



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Riconoscimento vocale individuale di ungulati selvatici, in particolare di cervi maschi in situazioni di corteggiamento, tramite l'analisi**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Riconoscimento vocale individuale di ungulati selvatici, in particolare di cervi maschi in situazioni di corteggiamento, tramite l'analisi acustica dei bramiti / S. Ferrari; M. Guarino; C. Trunfio; M.P. Ponzetta. - ELETTRONICO. - (2013), pp. 59-71. (Intervento presentato al convegno L'edilizia rurale tra sviluppo tecnologico e tutela del territorio. tenutosi a Firenze nel 20-22 settembre 2012).

*Availability:*

This version is available at: 2158/968999 since: 2016-07-25T14:35:24Z

*Publisher:*

Firenze University Press

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

# MONITORAGGIO A DISTANZA DI UNGULATI SELVATICI E DOMESTICI IN AMBIENTE APPENNINICO

*Maria Paola Ponzetta<sup>1</sup>, Valentina Becciolini<sup>1</sup>, Carmen Trunfio<sup>1</sup>, Francesco Cervasio<sup>1</sup>, Anna Bocci<sup>1</sup>, Leonardo Conti<sup>2</sup>*

1. Dipartimento di Biotecnologie Agrarie, Sezione Scienze Animali – Università di Firenze

2. Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali - Università di Firenze

## **Riassunto**

Obiettivo della ricerca è stata l'identificazione e la valutazione di nuove metodologie per il monitoraggio a distanza di animali selvatici e domestici, come strumenti atti ad accrescere le conoscenze sulle specie monitorate e ad offrire un valido supporto alle attività di gestione delle stesse. In particolare è stata valutata la possibilità di studiare il comportamento spaziale e l'utilizzo dell'habitat da parte del cervo (*Cervus elaphus*) in ambiente appenninico attraverso l'impiego di collari dotati di tecnologia GPS/GSM; l'utilizzo della stessa tipologia di collare è stato testato anche su due bovine allevate allo stato semibrado per indagare sulla mobilità e sull'attività degli animali. Inoltre è stata valutata la possibilità di ottenere l'identificazione individuale di cervi maschi adulti attraverso l'analisi acustica del bramito, allo scopo di incrementare l'accuratezza del conteggio durante il censimento.

I dati registrati dai collari (fix position) hanno permesso di localizzare e calcolare l'estensione degli *home range* totali (185,8 ha; 142,4 ha) e stagionali delle due cerva monitorate, che sono risultate tendenzialmente stanziali, come emerge dalla sovrapposizione fra *home range* estivi ed invernali. È stato inoltre possibile mettere in evidenza la composizione ambientale dei territori frequentati dalle due cerva e applicare le metodologie per lo studio della selezione dell'habitat. Relativamente alle bovine, monitorate nella sola stagione primaverile-estiva del 2012, sono state finora rilevate variazioni nella mobilità e nei livelli di attività su scala mensile e nelle fasce orarie in due soggetti di razza diversa.

L'analisi acustica del bramito ha permesso, attraverso l'analisi discriminante di alcune variabili, di riclassificare correttamente il 52% dei bramiti analizzati, riconosciuti come appartenenti all'individuo che li aveva emessi; nel nostro caso, le variabili maggiormente legate all'individualità sembrano quelle temporali (durata totale del bramito, durata di una singola ripetizione) e quelle relative alla frequenza (range iniziale delle frequenze).

Parole chiave: ungulati, collari gps/gsm, analisi acustica del bramito,

## **Summary**

*The aim of this work has been to identify new animal distance monitoring techniques, as a support for the correct management of wildlife and of the domestics in extensive farmin.*

*We tested GPS/GSM collars on two hinds (*Cervus elaphus*) living in the Apennine mountains in order to study spatial behaviour and habitat selection; we also tested the same model of collars on two cows at pasture, to investigate their mobility and activity pattern.*

*It was also evaluated the possibility to identify individual *Cervus elaphus* stags by the acoustic analysis of the rutting calls (roars), as a mean to improve the estimate of population by means of counting the adult males .*

*The position fixes recorded by the collars on the hinds were used to calculate the size of their total (185,8 ha; 142,4 ha) and seasonal home range. The obtained values resulted very similar to the ones of Alpine deer population, but our animals appeared basically resident, as*

*is clear from the home range overlap between summer and winter. Moreover home range composition and position data were used to apply habitat selection methods.*

*The monitoring of the cows behaviour (1 Limousine and 1 Chianina) showed a different monthly and daily mobility, so as activity variations over the time.*

*The acoustic analysis of the stags roars allowed, through the discriminant analysis of chose parameters, to correctly reclassify 52% of the analysed roars, recognized as belonging to the subject which had issued them; in our case, the parameters most closely related to individuality seem to be the time (total duration of bellowing, duration of a single repetition) and the ones related to the frequency (initial range of frequencies).*

*Key words: ungulates, gps/gsm collars, red deer roars acoustic analysis*

## **1. INTRODUZIONE**

La fauna selvatica e quella domestica costituiscono una risorsa fondamentale per il nostro territorio, e la conservazione di tale patrimonio è di grande interesse per la collettività e per la comunità scientifica. Grande importanza assume perciò una corretta gestione che miri alla conservazione e valorizzazione di tali risorse, sebbene gli interventi necessari siano condizionati dalle diverse criticità che le caratterizzano.

Infatti negli ultimi decenni la consistenza delle popolazioni di animali selvatici, in modo particolare di ungulati, è significativamente aumentata determinando in alcuni contesti un notevole impatto sulle attività produttive e sull'ambiente. Per quanto poi riguarda il settore zootecnico, in particolare l'allevamento estensivo, la possibilità di mantenere ed incrementare le attività produttive è legata all'utilizzazione di ambienti marginali che devono essere gestiti in modo tale da ottimizzare l'impiego delle risorse naturali disponibili, preservandone la struttura e la produttività. Risulta perciò fondamentale imprimere un impulso alle ricerche finalizzate ad accrescere le conoscenze sul comportamento degli animali allo stato libero e sulle loro risposte al variare delle pratiche gestionali applicate. A tal fine, la determinazione della collocazione spaziale degli animali attraverso diverse metodologie di rilevamento appare basilare per conoscere la mobilità e l'uso dello spazio delle popolazioni animali, influenzate da fattori ambientali e antropici.

A tal fine sono state progressivamente sviluppate e migliorate numerose tecniche di monitoraggio. Le prime tecniche di osservazione indiretta, utilizzate per monitorare presenza e distribuzione di mammiferi selvatici (Murie, 1936), prevedevano il riconoscimento di segni di presenza e di piste lasciate sulla sabbia o sulla neve; per rilevare informazioni sugli animali monitorati, si catturavano e marcavano alcuni soggetti, in seguito ricatturati. A partire dagli anni '50 vi furono sperimentate la marcatura con radioisotopi (Godfrey, 1954) o con pigmenti fluorescenti (Lemen, 1985), l'utilizzo di radar per lo studio del volo e del comportamento migratorio degli uccelli (Eastwood, 1967) e successivamente metodologie per l'identificazione acustica di specie pelagiche.

L'utilizzo delle prime trappole fotografiche (Pearson, 1960) e soprattutto lo sviluppo della radio-telemetria (primi anni '50) hanno rappresentato un grande progresso tecnologico, permettendo maggiore precisione e minor sforzo nello studio delle specie selvatiche, soprattutto riguardo all'utilizzazione spaziale e temporale del territorio da parte della fauna.

Fra i più recenti settori tecnologici utilizzati nella ricerca, le applicazioni della telemetria satellitare (collari GPS integrati con sensori di attività) e della bioacustica (la registrazione sonografica finalizzata all'analisi delle vocalizzazioni animali) risultano di notevole interesse, permettendo di ricavare informazioni in modo non invasivo e senza influenzare o modificare le abitudini dei soggetti studiati.

La telemetria satellitare mediante GPS (Global Positioning System) è una tecnologia particolarmente interessante per la ricerca in campo faunistico, perché permette di collezionare una notevole quantità di dati (Rodgers, 2001; D'Eon, 2003), e di ottenere, rispetto ai tradizionali metodi di radiotelemetria-VHF, un numero molto più elevato di fix per ogni animale durante il periodo di osservazione. La disponibilità di un elevato numero di localizzazioni consente un più puntuale calcolo degli home range individuali e una migliore descrizione dell'uso dello spazio e della selezione ambientale (Pedrotti *et al.*, 1995; Otis & White, 1999). La tecnica è particolarmente indicata per specie che, come il cervo, possono effettuare spostamenti anche notevoli, rendendo difficile la loro localizzazione da terra. Il suo impiego risulta inoltre vantaggioso in aree frammentate come quella appenninica, per meglio definire le modalità di spostamento, la selezione di habitat, i periodi di utilizzo delle diverse risorse alimentari disponibili (spontanee o coltivi), l'eventuale interazione con animali domestici.

L'utilizzo del GPS può fornire inoltre ulteriori informazioni sulle abitudini e sul comportamento alimentare di animali domestici e/o selvatici in allevamento semiestensivo, consentendo all'allevatore di attuare i più appropriati interventi gestionali.

Anche l'analisi acustica rappresenta un utile strumento per lo studio del cervo, le cui vocalizzazioni (bramiti) sono utilizzate nell'ambiente appenninico per stimare la numerosità dei maschi in riproduzione (censimenti al bramito) al fine di definire la consistenza numerica delle popolazioni. Il bramito, infatti, è una tipica espressione dei maschi adulti di cervo, è costituita da una sequenza di vocalizz i e rappresenta una forma di avvertimento onesto (Clutton-Brock & Albon, 1979), svolge una funzione di minaccia verso i possibili competitori e anticipa l'ovulazione nelle femmine (McComb, 1987), che sono in grado di distinguere tra i bramiti di differenti individui (Reby *et al.* 2001) e di scegliere tra questi il partner ritenuto migliore. L'identificazione individuale dei maschi adulti nel periodo riproduttivo in base alle caratteristiche acustiche delle loro vocalizzazioni (Favaretto *et al.* 2006) potrebbe permettere di seguire la "carriera riproduttiva" e gli eventuali spostamenti dei maschi adulti verso nuovi quartieri riproduttivi; potrebbe inoltre contribuire a rendere più semplice ed affidabile l'attuale sistema di censimento al bramito.

## **2. FINALITÀ DEL PROGETTO**

Nell'ambito del Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale *Integrazione di sistemi tecnologici innovativi per il monitoraggio a distanza di animali*, l'unità Firenze 2 si è occupata della valutazione di metodologie per il monitoraggio a distanza di ungulati selvatici e domestici in ambiente appenninico.

Le attività di ricerca svolte hanno mirato a identificare e testare idonei sistemi di monitoraggio a distanza di animali selvatici e domestici, mettendone in luce le potenzialità e le prospettive di impiego, nonché le eventuali reciproche integrazioni, per individuare soluzioni tecniche e metodologiche a supporto delle attività umane nella gestione della fauna selvatica e nella conduzione dell'azienda zootecnica, in modo particolare per animali allevati all'aperto. A tal fine, la ricerca è strutturata in tre fasi:

- Monitoraggio mediante telemetria satellitare (collari GPS/GSM) di cervi (*Cervus elaphus*) a vita libera, catturati nella Riserva Naturale dell'Acquerino-Cantagallo (PO), per studiarne l'*home-range* e per valutare l'utilizzo dei diversi habitat frequentati.
- Applicazione di sistemi di registrazione ambientale per l'identificazione individuale di cervi maschi adulti nel periodo del bramito (in collaborazione con l'U.R. di Milano) al fine di semplificare la tecnica di conteggio del censimento al bramito e migliorare l'accuratezza della stima di popolazione ottenuta anche in relazione al numero di maschi bramitati contati.

- Monitoraggio di bovini al pascolo in allevamento semibrado (in collaborazione con l'U.R. Firenze 1), situato in ambiente appenninico nella medesima area geografica occupata dai cervi, per indagare sulla distribuzione spaziale degli animali e sulla localizzazione temporale delle principali attività funzionali (alimentazione, movimento, riposo, etc.).

### **3. MONITORAGGIO MEDIANTE TELEMETRIA SATELLITARE DI CERVI (*Cervus elaphus*) A VITA LIBERA.**

Una parte del progetto ha previsto dunque il monitoraggio di alcune femmine di Cervo (*Cervus elaphus*) per studiare i movimenti degli animali e le loro preferenze ambientali nella zona dell'Appennino Tosco-Emiliano che comprende la Riserva Naturale Acquerino-Cantagallo (PO) e le aree collinari appenniniche adiacenti. L'area di studio scelta rappresenta bene il territorio appenninico, sia per le caratteristiche stazionali che faunistiche e vegetazionali. Vede inoltre la presenza di una delle principali popolazioni appenniniche di Cervo e offre la possibilità di analizzare realtà ecologiche e territoriali diverse, (aree soggette a prelievo venatorio e aree protette).

#### **3.1 MATERIALI E METODI**

Durante il primo anno della ricerca è stata effettuata, in via preliminare, una indagine sui diversi sistemi di posizionamento presenti in commercio per il monitoraggio spaziale di animali selvatici in diversi ambienti. In accordo con la letteratura, per le esigenze specifiche della ricerca, per l'elusività e le abitudini crepuscolari e notturne della specie studiata e per le caratteristiche morfologico-vegetazionali dell'area di studio, che non permettono l'osservazione diretta e prolungata di animali marcati, è stata scelta la tecnica del rilevamento tramite dispositivi telemetrici satellitari, collari GPS GSM.

Ad Aprile 2010 nell'area di studio prescelta sono state catturate, tramite telesedazione, due cervi adulte (F1 e F2), alle quali, dopo registrazione di dati morfo-fisiologici (età, stato riproduttivo, sanitario, nutrizionale, ecc.) e misurazione di dati biometrici, sono stati applicati tag auricolari e i collari-GPS/GSM modello Pro-light 4 della Vectronic Aerospace® (Berlin). Al termine delle operazioni gli animali sono stati risvegliati con antidoto al narcotico e rilasciati. Il buon funzionamento dei collari e la copertura GSM della zona erano stati testati preliminarmente.

I collari utilizzati, del peso di circa 980 g, dovuto in gran parte alle dimensioni della batteria, che ne condizionano la durata, rilevano le localizzazioni (fix) degli animali secondo una programmazione da noi stabilita di 1fix/ora. Per alcune elaborazioni sono stati successivamente selezionati 1fix/7 ore, per testare due diverse possibilità di acquisizione dati e le eventuali differenze nella completezza delle informazioni ricavabili.

Ogni ora il collare registra la localizzazione geo-referenziata dell'animale (longitudine, latitudine e altitudine), la temperatura ambientale (probabilmente falsata dalla temperatura corporea dell'animale), data, ora e copertura satellitare al momento del rilievo del fix (validità del segnale e numero di satelliti orbitanti). I collari sono inoltre muniti di: sensori di attività (accelerazione nei tre assi cartesiani esaminati dal sensore); sensore di mortalità (invia uno specifico SMS dopo un periodo di assenza di movimenti di 24 ore); trasmettente VHF; indicatore dello stato della batteria e sistema di *drop-off* (meccanismo a tempo che permette lo sgancio automatico del collare).

I dati sono stati trasmessi (con invio di un SMS ogni 7 fix rilevati) direttamente ad una *ground station* ricevente, situata presso la Sezione Scienze Animali del Dipartimento di Biotecnologie Agrarie di Firenze, che permette anche di modificare la programmazione GPS e VHF quando il collare è sull'animale.

Da aprile 2010 a febbraio 2012 sono state raccolte circa 16.200 localizzazioni, delle quali quelle ritenute valide (rilevate in presenza di 5 o più satelliti) sono state esportate in formato DBF e raccolte in un database Excel, per poi essere elaborate.

La mobilità dei soggetti monitorati è stata ottenuta calcolando la distanza tra due successive localizzazioni valide (distanza interfix) come approssimazione della reale distanza percorsa dall'animale nell'intervallo di tempo considerato, e valutata attraverso le medie mensili, stagionali ed in vari momenti della giornata del periodo di studio di ciascun animale, identificando le classi: giorno, notte, crepuscolo alba, crepuscolo tramonto.

Per ottenere informazioni su distanze inter-fix, superfici occupate e utilizzo delle diverse categorie di uso del suolo, per il calcolo degli home range con il metodo Kernel (Van Winckle, 1975) è stata utilizzata l'estensione Animal Movement SA v 2.04 (Hooge & Eichenlaub, 2000) del software ArcView GIS 3.2. Il software statistico R 2.9.1. è stato usato per il calcolo degli *home range* occupati dagli animali con il metodo LoCoH (Getz & Wilmers, 2004). Per valutare il comportamento spaziale stagionale è stata utilizzata una versione modificata dell'indice di Minta (Minta, 1992).

Per le elaborazioni dei dati relativi alle localizzazioni degli animali e per descrivere la composizione degli HR è stata utilizzata una carta dell'uso del suolo fornita dalla provincia di Prato, integrata con cartografia fornita dalla Regione Toscana (CTR 1:10.000) e modificata, operando un accorpamento di alcune classi di uso del suolo, in modo che le categorie ambientali rispondessero alle specifiche esigenze delle analisi.

Per valutare la selezione dell'habitat è stato usato l'indice ( $D_i$ ) di Jacobs (Jacobs, 1974):

$$D_i = (r_i - p_i) / (r_i + p_i - 2 r_i p_i)$$

dove

$r_i$  = proporzione di utilizzo dell' habitat  $i$

$p_i$  = proporzione disponibile dell' habitat  $i$

Per valutare la frequentazione della rete viaria, ricavata dalla Carta Tecnica Regionale 1:10.000, da parte delle cerva, sono stati creati attorno alle singole strade dei buffer, ciascuno di ampiezza di 10m, alle distanze di 10, 20, 30, 40 e 50 metri da ciascuna strada ricadente all'interno degli HR totali calcolati con LoCoH (95%). È stata quindi calcolata la densità di fix per buffer come numero di fix rispettivamente presenti in ciascun buffer/estensione del buffer all'interno dell'home range (in ettari), in modo tale da poter confrontare i valori per le due cerva indipendentemente dall'estensione della rete viaria in ciascun home range.

A causa dello scarso numero degli animali monitorati non sono state eseguite elaborazioni statistiche dei dati. Del resto, obiettivo dello studio è stato quello di mettere in luce ed indicare le diverse potenzialità del sistema di monitoraggio a distanza utilizzato nonché la varietà di informazioni ricavabili dal suo impiego.

Infine, non è stato possibile utilizzare i dati sull'attività, in quanto questi vengono memorizzati nei collari, attualmente ancora attivi sugli animali, e possono essere scaricati solo direttamente, attraverso un apposito cavetto da collegare al collare.

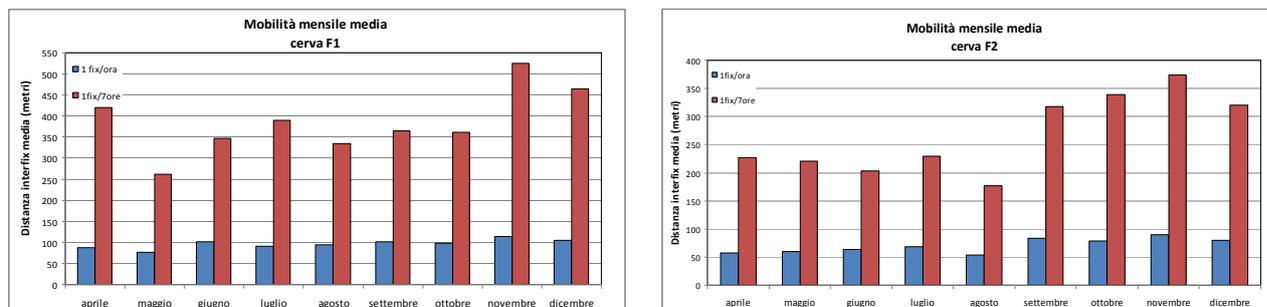
## 3.2 RISULTATI E DISCUSSIONE

### 3.2.1 MOBILITÀ

Il confronto tra la frequenza di acquisizione delle localizzazioni (figura 1) mette in evidenza, come era da attendersi, maggiori distanze interfix percorse dai due animali nel periodo più lungo (7 ore), ma nel complesso le distanze percorse risultano relativamente

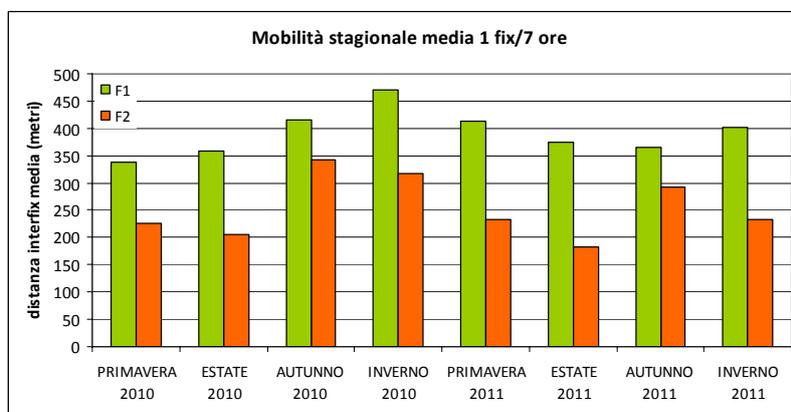
costanti e contenute nell'intervallo di un'ora tra due successivi rilievi. Per entrambi gli animali si riscontra una tendenza all'aumento della mobilità media nei mesi finali dell'anno, comportamento evidenziato con ambedue le frequenze di rilevamento.

Fig. 1. Mobilità mensile media delle due cerva. Confronto fra i dati ottenuti con due diverse frequenze di rilevamento fix: 1 fix ora/1 fix 7 ore (ottenuti da selezione sui dati 1 fix ora) Periodo 01/04/2010 – 31/12/2010



La cervo F1 mostra inoltre una maggiore mobilità rispetto all'altra, osservabile anche dal confronto stagionale (figura 2); entrambi gli animali sembrano inoltre mostrare una mobilità più accentuata nelle stagioni autunnali ed invernali, in accordo con quanto rilevato a proposito della mobilità media mensile.

Fig. 2. Mobilità stagionale media delle cerva. 1 fix/7 ore (ottenuti da selezione sui dati 1 fix ora). Periodo di riferimento: 01/04/2010 – 09/02/2012



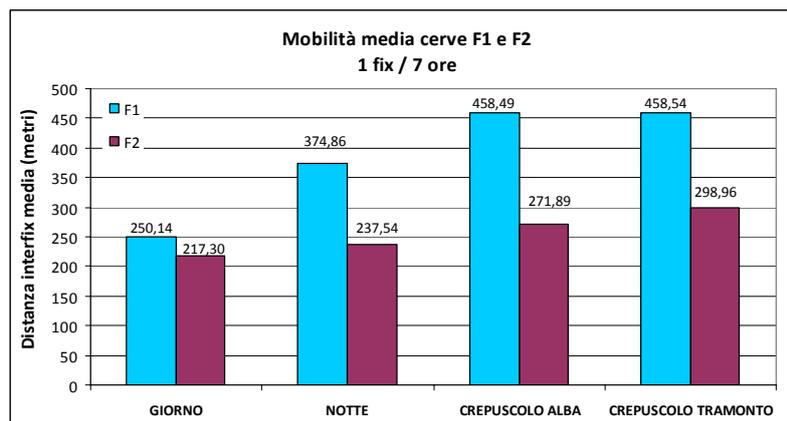
Questo comportamento appare abbastanza spiegabile in quanto comincia ad evidenziarsi a fine estate, in corrispondenza del bramito, e persiste, aumentando di valore, per tutto il periodo di attività prevista dal calendario venatorio, in particolare in coincidenza sia con alcuni momenti del prelievo selettivo del cervo stesso, ma soprattutto con il picco del prelievo del cinghiale, le cui modalità sono particolarmente impattanti sulle normali attività anche delle altre specie selvatiche presenti sul territorio.

È stata inoltre considerata la mobilità in diverse fasce orarie della giornata, classificate come giorno, notte, crepuscolo alba e crepuscolo tramonto. Per l'attribuzione dei fix position alle classi definite, sono state ricavate le informazioni relative agli orari di alba e tramonto dell'area di studio (US Naval Observatory – Astronomical Applications Department). È stato considerato crepuscolo relativo all'alba il periodo compreso tra un'ora prima dell'alba e

l'alba; crepuscolo relativo al tramonto il periodo compreso tra il tramonto ed un'ora dopo il tramonto; giorno il periodo compreso tra alba e tramonto; notte il periodo compreso tra crepuscolo del tramonto e crepuscolo dell'alba.

La figura 3 illustra gli spostamenti compiuti nei diversi momenti della giornata. Ferma restando una maggiore mobilità della cerva F1, entrambi gli animali si sono mossi in particolare nelle ore del crepuscolo, quando di solito, secondo la biologia della specie, è più attiva la ricerca dell'alimento.

Fig. 3. Mobilità media delle cerva in diverse fasce orarie della giornata. 1 fix/7 ore (ottenuti da selezione sui dati 1 fix ora). Periodo di riferimento: 01/04/2010 – 09/02/2012



### 3.2.2 CALCOLO DEGLI HOME RANGE

Con il termine di *home range* (HR) viene definita un'area familiare che ogni animale occupa e nella quale si muove, svolgendo le proprie normali attività di ricerca del cibo, riproduzione e allevamento della prole (Burt, 1943). L'utilizzo dello spazio viene modificato nel corso delle stagioni o del ciclo biologico dell'individuo in funzione della disponibilità, della distribuzione e della qualità delle risorse (alimentari, *partner* per la riproduzione, siti di rifugio).

Per individuare i comportamenti stagionali e valutare ipotesi di stanzialità delle femmine nell'area di studio, sono stati calcolati gli home range degli animali monitorati. Poiché i dati di posizione rilevati ogni ora possono essere correlati tra loro, è stata fatta una selezione sui fix disponibili, allo scopo di considerare solamente localizzazioni tra loro indipendenti, utilizzando 1 fix ogni 5 ore. Per la stima della localizzazione spaziale e delle dimensioni degli HR sono stati utilizzati due metodi:

- il metodo KERNEL, molto diffuso in letteratura soprattutto nelle telemetria tradizionale, che si basa sulla definizione di HR come "distribuzione di utilizzo" (Van Winckle, 1975), cioè la distribuzione relativa di frequenza nel piano delle localizzazioni degli animali. Essa descrive quindi la probabilità che un animale sia in un determinato punto del suo home range in un dato periodo di tempo (Powell, 2000) e può essere utilizzata per determinare le aree occupate dall'animale anche se non vi è stato osservato; in particolare abbiamo utilizzato il metodo *adaptive kernel* al 95%, che definisce le aree nelle quali vi è una probabilità del 95% di trovare l'animale; si escludono così possibili escursioni occasionali che non andrebbero considerate come parte degli home range (Burt, 1943).

- il metodo del Local Convex Hull (LoCoH), un metodo innovativo proposto da Getz & Wilmers nel 2004, generalizza il metodo del MCP (Mohr, 1947) unendo tutte le aree costruite entro un numero predefinito di localizzazioni intorno a ciascun fix con numero fisso di

localizzazioni: k-LoCoH; con numero variabile di localizzazioni, dato dalla distanza tra i singoli fix: a-LoCoH; (Getz *et al.*, 2004). Anche con questo metodo, come nel Kernel, l'unione dei poligoni ottenuti permette di descrivere la “distribuzione di utilizzo”.

In questo studio è stato utilizzato il metodo del a-LoCoH (adaptive Local Convex Hull): i poligoni intorno a ciascuna localizzazione sono stati creati includendo successivamente fix più vicini compresi entro una distanza massima predefinita, variabile “a”, che abbiamo scelto come il massimo valore interfix registrato per ogni animale, ottenendo così un valore diverso e specifico per ciascuna cerva.

Nella tabella 1 sono riportate le dimensioni in ettari degli HR dei due animali in due annate successive di osservazioni.

Tab.1. Dimensioni in ettari degli home range stagionali e totali delle due cervi.

Kernel 95%									
	2010				2011				
	primaverile	estivo	autunnale	invernale	primaverile	estivo	autunnale	invernale	totale
	ha				ha				
F1	147,60	97,56	101,18	307,84	139,68	89,92	57,66	108,95	183,80
F2	69,31	50,60	173,65	211,57	60,26	32,00	90,13	56,94	106,69
LoCoH 95%									
	2010				2011				
	primaverile	estivo	autunnale	invernale	primaverile	estivo	autunnale	invernale	totale
	ha				ha				
F1	115,32	102,96	119,36	304,76	141,56	55,06	55,41	94,67	185,80
F2	38,27	45,61	105,33	114,15	36,04	44,59	83,85	84,91	142,42

A fronte di una certa variabilità di ampiezza delle superfici degli home range, rilevabili per ciascun animale sia tra le stagioni che tra i due anni di monitoraggio, si evidenzia una maggiore dimensione per l'HR totale della cerva F1, che aveva anche mostrato una maggiore mobilità. Per entrambi gli animali, che hanno avuto una strategia spaziale tendenzialmente stanziale, come vedremo più avanti, è osservabile nel 2010 un incremento degli HR autunnale e invernale che potrebbe essere legato all'inizio della stagione venatoria con il conseguente spostamento degli animali dall'area di estivazione verso la Riserva Naturale (cerva F2), ma anche alla maggiore disponibilità locale di frutti secchi e freschi a maturazione scalare durante l'autunno (castagne). Tale disponibilità può aver indotto le Cerve ad ampliare i propri home range includendo temporaneamente quelle aree che offrivano l'alimento migliore o più appetibile, anche se questa tendenza all'ampliamento del territorio utilizzato non si mantiene in maniera analoga nell'anno seguente.

Il confronto tra i risultati ottenuti con i due diversi metodi di calcolo permette di osservare una notevole differenza nelle dimensioni di HR corrispondenti per la cerva F2, che mostra valori di ampiezza notevolmente più elevati quando calcolati con il metodo Kernel; una maggiore uniformità di valori tra i due differenti metodi di calcolo si rileva invece per la F1.

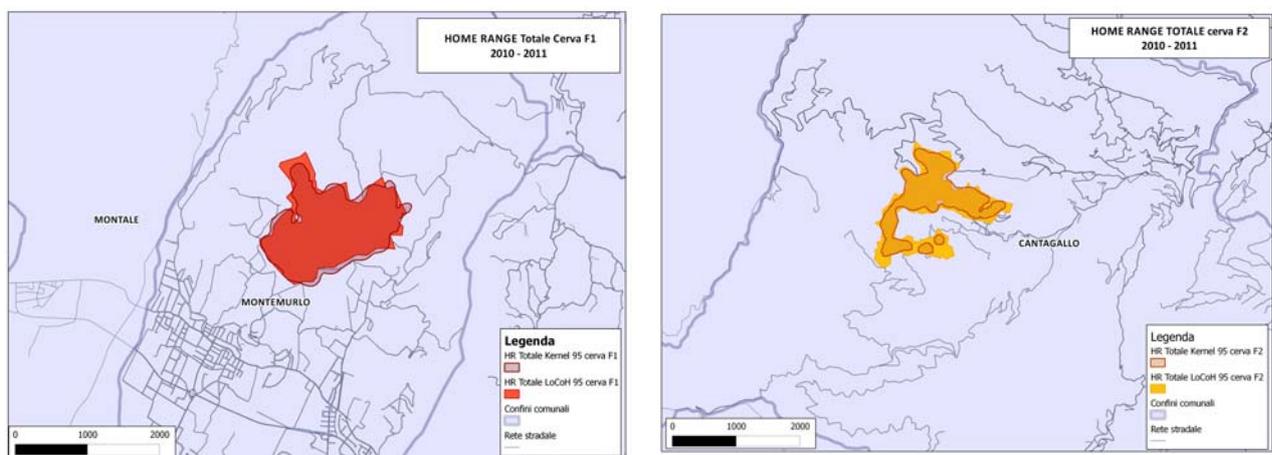
I valori di ampiezza degli HR primaverili e invernali appaiono comunque relativamente inferiori rispetto a quelli ricavati per altre popolazioni europee, che mostrano home dimensioni superiori anche a 400 ha (Mitchell *et al.*, 1977; Szemethy *et al.*, 1998; Bocci A., 2009, comunicazione personale), mentre risultano paragonabili a quelli registrati sulle Alpi (Luccarini & Mauri, 2000; Chiarenzi *et al.*; 2002) e in ambiente mediterraneo (Carranza *et al.*, 1990).

### 3.2.3 LOCALIZZAZIONE DEGLI HOME RANGE

Nella figura 4 è illustrata la localizzazione degli HR totali delle due cerva sul territorio, come appaiono in base alla loro definizione con i due diversi metodi di calcolo. I dati rilevati hanno permesso di osservare che i due animali hanno occupato siti diversi, in particolare la F1 frequenta un'area a nord dell'abitato di Montemurlo, mentre la F2 si trova in un territorio adiacente alla Riserva Naturale dell'Acquerino-Cantagallo ed in parte in essa ricadente.

Dalla figura 4 è inoltre possibile osservare che gli HR totali dei due di animali sono risultati di simile conformazione con entrambi i metodi di calcolo utilizzati, che dunque, nel caso specifico, possono essere considerati di analoga validità.

Fig. 4. Localizzazione degli home range totali delle due cerva sul territorio



### 3.2.4 FEDELTA' STAGIONALE AL SITO

Per valutare la fedeltà al sito ed evidenziare eventuali casi di comportamento migratorio o semi-migratorio degli animali che hanno utilizzato ambienti diversi nel corso dell'anno, sono state confrontate le sovrapposizioni stagionali degli home range calcolati.

Come periodi di riferimento sono state considerate le stagioni inverno ed estate.

Il comportamento spaziale stagionale è stato determinato utilizzando una versione modificata dell'indice di Minta (Minta, 1992).

Nel dettaglio, per ciascuna cerva è stata calcolata l'estensione della superficie di sovrapposizione fra home range estivo ed invernale (calcolati con il metodo LoCoH 95%) dello stesso anno; è stato quindi calcolato il "peso" dell'area di sovrapposizione rispettivamente su HR estivo e invernale:

- (area sovrapposizione/HR estivo)\*100;
- (area sovrapposizione/HR invernale)\*100.

Infine è stata calcolata la media dei due valori ottenendo una percentuale di sovrapposizione media, i cui valori sono riportati nella tabella 2.

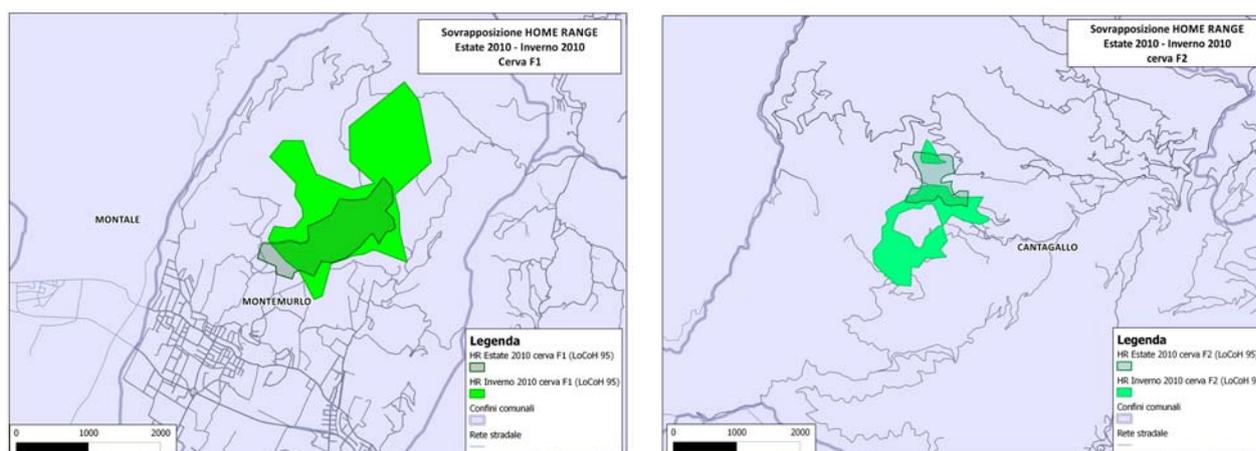
Tab.2. Sovrapposizione percentuale media degli home range estivi delle due cerva con quelli invernali

	2010	2011
F1	59%	66%
F2	32%	46%

Le percentuali di sovrapposizione tra gli HR nelle due stagioni considerate sono risultate alquanto diverse tra i due animali; in particolare la cerva F1, nonostante più elevata mobilità, ha mostrato una maggiore sovrapposizione dei due home range, così che quello invernale appare un ampliamento di quello estivo (figura 5); per la F2 si osserva invece uno spostamento più netto nell'area utilizzata in inverno, che si allunga maggiormente a sud-ovest verso la Riserva Naturale (figura 5) probabilmente sia per l'esigenza di reperire alimento migliore o più abbondante che a causa del disturbo venatorio.

Per entrambe le cerva tuttavia non si osservano soluzioni di continuità tra gli home range delle due stagioni considerate e le percentuali medie di sovrapposizione risultano comunque rilevanti, pertanto è possibile inquadrare la loro strategia di uso dello spazio come sostanzialmente stanziale.

Fig. 5. Localizzazione degli home range totali delle due cerva sul territorio



### 3.2.5 COMPOSIZIONE DEGLI HOME RANGE E SELEZIONE DELL'HABITAT

Per evidenziare le diverse caratteristiche ambientali dei territori frequentati dai due animali e la loro variazione stagionale è stata rappresentata la composizione degli HR, considerando le seguenti classi di uso del suolo: Edificati e infrastrutture, Strade, Risorse idriche, Arbusteti, Castagneti da frutto, Boschi di conifere, Querceti, Robinieti, Faggete, Altre latifoglie, Oliveti e vigneti, Prati e pascoli, Seminativi, Colture in abbandono.

Le metodiche utilizzate per studiare la selezione dell'habitat si propongono di confrontare l'utilizzazione di una risorsa da parte della specie oggetto di studio in relazione alla sua abbondanza nell'ambiente considerato; l'uso di una risorsa è considerato selettivo se questa viene utilizzata in modo non proporzionato alla sua disponibilità (Johnson, 1980).

Per sottolineare la natura gerarchica della selezione, è stato introdotto il concetto di ordine di selezione (Johnson, 1980): la selezione di primo ordine è definita come la selezione dell'area geografica operata da una specie; la selezione di secondo ordine riguarda la scelta

dell'home range all'interno dell'areale selezionato; la selezione di terzo ordine riguarda l'utilizzo delle varie componenti ambientali all'interno dell'home range.

Lo studio della selezione di terzo ordine è stato effettuato per le due cerva considerando separatamente gli home range stagionali calcolati con il metodo LoCoH (95%) negli anni 2010 e 2011. La proporzione di habitat disponibile è espressa come rapporto fra l'estensione di ogni classe considerata e l'estensione dell'home range stagionale

È stato inoltre operato un ulteriore accorpamento delle classi di uso del suolo, per ridurre il numero di habitat da confrontare e per comparare solo le classi più rappresentative, eliminando così gli ambienti poco rappresentati; le categorie presenti all'interno degli home range delle due cerva, dopo la semplificazione, sono le seguenti: Conifere, Castagneto, Faggeta, Querceto, Altre latifoglie, Oliveti e vigneti, Aree aperte.

La composizione ambientale degli home range (valori percentuali) è illustrata nelle figure 6 (cerva F1) e 7 (cerva F2); indipendentemente dalle variazioni stagionali, risulta marcatamente diversa per i due animali che frequentano territori con caratteristiche ambientali differenti. La cerva F1 occupa un territorio a quote comprese tra i 200 ed i 450 m s.l.m., dove sono presenti oliveti e vigneti e la superficie boscata è prevalentemente costituita da querceti e da boschi misti di latifoglie, con una rilevante presenza di prati e pascoli (aree aperte); la cerva F2 frequenta un territorio tra i 600 ed i 1000 m s.l.m., caratterizzato dalla presenza di faggete, querceti, castagneti ed altre latifoglie, con una modesta presenza di prati e pascoli.

Le variazioni stagionali sono principalmente dovute, per la cerva F1, alla frequentazione più assidua di oliveti e vigneti nel periodo autunnale.

Fig. 6. Composizione degli home range stagionali della cerva F1

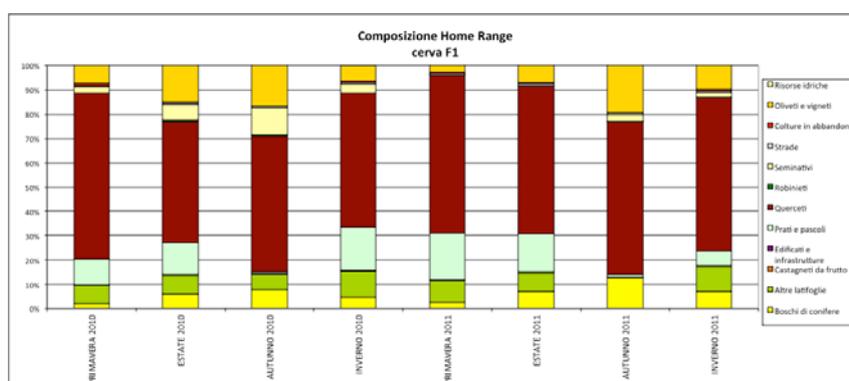
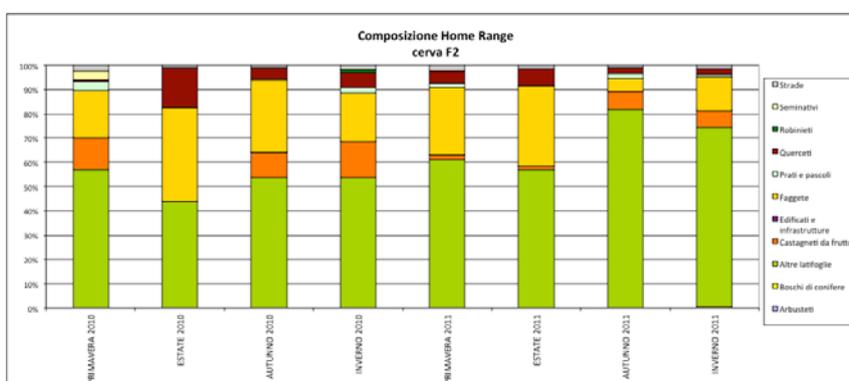


Fig. 7. Composizione degli home range stagionali della cerva F2



La proporzione di utilizzo dei diversi habitat è espressa come rapporto fra il numero di fix rilevati in ciascuna tipologia ambientale ed il numero totale di localizzazioni dell'HR stagionale. Per la valutazione della selezione dell'habitat, i metodi proposti sono molteplici e si basano sul calcolo di indici (Ivlev, 1961; Jacobs, 1974; Strauss, 1979) oppure su analisi effettuate per confrontare disponibilità ed utilizzo, come quella dei limiti fiduciali di Bonferroni (Neu *et al.*, 1974).

Nel nostro caso, la limitatezza del campione non ha consentito di utilizzare alcuni metodi (*Compositional analysis* di Aebischer *et al.*, 1993; Friedman, 1937); è stato perciò scelto di utilizzare l'indice di Jacobs ( $D_i$ ), in grado di fornire i risultati più aderenti alla situazione reale visibile graficamente dalla sovrapposizione dei fix con le categorie ambientali presenti negli home range stagionali:

$$D_i = (r_i - p_i) / (r_i + p_i - 2 r_i p_i)$$

dove:  $r_i$  = proporzione di utilizzo dell' habitat  $i$

$p_i$  = proporzione disponibile dell' habitat  $i$

L'indice di Jacobs varia da -1 (habitat completamente evitato) a +1 (habitat preferito). Un habitat è stato considerato preferito per valori dell'indice superiori a +0.5 ed evitato per valori inferiori a -0.5.

Nelle tabelle 3 e 4 è riportato per ogni stagione l'ordine di preferenza degli habitat, in base ai valori calcolati con l'indice di Jacobs.

Tabella 3. Ordine stagionale di preferenza degli habitat della cerva F1. In grassetto gli habitat evitati.

	Conifere	Querceto	Altre latifoglie	Aree aperte	Oliveto e vigneto
Primavera 2010	<b>5</b>	1	3	4	2
Primavera 2011	5	2	1	4	3
Estate 2010	4	1	3	2	5
Estate 2011	1	4	<b>5</b>	3	2
Autunno 2010	1	4	<b>5</b>	3	2
Autunno 2011	3	2	<b>5</b>	4	1
Inverno 2010	2	1	5	3	3
Inverno 2011	1	2	<b>5</b>	4	3

Tabella 4. Ordine stagionale di preferenza degli habitat della cerva F2. In grassetto gli habitat evitati.

	Conifere	Querceto	Altre latifoglie	Aree aperte	Castagneto	Faggeta
Primavera 2010	-	<b>5</b>	1	4	3	2
Primavera 2011	-	2	4	3	<b>5</b>	1
Estate 2010	-	3	1	-	-	2
Estate 2011	-	<b>3</b>	1	-	<b>3</b>	2
Autunno 2010	-	<b>4</b>	1	-	3	2
Autunno 2011	-	2	3	1	5	4
Inverno 2010	-	5	4	3	1	2
Inverno 2011	3	<b>5</b>	2	4	<b>6</b>	1

Per semplificare la lettura della tabella, per ogni stagione è stata compilata una graduatoria di preferenza, assegnando posizione 1 al valore più elevato dell'indice  $D_i$ , non

necessariamente corrispondente al valore massimo +1 che caratterizza gli habitat preferiti; nel caso in cui due o più habitat presentassero lo stesso valore dell'indice  $D_i$ , è stata loro assegnata la medesima posizione di preferenza. Sono stati posti in evidenza gli habitat risultati evitati ( $D_i < -0.5$ ); nessun habitat è risultato preferito. Nella tabella è riportato un trattino quando nella stagione considerata non sono stati rilevati fix ricadenti in quello specifico habitat.

In particolare, la cerva F1 (tabella 3) sembra non frequentare volentieri la categoria delle “altre latifoglie”, più o meno evitata in tutte le stagioni, tranne che in primavera, mentre tutte le altre categorie sembrano utilizzate anche se in misura diversa nelle stagioni.

Molto più incostanti sembrerebbero le preferenze della F2 (tabella 4) che ha utilizzato nelle diverse stagioni successive habitat diversi, tra i quali la “faggeta” e le “altre latifoglie” sono sempre presenti negli home range in modo consistente e sembrerebbero maggiormente gradite.

A causa della limitatezza del campione, obbligata dalla richiesta rideterminazione del piano finanziario, questi risultati possono essere solo indicativi delle potenzialità del metodo di monitoraggio di fornire grande varietà informazioni sul comportamento degli animali.

Tuttavia con l'esperienza finora ottenuta è già possibile affermare che la strumentazione GPS/GSM (collari) in uso è proficuamente utilizzabile anche sotto copertura boschiva, almeno per ciò che concerne le diverse tipologie di bosco presenti nell'area di studio.

### 3.2.6 FREQUENTAZIONE DELLE AREE LIMITROFE ALLE STRADE

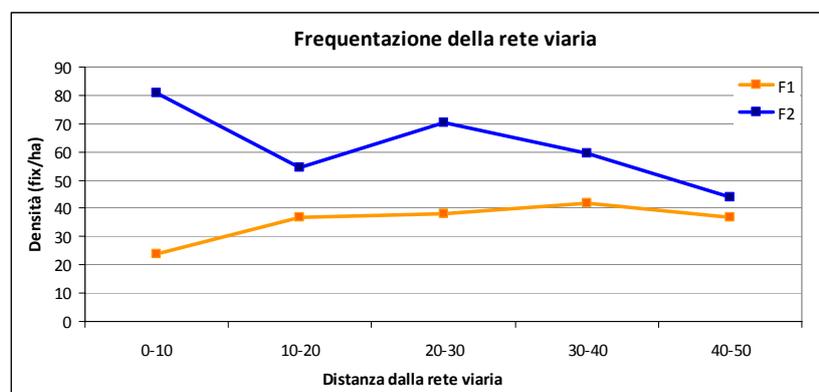
Infine, per l'importanza sempre crescente del fenomeno degli incidenti stradali che vedono coinvolta la fauna selvatica, ed in particolare gli ungulati, è stata rilevata la frequentazione da parte delle cerva monitorate delle aree limitrofe alle strade presenti nei rispettivi home range.

La cartografia relativa alla rete viaria è stata tratta ricavata dalla Carta Tecnica Regionale 1:10.000; attorno a tale rete sono stati creati dei buffer di 10m di ampiezza, alle distanze rispettivamente di 10, 20, 30, 40 e 50 metri dalle strade.

Come area di riferimento è stato considerato l'HR totale (LoCoH 95%); è stata quindi calcolata l'estensione dei buffer all'interno dell'HR e poi la densità di fix (utilizzando il database totale) ricadenti in ciascun buffer ( $n^\circ$  fix nel buffer/estensione del buffer in ettari), in modo tale da poter confrontare i valori per le due cerva indipendentemente dall'estensione della rete viaria presente in ciascun home range.

La figura 8 mostra il diverso comportamento delle cerva rispetto alla frequentazione di aree limitrofe alle strade, quindi al potenziale rischio che queste ultime siano attraversate dagli animali. elevato rischio di attraversamento improvviso.

Fig. 8. Frequentazione delle aree contigue alla rete viaria da parte delle cerva.



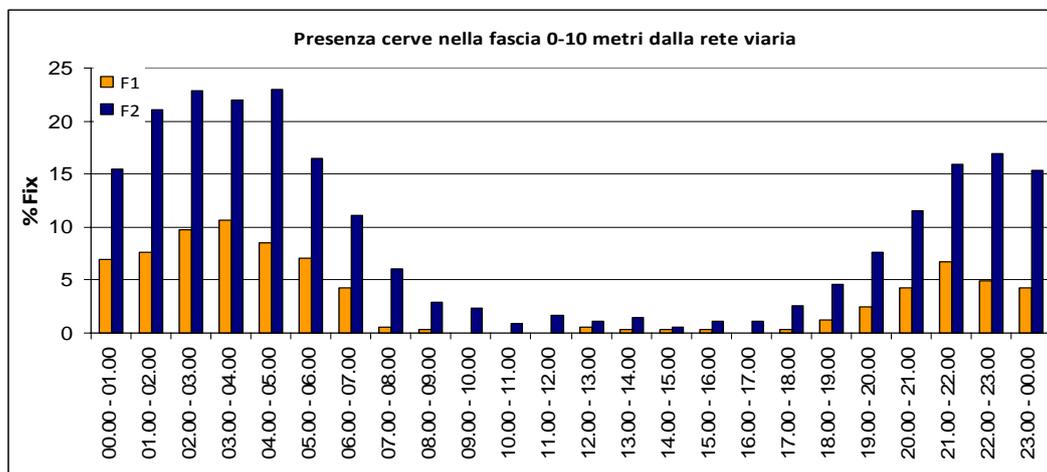
La cerva F1 risulta presente in maniera piuttosto omogenea entro una fascia compresa tra 0 e 50 metri dalle strade (20-40 fix/ha); per F2 si osservano invece valori generalmente più elevati e, soprattutto una notevole presenza di fix (circa 80 fix/ha) nella fascia compresa tra 0 e 10 metri dalla sede stradale, evidenziando una presenza nettamente maggiore della cerva nelle immediate vicinanze delle strade e dunque un probabile maggiore

Nella figura 9 è illustrata la distribuzione oraria della presenza delle due cerva nella fascia compresa tra 0 e 10 metri dalle strade.

È interessante notare che entrambe le cerva sembrano frequentare maggiormente le aree limitrofe alla sede stradale nelle ore serali e notturne, all'incirca dal crepuscolo del tramonto a quello dell'alba.

Questo risultato conferma quanto già da noi riscontrato in una indagine sugli incidenti provocati dalla fauna selvatica nella regione Toscana, che aveva individuato proprio nelle stesse fasce orarie la maggiore frequenza di incidenti avvenuti (Ponzetta *et al.*, 2009).

Fig. 9. Distribuzione oraria della presenza delle due cerva nella fascia compresa tra 0 e 10 metri dalle strade.



#### 4. APPLICAZIONE DI SISTEMI DI REGISTRAZIONE AMBIENTALE PER L'IDENTIFICAZIONE INDIVIDUALE DI CERVI MASCHI ADULTI NEL PERIODO DEL BRAMITO

Sempre nell'ambito del monitoraggio a distanza, una seconda parte del progetto, svolta in collaborazione con l'Unità Operativa di Milano, ha previsto l'applicazione di sistemi di registrazione ambientale per l'identificazione individuale di cervi (*Cervus elaphus*) maschi adulti attraverso l'analisi acustica dalle vocalizzazioni (bramiti) emesse durante il periodo riproduttivo (settembre-ottobre).

Infatti, in ambiente appenninico il metodo tradizionale di conteggio per questa specie si basa in autunno sull'ascolto dei maschi bramitanti da parte di operatori dislocati nell'area da censire. Tale metodo, tuttavia, presenta diversi limiti: grande numero di operatori, soggettività nel riconoscimento dei diversi animali brami tanti, rischio di doppi conteggi, etc.

Attraverso l'accertamento dell'individualità del bramito, la ricerca rappresenta un primo passo per la proposizione di un sistema informatizzato di riconoscimento dei singoli animali che permetterebbe di semplificare la tecnica di conteggio del censimento al bramito e

migliorare l'accuratezza di stima della consistenza della popolazione, ottenuta anche in relazione al numero di maschi bramitati contati.

#### 4.1 MATERIALI E METODI

Durante le due stagioni riproduttive 2010 e 2011 sono stati registrati i bramiti di individui in allevamento, per avere informazioni certe sui singoli soggetti e disporre di maggiori informazioni per ogni singolo animale, e di altri allo stato libero.

Durante ogni registrazione è stata compilata una scheda riportante le condizioni atmosferiche, la composizione del branco e altri dati noti dell'animale. Sono stati registrati i bramiti emessi durante le ore di luce fino a 30 minuti dopo il tramonto del sole, in modo da poter vedere bene e riconoscere senza dubbi il soggetto che veniva registrato.

Le zone di registrazione hanno compreso comprendono allevamenti e aree aperte, appenniniche e alpine. Per quanto riguarda le zone appenniniche, dal 20/09/2010 al 15/10/2010 sono state effettuate registrazioni individuali di cervi nelle seguenti località (tra parentesi il numero di maschi registrati):

- 5 allevamenti: Galceti, PO (1), Bruscoli, FI (3), Arezzo (1), Panna, FI (2), San Benedetto Val di Sambro, BO (5)

- 3 aree non confinate: Panna, FI (1), Cerreto, PO (1), Poranceto, BO (6)

Per le registrazioni a Poranceto, all'interno del Parco dei Laghi Suviana e Brasimone (BO) sono stati impiegati tre registratori per tre aree confinanti.

La stagione 2011 è risultata poco produttiva in quanto è stata particolare dal punto di vista climatico (caldo fino ai primi giorni di ottobre) ed i cervi hanno bramito più tardi del solito e solo per alcuni giorni. Le registrazioni sono state effettuate dal 7 al 19 ottobre negli allevamenti di Bruscoli (2), Galceti (1), Marradi, FI (1) e Galliano, FI (1). Gli ultimi due allevamenti non erano stati presi in considerazione nella stagione 2010.

I bramiti sono stati registrati utilizzando un registratore portatile digitale (Marantz PMD-620, Marantz®) collegato ad un microfono direzionale professionale (Sennheiser ME67, Sennheiser ®). Nell'analisi del bramito sono stati considerati solo i primi 30 minuti di registrazione, cioè fino a quando si riusciva a scorgere l'animale bramitante. Molti bramiti sono risultati inutilizzabili perché sovrapposti oppure con rumori di fondo o non nitidi.

Dalle registrazioni di ogni individuo sono stati "ritagliati" i singoli bramiti (operazione di *labelling*) tramite il programma Adobe Audition, creando nuovi file per ogni bramito e lasciando intatta la sequenza dei *roar* (ogni bramito è composto da uno o più *roar*) per valutare anche le distanze tra questi.

In contemporanea è stato creato un database inserendo, per ogni bramito, il minuto (secondi di inizio e di fine), la durata totale ed eventuali osservazioni (numero di *roar*, *tossi* etc.). I *labelling* così ottenuti, relativi al primo anno di registrazioni, sono stati inviati all'Unità Operativa di Milano che ha operato l'analisi dei sonogrammi, focalizzando la ricerca su 24 variabili dei bramiti, le formanti dalla F1 alla F24.

Con le registrazioni eseguite il secondo anno della ricerca (2011), la U.R. di Firenze ha esteso l'analisi acustica e statistica alla frequenza fondamentale F0 e ad altri fattori quali la durata totale del bramito e la durata di ogni singolo *roar*. Sono stati analizzati 208 bramiti appartenenti a 5 animali diversi.

Per ogni *roar* del bramito è stata considerata la F0 nell'istante iniziale e finale della ripetizione utilizzando il programma di analisi acustica Avisoft.

I valori ottenuti (in Hz) sono stati analizzati in seguito tramite il software di analisi statistica SPSS, utilizzando l'analisi discriminante DA (McGarigal et al., 2000; Lovari & Rolando, 2004).

## 4.2 RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati relativi alle registrazioni del primo anno sono riferiti in dettaglio dall'U.R. di Milano: in sintesi, è emersa una differenza interindividuale dei bramiti, anche in base alla presenza di altri soggetti, ai diversi habitat e, come prevedibile, alla classe d'età. Tali primi risultati sono andati dunque a supporto della tesi dell'identificazione vocale.

I vari parametri caratterizzanti le vocalizzazioni ricavate il secondo anno di registrazione sono stati invece sottoposti a *discriminant analysis* (DA), un tipo di elaborazione statistica che, attraverso un'analisi predittiva, riesce ad assegnare l'appartenenza ad un gruppo per le entità di origine ignota e, contemporaneamente, determina quali variabili sono maggiormente correlate con la separazione tra gruppi.

Attraverso l'utilizzo delle nostre variabili discriminanti (frequenza fondamentale F0, durata totale del bramito, durata di ogni singolo roar, etc.) e della natura predittiva della DA, la percentuale di corretta riassegnazione è stata in media del 52%, cioè il 52% dei bramiti sono stati correttamente riclassificati come appartenenti all'individuo che li aveva emessi. La riclassificazione dei bramiti ai diversi individui operata utilizzando le funzioni discriminanti è mostrata nella tabella 5. Il risultato di classificazione corretta delle vocalizzazioni è osservabile lungo la diagonale all'incrocio tra le righe indicanti gli individui e le colonne indicanti la previsione di appartenenza per le rispettive vocalizzazioni.

Le variabili maggiormente legate all'individualità sono risultate, nel nostro caso, quelle temporali (durata totale del bramito, durata di una singola ripetizione) e quelle relative alla frequenza (range iniziale delle frequenze).

Tabella 5. Risultati della classificazione dei bramiti operata dalle funzioni discriminanti usate.

	ID cervo	Appartenenza prevista					Totale
		1	2	3	4	5	
<b>conteggio</b>	1	<b>24</b>	6	6	2	0	38
	2	9	<b>16</b>	8	10	10	53
	3	5	2	<b>10</b>	0	4	21
	4	5	3	2	<b>28</b>	13	51
	5	0	4	0	11	<b>26</b>	41
<b>%</b>	1	<b>63,2</b>	15,8	15,8	5,3	0	100
	2	17	<b>30,2</b>	15,1	18,9	18,9	100
	3	23,8	9,5	<b>47,6</b>	0	19	100
	4	9,8	5,9	3,9	<b>54,9</b>	25,5	100
	5	0	9,8	0	26,8	<b>63,4</b>	100

Un risultato analogo di corretta riassegnazione (53%) è riferito da Vannoni e McElligott (2007) in un lavoro sulla variabilità acustica dei "common groans" nel daino (*Dama dama*), mentre altri autori, sia per la stessa specie (Reby, 1998; Torriani *et al.*, 2006), che per *Cervus elaphus* (Bocci *et al.*, *in press*) hanno ottenuto circa il 70%.

In generale gli studi sul riconoscimento vocale condotti per le varie specie hanno dato risultati variabili, e raramente con una corrispondenza completa. Ciò è spiegabile alla luce del

fatto che l'individualità vocale è soggetta a una variazione naturale, e che c'è sempre un certo grado di ambiguità nell'identificazione di un individuo. Tuttavia le tecniche di analisi spettrografica e le successive analisi statistiche possono migliorare la capacità di discriminazione (Terry *et al.*, 2005).

Da questo studio preliminare sulla possibilità di discriminazione individuale dei cervi bramanti in base alle caratteristiche delle loro vocalizzazioni, emerge l'esistenza di una certa correlazione tra queste e l'individualità dei singoli maschi, anche se i parametri finora individuati non consentono un riconoscimento certo nella totalità dei casi. Inoltre, un importante limite è stato rappresentato dalla numerosità dei soggetti registrati; in future esperienze sarà importante aumentare il numero degli individui campionati e il numero di parametri acustici analizzati.

Nonostante l'obiettivo di un riconoscimento individuale certo non sia stato raggiunto nella totalità dei casi, si può affermare che il metodo individuato rappresenta un buon punto di partenza, soprattutto se impiegato su un più ampio campione di dati rilevati.

## **5) MONITORAGGIO DI BOVINE AL PASCOLO IN ALLEVAMENTO SEMIBRADO**

In analogia al monitoraggio dei selvatici, in collaborazione con l'U.O. Firenze 1, è stato avviato un monitoraggio di bovini al pascolo in allevamento semibrado, situato in ambiente appenninico nella medesima area geografica occupata dai cervi, per indagare sulla distribuzione spaziale degli animali e sulla localizzazione temporale delle principali attività funzionali (alimentazione, movimento, riposo, etc.).

Anche in questo caso sono stati usati collari GPS/GSM, per valutare e quantificare le informazioni ricavabili da questi strumenti tecnologici anche quando applicati agli ungulati domestici. L'utilizzo del GPS può fornire ulteriori informazioni sulle abitudini e sul comportamento alimentare di animali in allevamento semiestensivo, consentendo all'allevatore di attuare i più appropriati interventi gestionali. Il loro impiego risulta inoltre vantaggioso in pascoli disomogenei delle zone collinari e montane appenniniche, per conoscere le modalità di spostamento degli animali, le modalità ed i periodi di utilizzo delle diverse risorse alimentari disponibili, eventuali interazioni con i selvatici.

### **5.1 MATERIALI E METODI**

La sperimentazione si è svolta in una azienda locata nel Comune di San Marcello Pistoiese a nord della località Spignana e a est di Lizzano. L'azienda ha una superficie di circa 80 ettari di cui 25 di prato pascolo artificiale, 35 di pascolo naturale e 29 di bosco.

L'azienda alleva un numero variabile di capi bovini, di razze diverse, oltre a vari soggetti di altre specie domestiche.

Il pascolo utilizzato si sviluppa a quote comprese tra i 1000 ed i 1200 metri s.l.m., ed è costituito essenzialmente da un mosaico di ambienti aperti come prati e prati-pascolo con diverso grado di copertura arbustiva, in parte ai margini di zone di bosco. I prati-pascolo vengono sfalciati una volta (a giugno) e poi vengono pascolati fino all'autunno, turnando gli appezzamenti; questi vengono utilizzati solitamente prima con le vacche e successivamente con i cavalli e gli asini. Il bosco viene pascolato nel periodo estivo inserendo le superfici boscate nel programma di pascolo per offrire riparo agli animali durante le ore più calde e durante la notte.

Ogni superficie a pascolo è provvista di recinzioni mobili che vengono modificate a seconda delle necessità e delle disponibilità di pascolo o erba da sfalcio. Le vacche, divise in gruppi di razze vengono inserite nel programma di pascolamento da maggio di ogni anno fino

a settembre e vengono spostate sulle diverse superfici a seconda del programma di pascolamento e sfalcio previsto, rimanendo comunque sempre libere di muoversi sulla superficie assegnata e quindi allo stato brado per tutta la stagione estiva.

A partire dal 9 maggio 2012, anno in cui sono stati eseguiti i rilievi sperimentali, sono stati portati al pascolo, in alcuni dei recinti aziendali 14 capi bovini, di cui 9 Limousine e 5 Chianine. Pochi giorni prima che gli animali fossero portati al pascolo, è stata eseguita una analisi vegetazionale di tutte le risorse disponibili, con il metodo di Braun-Blanquet, modificato da Pignatti (Pignatti, 1959) che permette anche il calcolo del Valore Pastorale VP (Cavallero et al., 2007) attraverso il contributo percentuale di ogni di ogni singola specie erbacea alla composizione del cotico.

Prima del trasferimento dalla stalla al pascolo, su due bovine, una di razza Limousine ed una di razza Chianina, erano stati applicati i collari GPS/GSM (figura 10), dotati anche di sensori di attività, le cui caratteristiche sono già state descritte in precedenza. I collari, programmati con una frequenza di rilevamento pari ad 1 fix/ora; sono stati attivati nel mese di aprile 2012. I dati rilevati e finora elaborati per entrambi gli animali fanno riferimento al periodo 18 maggio-11 luglio 2012.

Fig. 10. Le due bovine con radiocollari. B1: Limousine e B2: Chianina



I position fix sono stati ricevuti dalla *ground station*, mentre i dati di attività sono stati scaricati direttamente dai collari, ancora posti sugli animali, tramite un apposito cavetto.

Con i dati delle localizzazioni rilevati nel periodo suddetto è stata eseguita una analisi preliminare della mobilità delle vacche, secondo quanto indicato precedentemente per le cerva.

I collari sono provvisti di sensori che registrano l'attività, misurandola lungo 3 assi  $x$ ,  $y$ ,  $z$  che rilevano rispettivamente l'accelerazione nei movimenti avanti-indietro, destra-sinistra e alto-basso. L'attività è misurata 4 volte per secondo simultaneamente per i tre assi e viene restituita come valore compreso tra 0 e 255.

In base alla modalità scelta, alla fine di ogni intervallo di tempo prestabilito viene calcolato il valore medio dei valori di attività registrati. Per le bovine è stata scelta la modalità che restituisce i valori medi di attività per gli assi  $x$  e  $y$  ogni 152 secondi.

Per creare alcuni grafici preliminari, relativi all'attività media giornaliera ed oraria degli animali è stato utilizzato il software Activity Pattern (VECTRONIC Aerospace GmbH)

## 5.2 RISULTATI E DISCUSSIONE

Il gruppo di Limousine, compreso l'animale dotato di radiocollare, è stato portato per la prima volta al pascolo il 09/05/2012., ed è stato inserito in un primo recinto aziendale la cui superficie totale, in base ai rilievi vegetazionali eseguiti in precedenza, è risultata abbastanza eterogenea, costituita per il 40% da una copertura boscosa, per il 5% da copertura arbustiva e la superficie restante da cotico erboso in buone condizioni vegetative e composto da una notevole varietà di specie erbacee.

Nell'insieme il recinto offre un pascolo con un discreto Valore Pastorale, che varia da 29,88 nelle zone parzialmente coperte dal bosco a 55,60 nella parte di pascolo più alta. Nel recinto è inoltre presente un punto acqua nella parte opposta a quella occupata dal bosco.

Dal 25/06/2012 fino al 7/07/2012 le vacche sono state spostate in un recinto provvisorio, che presenta un 10% circa di copertura boscata e per il resto da prato, seminato nel 2011 e sfalcato poco prima di ospitare le vacche. Per questa superficie, che presenta anche un punto acqua nelle vicinanze della superficie boscata, i rilievi hanno permesso di calcolare un buon valore pastorale ( $VP = 54,12$ ).

Successivamente il gruppo di Limousine ha occupato un vasto appezzamento, per circa metà della superficie totale coperto da bosco, che interrompe la continuità nella superficie a pascolo. Le zone di pascolo si distribuiscono per un 20% su un lato del bosco (con basso  $VP = 18,60$ ) mentre la restante parte rimane separata all'estremità opposta e ha presentato un alto valore pastorale ( $VP = 62,20$ ). All'interno del bosco c'è una piccola area aperta, molto frequentata dalle vacche, con un discreto valore pastorale  $VP=45,56$ . Il punto acqua in questo recinto è un ruscello che scorre sul confine tra il bosco e la superficie a pascolo più povera, quindi le vacche si trovano a dover attraversare il bosco per giungere ai pascoli migliori.

Le vacche Chianine, tra le quali anche il soggetto con radiocollare, sono state introdotte al pascolo dal 18/05/2012, separatamente rispetto alle Limousine, in un recinto che è stato successivamente ampliato nel corso della stagione; l'appezzamento iniziale presenta una superficie boscata (10%) limitata rispetto alla superficie totale di pascolo (40%), ed una zona ampiamente arbustata (50%).

Le superfici migliori di pascolo sono locate nella parte alta della recinzione e hanno presentato un valore pastorale  $VP = 29,38$  mentre per le aree più in basso e maggiormente occupate da arbusti e dal bosco il valore pastorale calcolato è risultato inferiore,  $VP=19,70$ .

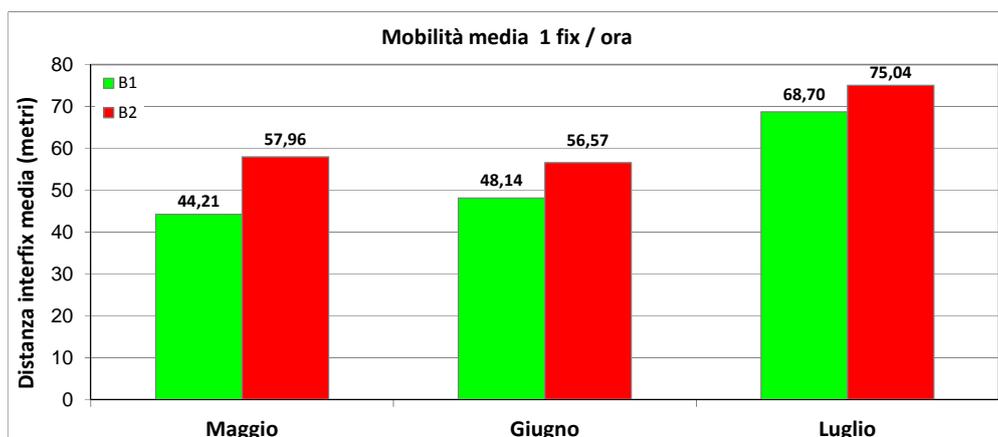
Il punto di abbeveraggio si trova in basso, nell'estremità inferiore del recinto, circondato da una piccola superficie erbosa di alto valore pastorale ( $VP=54,00$ ) ma sempre in ombra e quindi non molto utilizzata come pascolo dagli animali stessi.

Questo recinto è stato ampliato il 02/07/2012 quando alla superficie già esistente sono stati aggiunte altre particelle di prato (semina 2011), sfalciate qualche giorno prima. Per le superfici aggiunte al pascolo sono stati rilevati ottimi valori pastorali ( $VP$  variabile da 54,10 a 82,38); questa elevata qualità dell'alimento disponibile attrae maggiormente le vacche verso questi pascoli più alti.

Con i dati relativi alle localizzazioni è stata finora calcolata la mobilità media mensile (figura 11) e giornaliera (figura 12) dei due animali.

Considerando gli spostamenti nei diversi mesi (figura 11) si osserva un incremento della loro ampiezza nel mese di luglio rispetto ai mesi precedenti in entrambi i soggetti. Inoltre la Chianina manifesta una mobilità generalmente maggiore rispetto alla Limousine, anche se la differenza nelle distanze interfix percorse dai due animali diminuisce progressivamente col tempo (la Chianina passa da valori di mobilità di + 31% in maggio rispetto alla Limousine a +9% circa in luglio).

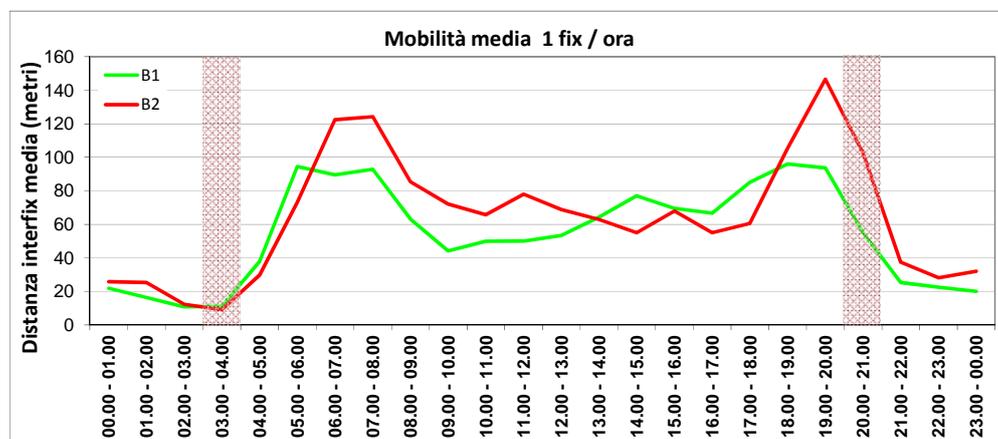
Fig. 11. Mobilità mensile media delle bovine. B1: Limousine; B2: Chianina



La mobilità media giornaliera delle due vacche è illustrata nella figura 12. Le fasce orarie evidenziate corrispondono rispettivamente al crepuscolo dell'alba e del tramonto.

Anche da questo grafico appare evidente la maggiore mobilità della bovina Chianina, in particolare in alcuni momenti della giornata. Infatti, se nel periodo tra le 22 circa e le 5 del mattino i valori delle distanze interfix non sono molto dissimili, nel resto della giornata il comportamento degli animali appare alquanto diverso.

Fig. 12. Mobilità media delle bovine nelle diverse fasce orarie della giornata. B1: Limousine; B2: Chianina. Periodo di riferimento: maggio 2012 – luglio 2012



Per entrambi i soggetti si rilevano due repentini picchi nella mobilità, in prossimità delle prime ore del mattino (dalle 5 alle 8 circa) e nella prime ore serali, dalle 19 alle 20 circa, picchi che corrispondono probabilmente ad una più intensa attività di pascolo in quei momenti della giornata ed ai quali seguono valori di minore mobilità.

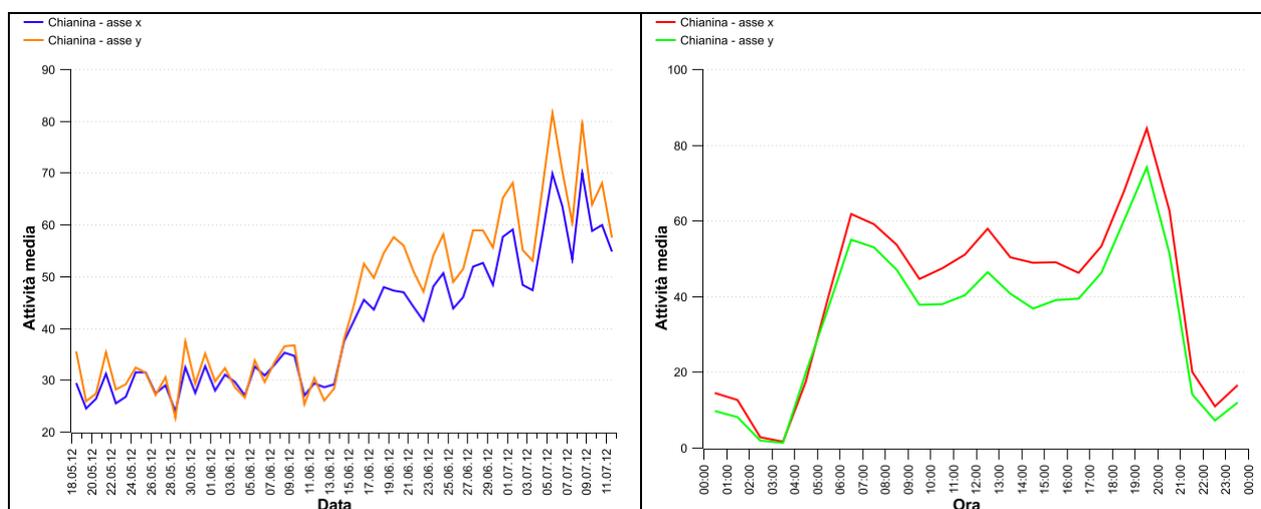
Poiché gli animali sono tuttora al pascolo e non facilmente riconducibili in stalla, solo per la Chianina, che si trovava in un recinto più vicino al centro aziendale, è stato per ora possibile recuperare i dati relativi all'attività, scaricandoli dal collare ancora indossato dall'animale; al rientro definitivo degli animali in stalla verranno recuperati tutti i dati rilevati.

I grafici seguenti (figura 13) riportano l'attività media giornaliera ed oraria della vacca Chianina nel periodo compreso tra il 18 maggio e l'11 luglio 2012. I valori di attività riportati lungo l'asse verticale dei diagrammi sono quelli registrati dal sensore di attività del collare.

Il grafico a sinistra, relativo all'intero periodo maggio-luglio, mette in luce un deciso aumento dell'attività della bovina a partire dalla seconda metà del mese di giugno, che aumenta ancora in corrispondenza dell'inizio di luglio, quando la superficie di pascolo a disposizione delle Chianine è stata ampliata includendo una parte di pascolo di maggior pregio situata in una area più elevata ma distante dal punto di abbeverata.

Questa circostanza ha probabilmente determinato una più intensa attività negli animali, che nel mese di luglio hanno effettuato anche maggiori spostamenti (vedi figura 11).

Fig. 13. Attività media giornaliera (a sinistra) e oraria (a destra) della bovina Chianina relativa ai movimenti lungo gli assi. x e y. Periodo di riferimento: maggio 2012 – luglio 2012.



La distribuzione dell'attività della Chianina nell'arco della giornata (grafico a destra) richiama i risultati ottenuti per la mobilità. Anche in questo caso si rileva un periodo di maggiore attività compreso tra due picchi corrispondenti alle prime ore del mattino (circa le 6) e la sera, tra le 19 e le 20.

Questo risultato, oltre a confermare un comportamento più dinamico degli animali in quegli orari del giorno, legato probabilmente alla più intensa ricerca dei migliori punti di pascolo, mette anche in luce un possibile limite del collare nel rilievo dei dati di attività; le misure di accelerazione rilevate potrebbero infatti essere influenzate dal movimento, in particolare dagli spostamenti del collare sul collo dell'animale mentre questo cammina o corre, a discapito dell'identificazione di altre attività più collegate a movimenti laterali o verticali della testa (alimentazione, ruminazione).

## CONCLUSIONI

I metodi testati per il monitoraggio a distanza di ungulati selvatici e domestici hanno fornito risultati interessanti ed evidenziato molte potenzialità di impiego applicato alla gestione tecnica delle risorse faunistiche e zootecniche.

La molteplicità di informazioni ricavabili dai collari GPS/GSM, sia su cervi a vita libera

che su bovine al pascolo, potrebbero permettere un concreto passo avanti nella programmazione delle azioni di gestione degli animali. Per fare un esempio, la definizione degli home range dei cervi su un più ampio campione di animali permetterebbe di conoscere la distribuzione spaziale stagionale della popolazione, informazione di fondamentale importanza per dimensionare le unità territoriali di gestione della specie. Altrettanto importante la conoscenza delle preferenze stagionali nell'utilizzo delle diverse categorie di uso del suolo, per attuare interventi localizzati di prevenzione dei danni provocati dalla fauna, sia al settore agro-forestale, che in relazione ad altre tipologie di interazione con le attività antropiche e con l'ambiente (incidenti stradali, problematiche relative a presenza e distribuzione degli ungulati selvatici (ricomparsa dei grandi predatori) danni alla zootecnia estensiva. etc.).

Sempre a fini gestionali, i risultati incoraggianti ottenuti attraverso l'analisi acustica delle vocalizzazioni dei cervi maschi adulti lascia intravedere la possibilità non troppo remota di arrivare mettere a punto un sistema informatizzato di identificazione individuale dei soggetti bramitanti, che porterebbe ad un grande passo avanti nella affidabilità dei risultati ottenuti dai conteggi per le stime della consistenza della popolazione. E' da sottolineare che il metodo non deve essere inteso a sostituzione del censimento tradizionale con operatori, ma come un sistema di supporto da affiancare al primo, in modo da ridurre gli errori che caratterizzano entrambi metodi.

Infine, l'integrazione dei vari metodi proposti potrebbe ampliare notevolmente le conoscenze, in parte ancora carenti, sulla biologia ed etologia sia delle specie considerate che di molte altre.

Naturalmente le ricerche avviate richiedono ulteriori approfondimenti, e, in particolare l'utilizzo di un maggior numero di campioni, aspetto di fondamentale importanza, spesso purtroppo condizionato dalla limitata disponibilità di risorse.

## **Bibliografia**

Aebischer, N. J., Robertson, P. A., Kenward, R. E. 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology*, 74: 1313-1325

Burt, W.H. 1943. Territoriality and home range as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24:346-352

Carranza, J., Hidalgo de Trucios, S.J., Medina, R., Valencia, J., Delgado, J., 1990. Space use by red deer in a Mediterranean ecosystem as determined by radio-tracking. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 30: 363-371.

Cavallero A., Aceto P., Gorlier A., Lombardi G., Lonati M., Martinasso B. and Tagliatori C. (2007) I tipi pastorali delle Alpi Piemontesi. *Perdisa Ed.*, Bologna, I, pp. 467

Chiarenzi, B., Macconi, P., Carmignola, G., Pedrotti, L., Mustoni, A., 2002. Studio sulle capacità di spostamento e dispersione del Cervo in Val Venosta. *Istituto Oikos*, Varese.

Clutton-Brock, T.H., Albon, S.D., 1979. The roaring of red deer and the evolution of honest advertisement. *Behaviour* 69: 145-170.

- D'Eon, R.G., 2003. Effects of a stationary GPS fix-rate bias on habitat-selection analyses. *The Journal of Wildlife Management* 67: 858-863.
- Eastwood, E., 1967. *Radar ornithology*. Methuen, London, United Kingdom, 278 pp.
- Favaretto, A., De Battisti, R., Pavan, G., Piccin, A., 2006. Acoustic features of red deer (*Cervus elaphus*) stags vocalizations in the Cansiglio Forest (NE Italy, 2001-2002). *Razprave IV. Razreda Sazu Lubliana*, 125-138.
- Friedman, M. 1937. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association* 32: 675-701
- Getz, M., Wilmsers, C.C. 2004. A local nearest-neighbor convex-hull construction of home ranges and utilization distributions. *Ecography* 27: 489-505.
- Godfrey, G.K., 1954. Tracing Field Voles (*Microtus Agrestis*) with a Geiger-Muller Counter. *Ecology* 35:5-10.
- Ivlev, V.S. 1961. *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Jacobs, J. 1974. Quantitative measurement of food selection. *Oecologia* 14: 413-417
- Johnson D.H., 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61(1): 65-71
- Lemen, C.A., Freeman, P.V., 1985. Tracking mammals with fluorescent pigments: a new technique. *Journal of Mammology* 66(1): 134-136.
- Luccarini, S., Mauri, L., 2000. *Il cervo in Alta Val di Susa. Comportamento spaziale e uso dell'habitat*. Ed. Ananke s.r.l., Torino.
- McComb, K., 1987. Roaring by red deer stags advances the date of oestrus in hinds. *Nature* 330: 648-649
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Ed. Springer
- Minta, S.C., 1992. Testes of spatial and temporal interaction among animals. *Ecological Applications* 2: 178-188
- Mitchell, B., Staines, B.W., Welch, D., 1977. *Ecology of Red Deer*. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge.
- Mohr, C.O., 1947. Table of equivalent populations of North American Mammals. *The American Midland Naturalist journal* 37: 223-249

- Murie, A., 1936. Following fox trails. University of Michigan Museum Zoology, Misc. Publ. 32: 1-45
- Neu, C.W., Byers, C.R., Peek, J.M., 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 38: 541-545
- Otis, D.L., White, G.C., 1999. Autocorrelation of location estimates and the analysis of radiotracking data. *The Journal of Wildlife Management* 63:1039-1044
- Pearson, O.P., 1960. Habits of *Microtus Californicus* revealed by automatic photographic recorders. *Ecological monographs* 30: 231-250
- Pedrotti, L., Tosi, G., Facoetti, R., Piccinini, S., 1995. Organizzazione di uno studio mediante radio-tracking e analisi degli home-range: applicazione agli ungulati selvatici. *Supplemento alle Ricerche di Biologia della Selvaggina* 23: 3-100
- Ponzetta, M.P., Sorbetti Guerri, F., Banti, P., Nuti, S. (a cura di), 2009. Gli incidenti stradali causati dalla fauna selvatica nella Regione Toscana. Analisi del fenomeno nel periodo 2001-2008. Ed. Centro stampa Giunta Regionale Toscana.
- Powell, R.A., 2000. Animal home ranges and territories and home range estimators. In: *Research techniques in animal ecology. Controversies and consequences*. Columbia University Press, New York: pp. 65-110
- Reby, D., 1998. Etude de la communication sonore chez les cervidés. Prise en compte de la dimension individuelle. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse
- Reby, D., Hewison, M., Izquierdo, M., Pépin, D., 2001. Red deer (*Cervus elaphus*) hinds discriminate between the roars of their current harem-holder stag and those of neighbouring stags. *Ethology* 107: 951-959
- Rodgers, A.R., 2001. Tracking animals with GPS: the first 10 years. Ontario Ministry of Natural Resources, Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario
- Strauss, R.E., 1979. Reliability estimates for Ivlev's electivity index, the forage ratio, and a proposed linear index of food selection. *Transactions of the American Fisheries Society* 108: 344-352
- Szemethy, L., Heltai, M., Matrai, K., Peto, Z., 1998. Home ranges and habitat selection of red deer (*Cervus elaphus*) on a lowland area. *Gibier Faune Sauvage*, 15 (Hors série Tome 2): 607-615
- Terry, A.M.R., Peak, T.M., McGregor, P.K., 2005. The role of vocal individuality in conservation. *Frontiers in zoology*, 2: 10
- Torriani, M.V., Vannoni, E., McElligott, A.G., 2006. Mother-young recognition in an ungulate hider species: a unidirectional process. *The American Naturalist* 168: 412-420

Vannoni, E., McElligott, A.G., 2007. Individual acoustic variation in Fallow Deer (*Dama dama*) common and harsh groans: a source-filter theory perspective. *Ethology* 113: 223-234

Van Winckle, W., 1975. Comparison of several probabilistic home range models. *Journal of wildlife management*, 39: 118-123

### **Ringraziamenti**

Gli Autori ringraziano tutte le aziende che hanno permesso il rilievo dei dati sperimentali relativamente ai cervi in allevamento; l'azienda agricola Il Butale per aver permesso l'applicazione dei collari sulle bovine e avere messo a disposizione il personale di stalla per tutte le attività relative alla sperimentazione.