill J.K., Thomas C. D., Descimon H., Huntley B., Kaila L., Kullberg J., Tammaru T., Tennent W.J., Thomas J.A. & Warren M., 1999 - Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399: 579-583.
- Parnesan C., Root T.R. & Willig M.R., 2000 - Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 81: 443-449.
- Pollard E., Van Swaay C.A.M., & Yates T.J., 1993 - Changes in butterfly numbers in Britain and the Netherlands, 1990-1991. *Ecol. Entomol.*, 18: 93-94.
- Quacchia A., Ferracini C., Bonelli S., Balletto E. & Alma A., 2008 - Can the geranium bronze, *Cacyreus marshalli*, become a threat for European biodiversity? *Biodivers. Conserv.*, 17/6: 1429-1437.
- Rocci U., 1911 - Contribuzione allo studio dei Lepidotteri del Piemonte. *I. Atti Soc. ligust. Sci. nat. geogr.*, 22: 153-220.
- Scalercio S., Sapia M. & Brandmayr P., 2006 - Changes in species assemblages: Carabid beetles and butterflies after a quarter of century on the top of the Pollino Mountains, Italy. In: Price M. F. (eds), *Global Change in Mountain Regions*. Duncow, Kirkmahoe, Dumfriesshire: 160-161.
- Storace L., 1952 - Su alcune Lycaenidae italiane, specialmente della zona di Arquata Scrivia (Piemonte) (Lepidoptera). *Memorie Soc. ent. ital.*, 31: 132-154.
- Thomas J.A., Telfer M. G., Roy D.B., Preston C.D., Greenwood J.J.D., Asher J., Fox R., Clarke R.T. & Lawton J.H., 2004 - Comparative losses of British butterflies, birds and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879-1881.
- Thuiller W., Lavorel S., Araújo M.B., Sykes M.T. & Prentice I.C., 2005 - Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 102/23: 8245-8250.
- Thuiller W., Lavorel S., Sykes M.T. & Araújo M.B., 2006 - Using niche-based modelling to assess the impact of climate change on tree functional diversity in Europe. *Divers. Distrib.*, 12/1: 49-60.
- Warren M.S., 1992 - Butterfly populations. In: Dennis R.L.H. (eds), *The ecology of butterflies in Britain*. Oxford Science Publications: 73-92.
- Woiwod I.P., 1997 - Detecting the effects of climate change on Lepidoptera. *J. Insect Conserv.*, 1: 149-158.