

Tecniche di stima delle popolazioni

S. Imperio¹, L. Fattorini², F. Ferretti^{2,3}, S. Focardi¹,
B. Franzetti⁴, V. La Morgia⁴, G. Massei⁵, A. Monaco⁶,

1



2



3



4



5



6



Verso una gestione sostenibile dei grandi mammiferi in Italia:
Uno sguardo oltre "l'emergenza cinghiale"
Bologna, 1 dicembre 2015



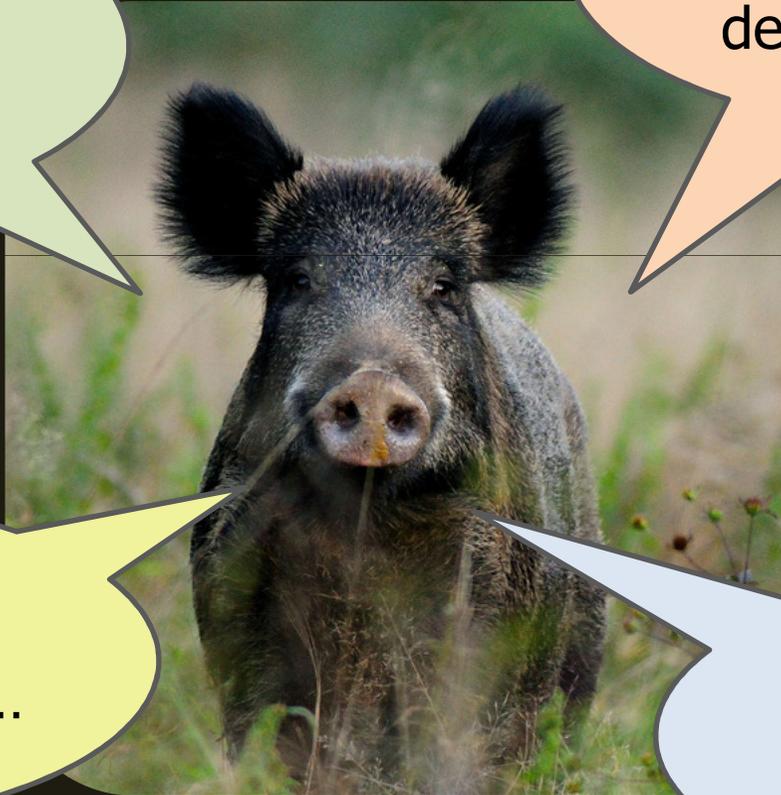
Perché stimare i cinghiali?

Monitorare le
fluttuazioni di
popolazione

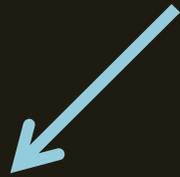
Gestione venatoria
(e non)
delle popolazioni

Danni a colture,
incidenti stradali ...

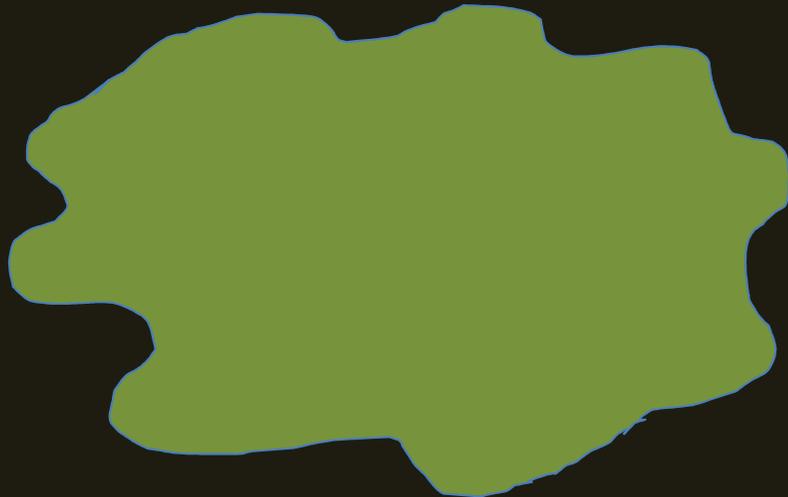
Valutazione
dell'efficacia delle
azioni di gestione



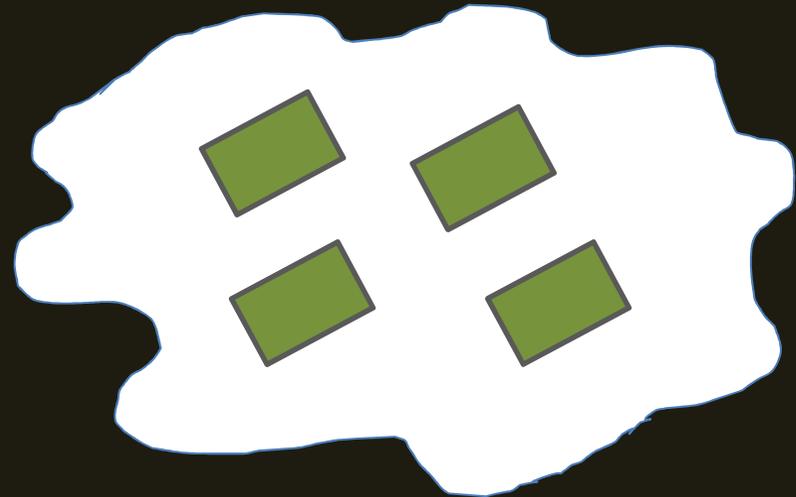
Censimento (conteggio assoluto): contare tutti gli animali all'interno di un'area prefissata (densità vera)



Censimento
esaustivo $N=n$

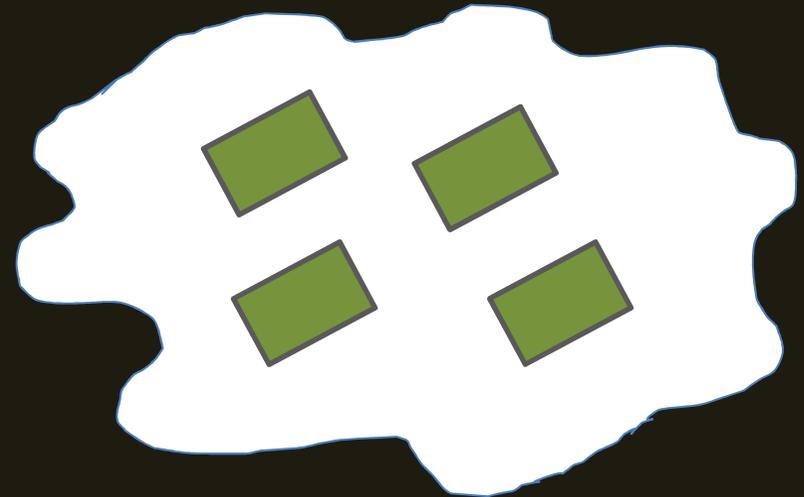


Censimento
campionario $N=n/p$



Stima: desume il valore di abbondanza di popolazione (densità) a partire dagli animali contati e dalla probabilità di avvistamento (detectability, contattabilità: $N=n/d$), ottenuta in modi diversi

Censimento
campionario $N=n/p$



Stima: desume il valore di abbondanza di popolazione (densità) a partire dagli animali contati e dalla probabilità di avvistamento (detectability, contattabilità: $N=n/d$), ottenuta in modi diversi

Conteggio relativo (indice di popolazione): si ottiene una quantità proporzionale alla densità, ma di un fattore sconosciuto
($i=k \times N$, $k=?$)



Per ottenere un indice affidabile bisogna comunque tener conto della contattabilità!

Quali metodi?

Idealmente, i metodi da scegliere per ottenere stime di popolazione o indici relativi (monitoraggio) devono:

- 1) essere pratici da usare sul campo,
- 2) essere sensibili abbastanza da riflettere i cambiamenti di numero o trend,
- 3) basarsi su un numero minimo di assunti che possano essere relativamente facili da rispettare,
- 4) essere associati ad una metodologia statistica che permetta un valido confronto tra aree o periodi diversi.

Environ Sci Pollut Res (2013) 20:8077–8091
DOI 10.1007/s11356-013-2002-5

REVIEW ARTICLE

Monitoring wild pig populations: a review of methods

R. M. Engeman • G. Massei • M. Sage • M. N. Gentle

Stime e indici da dati di caccia

Tecniche molto utilizzate nelle aree cacciabili, sfruttano la disponibilità di dati raccolti dai cacciatori (virtualmente a costo zero). Presuppongono una relazione lineare tra catture e abbondanza della popolazione e che ciascun individuo abbia la stessa probabilità di essere catturato.

Questi assunti sono difficilmente rispettati o non conosciuti, con potenziali bias nei risultati (Engeman et al. 2013), ad es. l'efficacia di una battuta può dipendere da fattori diversi dalla densità di animali, come il meteo (Grauer & König 2009), la motivazione dei cacciatori...



Indici di caccia:

Il carniere e il numero di animali visti/cacciati per unità di sforzo (indice cinegetico di abbondanza) sono indici molto utilizzati in letteratura.

Assunti: 1) la prob. di cattura è costante (dipende solo da densità e sforzo)
2) ciascun individuo ha la stessa probabilità di essere catturato
3) vengono utilizzati metodi standardizzati (es. stessi cani)
4) tutti gli abbattimenti vengono riportati

Sforzo: 1) area battuta
2) giornate di caccia
3) n. di cacciatori/cani
4) n. di cacciatori per giornata
...

In alcuni casi gli indici di caccia funzionano bene, come dimostrato con i dati di caccia della Tenuta di Castelporziano

Investigating population dynamics in ungulates: Do hunting statistics make up a good index of population abundance?

Simona Imperio, Massimiliano Ferrante, Alessandra Grignetti, Giacomo Santini & Stefano Focardi

Il numero di cinghiali uccisi per anno (carniere) presenta una buona correlazione con i censimenti autunnali ($R^2=0.62$) ed estivi ($R^2=0.65$).

Il numero di cinghiali uccisi per unità di area battuta (densità di caccia) presenta una correlazione migliore con i censimenti autunnali ($R^2=0.73$) ed estivi ($R^2=0.81$).

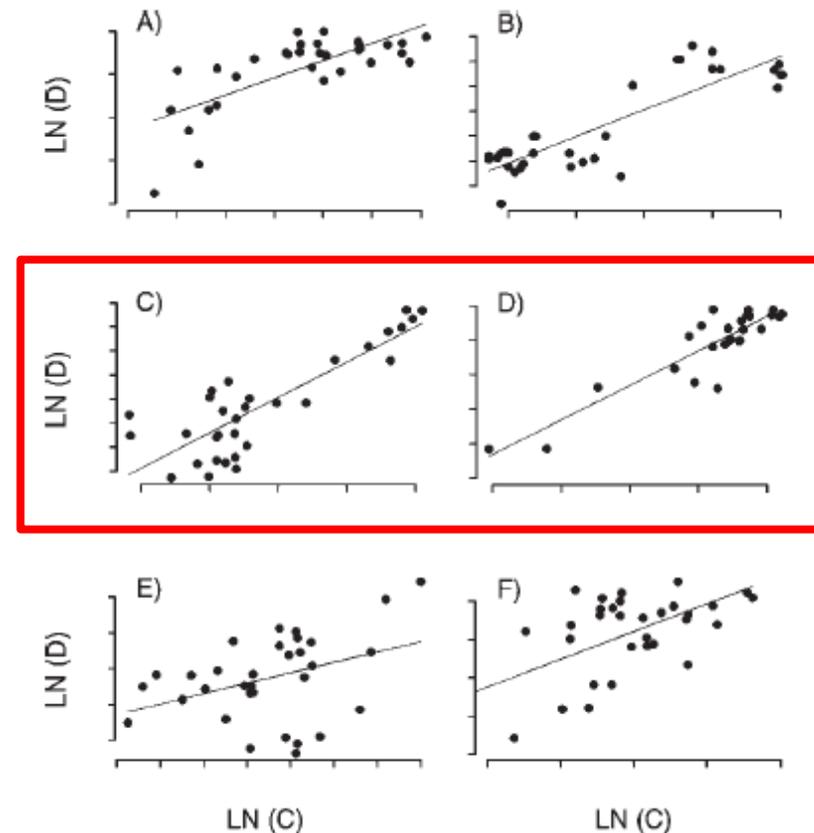
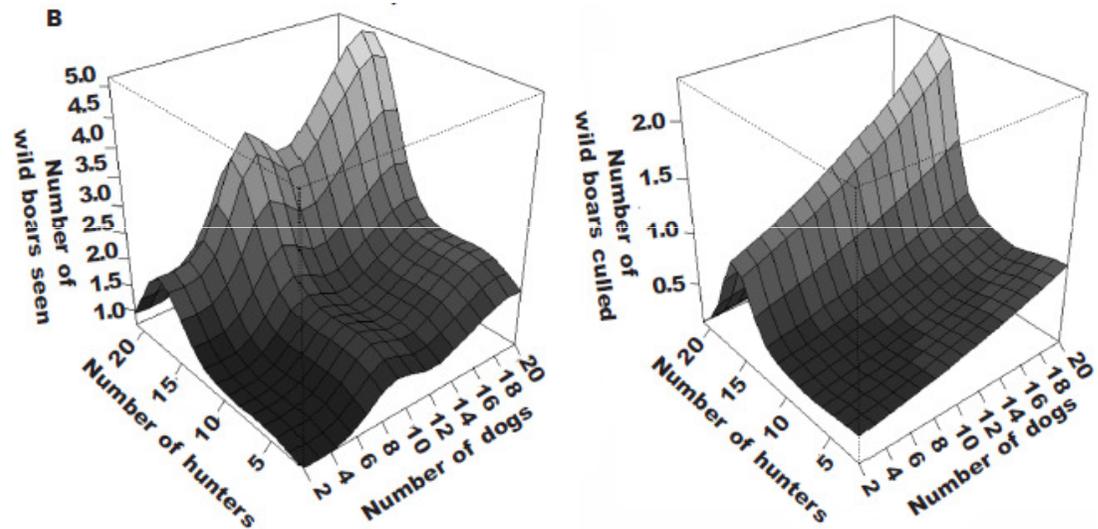


Figure 3. Log-linear relationship between density indices (D) and counted animals (C) of the five species fallow deer (A), roe deer (B), wild boar (C autumn and D summer), red deer (E) and nilgai (F).

A scala più ampia:
 è molto difficile ottenere
 dati affidabili sullo sforzo
 (ad es. area battuta, come
 in questo caso) per cui si
 rischia di utilizzare indici di
 dubbia utilità.

Intensive monitoring suggests population oscillations and migration in wild boar *Sus scrofa* in the Pyrenees

M. Sarasa & J.-A. Sarasa

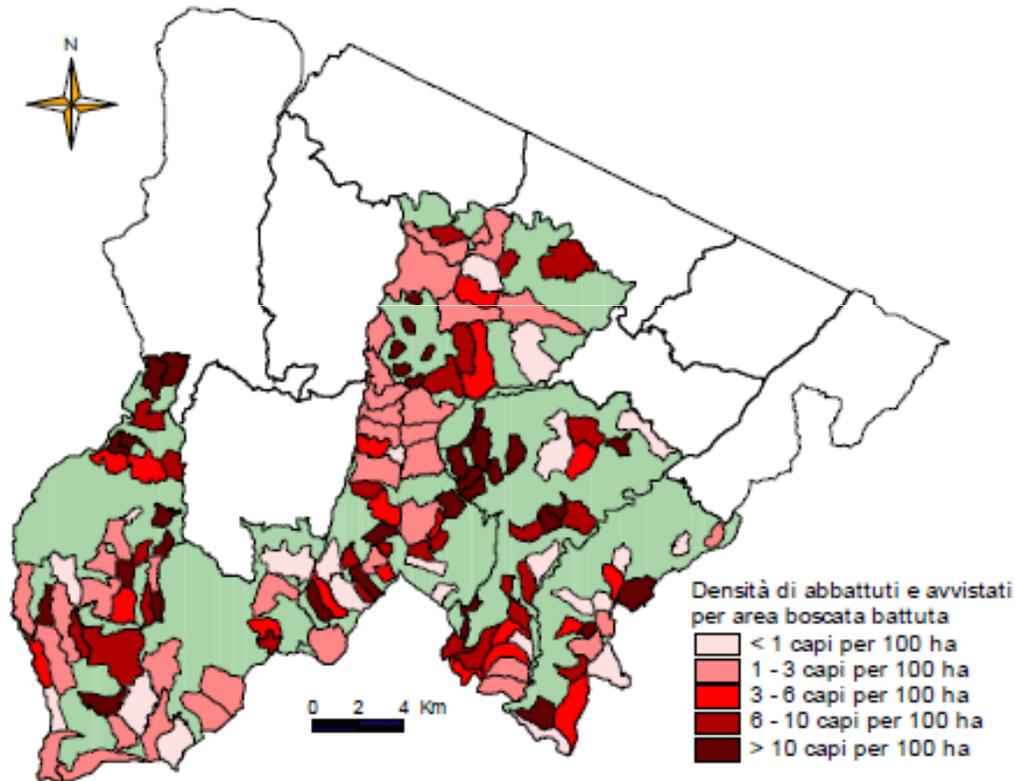


In questo lavoro sui Pirenei, il numero di cinghiali visti (e uccisi) per braccata dipende da: anno, giorno dell'anno, numero di cacciatori, numero di cani impiegati, area dove si è tenuta la caccia.

L'indice quindi non è strettamente correlato alla densità e può essere difficilmente usato per monitorare l'andamento della popolazione nel tempo.

Sperimentazione ex INFS nell'ATC BO3 (1998-2000)

Andrea Monaco, Barbara Franzetti, Luca Pedrotti e Silvano Toso



Animali abbattuti + visti in ogni battuta, e densità estrapolata alle aree boscate circostanti

Stime da dati di caccia:

Stessi assunti degli indici + uno:

- Assunti:
- 1) la prob. di cattura è costante (dipende solo da densità e sforzo)
 - 2) ciascun individuo ha la stessa probabilità di essere catturato
 - 3) vengono utilizzati metodi standardizzati
 - 4) tutti gli abbattimenti vengono riportati
 - 5) popolazione chiusa

Catch per unit effort

Metodo di Leslie:

$$Y = a - bX$$

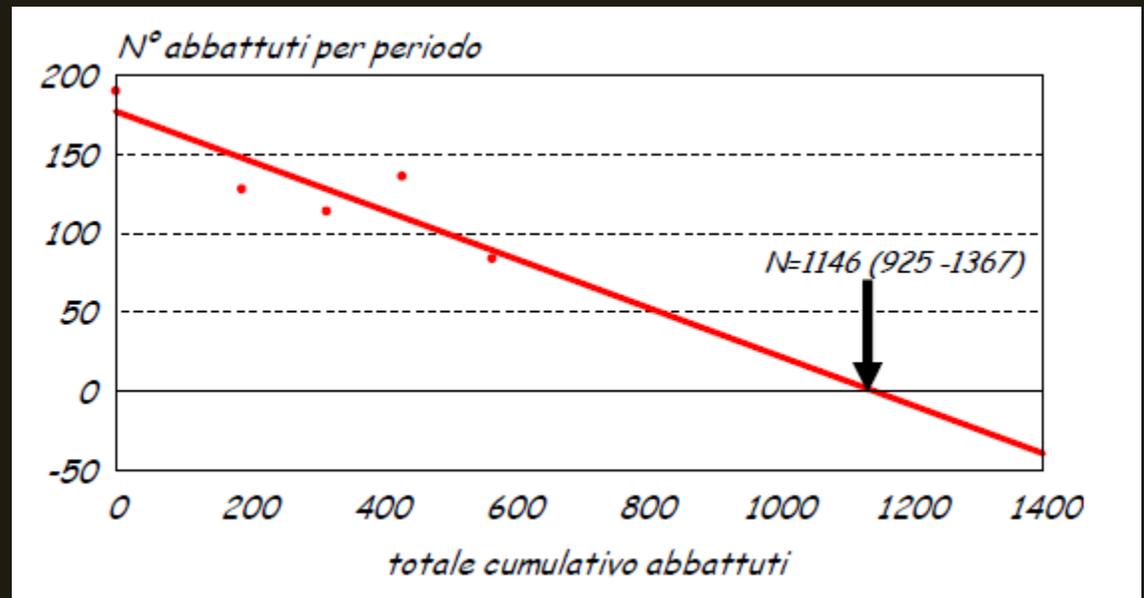
$$N = -a/b$$

dove

Y = cacciato per unità di sforzo

X = cacciato cumulativo

Y = stima di pop. pre-caccia



Stime da dati di caccia:

Stessi assunti degli indici + uno:

- Assunti:
- 1) la prob. di cattura è costante (dipende solo da densità e sforzo)
 - 2) ciascun individuo ha la stessa probabilità di essere catturato
 - 3) vengono utilizzati metodi standardizzati
 - 4) tutti gli abbattimenti vengono riportati
 - 5) popolazione chiusa

Ricostruzione della popolazione

Cohort analysis:

utilizza l'età degli animali abbattuti per ricostruire il numero minimo di animali nati in un determinato anno (coorte)

(necessario stimare sopravvivenza per classe di età per gli anni più recenti)

Cohort	01/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	Age in years	No. in cohort			
1990	5	2	2	4	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		19			
1991		3	3	3	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		15			
1992			5	4	5	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		20			
1993				3	1	5	3	2	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0		18			
1994					11	2	4	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0		26			
1995						6	4	4	4	3	1	1	0	1	0	0	0	0		24			
1996							8	4	6	4	2	0	1	0	0	0	0	0		25			
1997								3	2	10	2	3	0	0	0	1	0	0		21			
1998										13	2	7	3	0	0	0	1	0		26			
1999											9	5	4	2	1	1	1	0		24			
2000												1	0	1	1	0	0	0		3			
2001													5	10	4	3	3	1	0		24		
2002															7	4	3	4	2	1		21	
2003																7	2	3	3	2	5		17
2004																	3	4	4	4	4		15
2005																		6	3	3	3		12
2006																			4	5	2		9
2007																				7	1		7
Total cul						22	18	21	22	26	31	21	16	21	19	10	22	19	22	0			

METHODS OF POPULATION ESTIMATES OF A HUNTED WILD BOAR (*Sus scrofa* L.) POPULATION IN TUSCANY (ITALY)

Boitani L., Trapanese P., Mattei L.

Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Viale dell'Università 32, 00185-Roma, Italy.

Abstract: On the basis of demographic data on 1253 wild boars hunted in Monticiano (Siena) from 1984 to 1991, age, sex and life tables were computed. Demographic parameters in combination with hunting effort provided the basic data to check the population trends year by year. Estimates of the population were computed through 9 different methods which fall into three general classes (Catch per Unit Effort, Population Reconstruction, Lang and Wood's Pennsylvania method). An evaluation of these methods is provided.

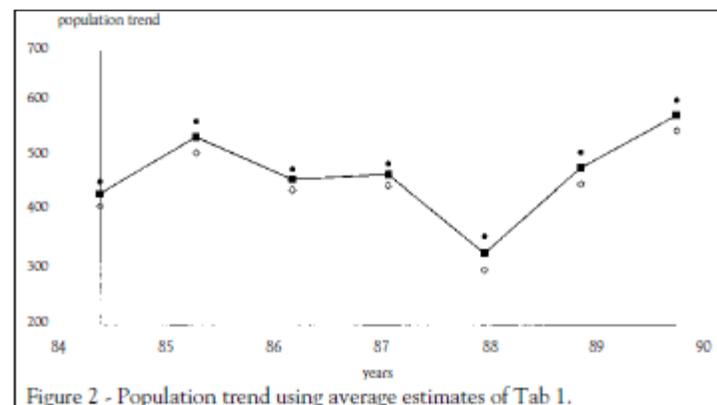
Keywords: Wild boar, *Sus scrofa*, Suidae, Population estimates.

IBEX J.M.E. 3:204-208

In questo lavoro del 1995, sono stati testati 9 indici di caccia diversi, 8 dei quali hanno dato risultati soddisfacenti e consistenti tra loro.

Table 1: Population estimates using eight different methods.

METHOD	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Catch Method	444	515	482	493	327	487	620
Direct Index	487	527	425	453	328	469	602
De Lury Method	414	573	480	477	294	473	573
Standard Reconstruction	407	560	451	462	[262]	[393]	525
Downing Method	420	518	486	476	365	519	596
Cohort Analysis	451	[471]	466	430	334	503	561
Winsconsin Method	440	510	482	497	[276]	430	551
Land and Wood Method	441	587	442	495	[397]	516	617
AVERAGE	438	541	464	473	330	485	581
± SE	±22	±29	±19	±20	±31	±29	±28



Si tratta comunque di una sperimentazione effettuata a scala relativamente piccola (area di ca 4000 ha), dove è più semplice mantenere un'alta standardizzazione (stessi cacciatori, ecc.) e con una popolazione di cinghiali relativamente isolata

A scala più ampia:

Sperimentazione ex INFS nell'ATC BO3 (1998-2000)

Andrea Monaco, Barbara Franzetti, Luca Pedrotti e Silvano Toso

The Leslie Method

Hunting season	periods	N	N-	N+	ΔN
1998	4	848	136	1561	1425	0,19
	5	749	386	1112	726	0,05
	6	1025	*	3194	---	0,46
	13	871	111	1632	1521	0,09
1999	4	*	*	*	---	0,52
	5	*	*	*	---	0,63
	6	*	*	*	---	0,79
	13	*	*	*	---	0,75
2000	4	1422	*	4842	---	0,54
	5	1374	*	3566	---	0,36
	6	3464	*	29438	---	0,82
	13	1815	*	7179	---	0,57

Risultati non soddisfacenti...
perché?

- 1) mancanza di una relazione netta e costante tra cacciato e sforzo di caccia
- 2) variazioni nella "cacciabilità" degli animali nel corso della stagione di caccia
- 3) rimozione di una frazione insufficiente della popolazione

Marcatura-Ricattura (o Marcatura-Riavvistamento)

Prevede la cattura e marcatura degli animali con marche visibili a distanza (per il riavvistamento).

La probabilità di ricatturare (avvistare) un animale marcato è pari alla proporzione di animali marcati nella popolazione, cioè



$$m_2/n_2 = n_1/N$$

e quindi:

$$N = n_1 n_2 / m_2$$

Marcatura-Ricattura (o Marcatura-Riavvistamento)

Prevede la cattura e marcatura degli animali con marche visibili a distanza (per il riavvistamento).



Utilizzo di punti di foraggiamento
(governe o governatoi)



Marcatura-Ricattura (o Marcatura-Riavvistamento)

Prevede la cattura e marcatura degli animali con marche visibili a distanza (per il riavvistamento).



Assunti:

- 1) popolazione chiusa
- 2) tutti gli individui hanno la stessa probabilità di cattura
- 3) la marcatura non influenza la probabilità di cattura
- 4) non vi è perdita di marche

Estimating wild boar (*Sus scrofa*) abundance and density using capture–resights in Canton of Geneva, Switzerland

C. Hebeisen • J. Fattebert • E. Baubet • C. Fischer

Journal of Mammalogy, 89(5):1113–1123, 2008

Può essere utilizzato anche per stimare la sopravvivenza delle diverse classi.

Il mark-resight è stato usato in diversi studi, anche italiani, sul cinghiale con risultati soddisfacenti.

SURVIVAL OF WILD BOARS IN A VARIABLE ENVIRONMENT: UNEXPECTED LIFE-HISTORY VARIATION IN AN UNUSUAL UNGULATE

STEFANO FOCARDI,* JEAN-MICHEL GAILLARD, FRANCESCA RONCHI, AND SOPHIE ROSSI

Effect of experimental manipulation on survival and recruitment of feral pigs

Laura B. Hanson^{A,B,F}, Michael S. Mitchell^C, James B. Grand^D, D. Buck Jolley^A, Bill D. Sparklin^E and Stephen S. Ditchkoff^A

A critical look at some widely used estimators in mark–resighting experiments

L. FATTORINI*, M. MARCHESELLI*, A. MONACO† and C. PISANI*

**Dipartimento di Metodi Quantitativi, Università di Siena, Piazza S. Francesco 8, 53100 Siena, Italy; and †Agenzia Regionale Parchi, Regione Lazio, Via del Pescaccio 96, 00166 Rome, Italy*

Nel Noremark, programma utilizzato per le stime di popolazione tramite il mark-resight, sono implementate 3 procedure:

1. Hypergeometric maximum likelihood estimator,
2. Minta–Mangel estimator
3. Bowden estimator

$$\hat{N}_B = \frac{\frac{n}{\bar{x}} + \frac{s_X^2}{\bar{x}^2}}{1 + \frac{s_X^2}{M\bar{x}^2}}$$

Tramite simulazioni, è stato dimostrato che l'unico metodo di stima affidabile è quello di Bowden, sempre che le marche siano distribuite equamente nella popolazione.

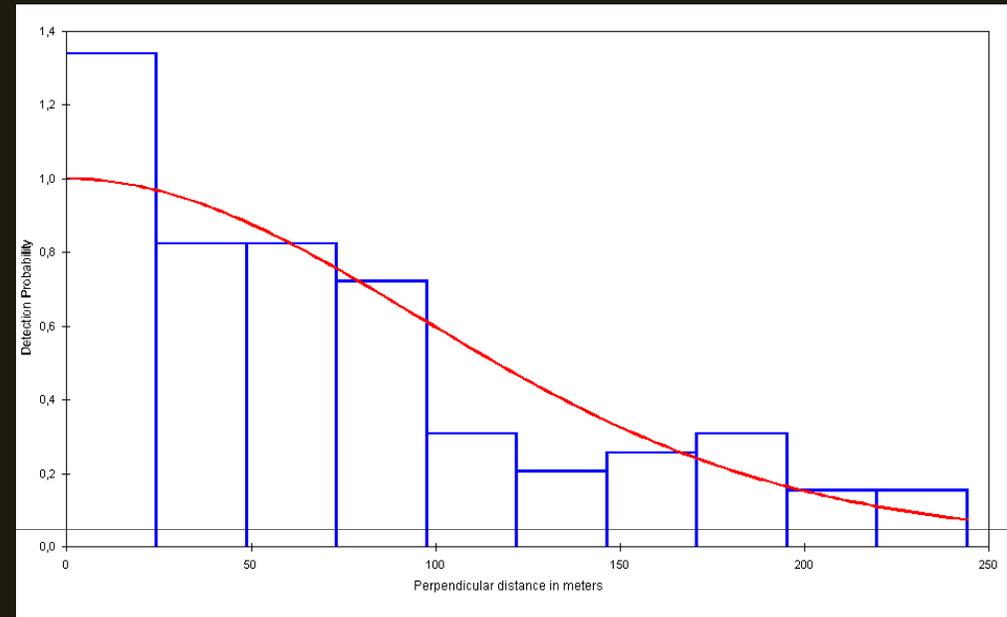
Se non lo sono, nessun metodo risulta affidabile.

Distance sampling

Si basa sul numero di animali contati da transetto o punto, e sulla valutazione della distanza di ciascuna osservazione

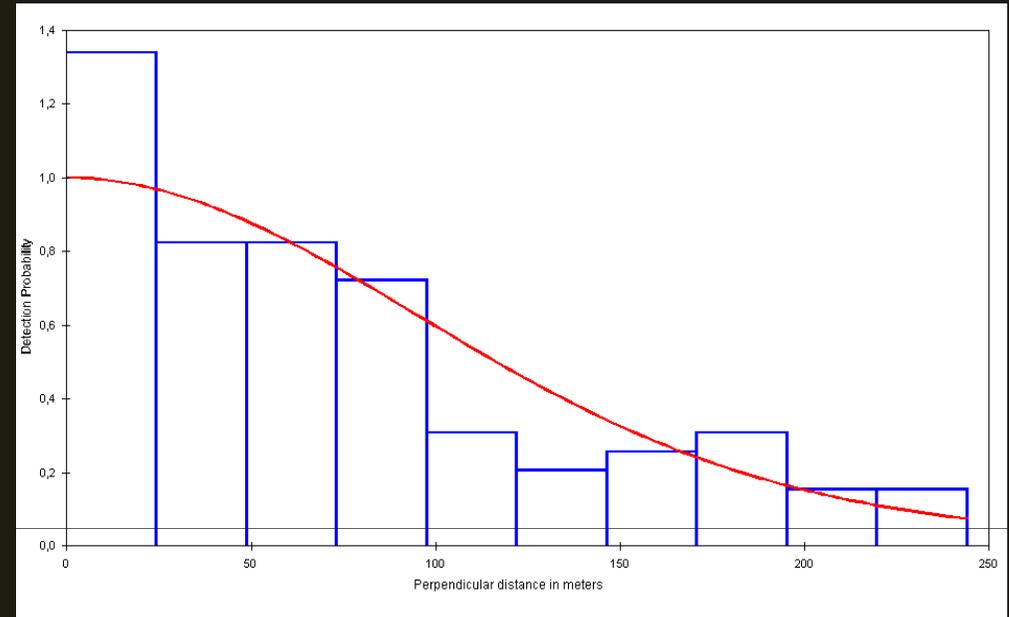
Assunti:

- 1) la probabilità di avvistamento diminuisce all'aumentare della distanza (ma tutti gli animali sulla linea del transetto vengono visti)
- 2) gli animali vengono avvistati prima che si muovano in risposta all'osservatore
- 3) le misure vengono riportate con precisione
- 4) gli animali sono distribuiti in modo indipendente dal transetto



Distance sampling

Per animali notturni ed elusivi come il cinghiale, un'ottima applicazione è quella della termocamera a infrarossi

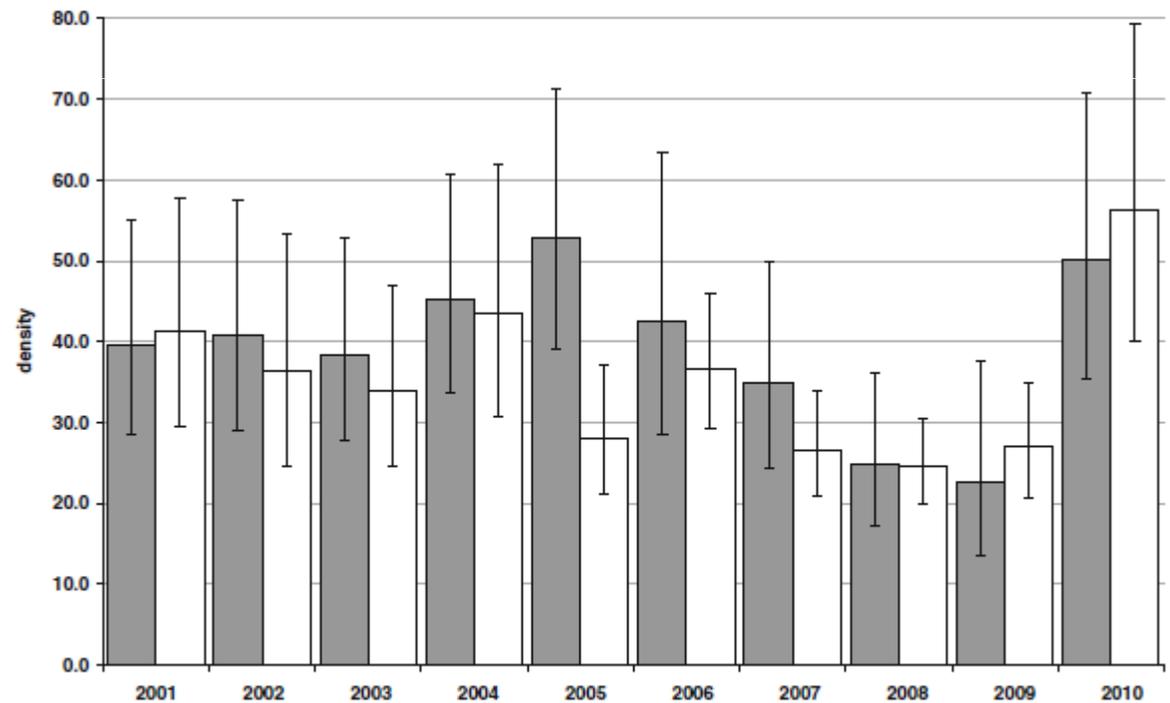


Nocturnal line transect sampling of wild boar (*Sus scrofa*) in a Mediterranean forest: long-term comparison with capture–mark–resight population estimates

Barbara Franzetti • Francesca Ronchi • Francesca Marini • Marianne Scacco •
Roberta Calmanti • Alessandro Calabrese • Aragno Paola • Montanaro Paolo •
Stefano Focardi

Le stime ottenute con il distance sampling sono comparabili a quelle ottenute con il mark-resight

Fig. 7 Mean densities (boars per square kilometre) and confidence intervals achieved using nocturnal LTS (dark grey bar) and CMR analyses of counts at feeding sites (white bar) at Castelporziano



Inoltre il distance sampling ha il pregio di permettere di valutare, a partire dai dati di un campionamento preliminare, lo sforzo necessario per arrivare ad una stima di una determinata accuratezza, oppure quale potrebbe essere il tipo di campionamento più efficace in termini di costi/benefici per la popolazione di interesse, come è già stato fatto per il cervo:

Eur J Wildl Res

DOI 10.1007/s10344-014-0898-9

ORIGINAL PAPER

Cost-effective nocturnal distance sampling for landscape monitoring of ungulate populations

**Valentina La Morgia • Roberta Calmanti •
Alessandro Calabrese • Stefano Focardi**

Fotrappolaggio

Monitoraggio degli animali tramite macchine fotografiche fisse con sensori passivi di movimento a infrarosso



Utile per valutare la struttura di popolazione e la produttività, ma per la stima di popolazione vera e propria non è stato ancora testato un metodo efficace

An assessment of the applicability of photo trapping to estimate wild boar population density in a forest environment

Radim PLHAL¹, Jiří KAMLER^{1,2}, Miloslav HOMOLKA² and Zdeněk ADAMEC¹

Ricercatori cechi hanno tentato il seguente metodo:
Numero medio di cinghiali visti per fototrappola/notte,
aggiungendo poi la % di individui che non si alimentano nei siti di foraggiamento (in questo caso 9%),
calcolata tramite analisi delle feci.

Purtroppo è stato applicato ad una popolazione di dimensione non nota.

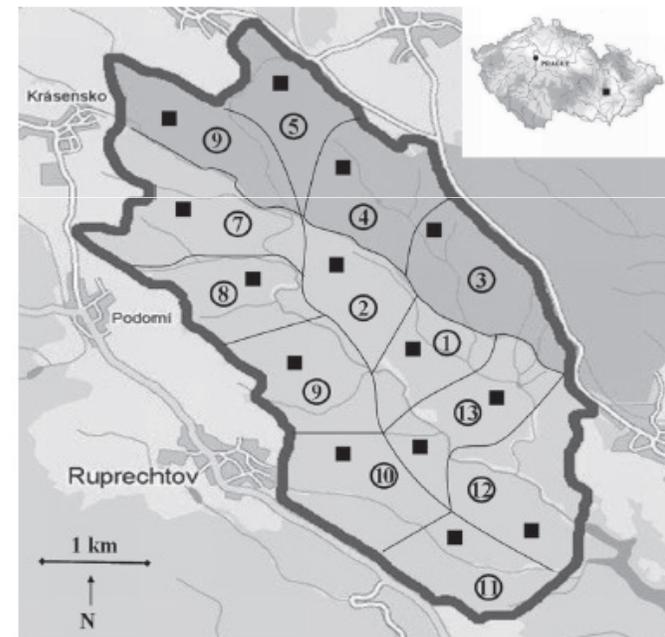


Fig. 1. A map of the study area. Study area border is marked by the thick black line. Agricultural land is shown in white, forested area in light grey and forested area without public access in dark grey colour. The feeding sites with phototraps are marked with numbers from 1 to 13 in the circle and localities where dung samples were collected are marked by black squares.

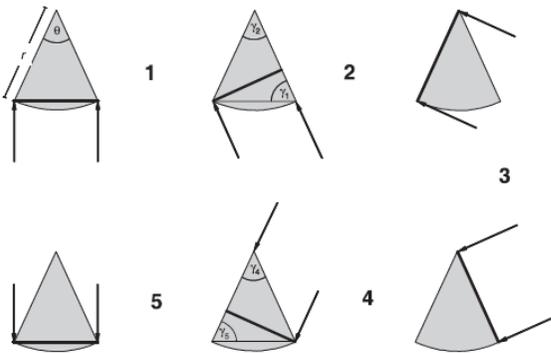
Infrared-triggered cameras for censusing white-tailed deer

Harry A. Jacobson, James C. Kroll, Randy W. Browning,
Ben H. Koerth, and Mark H. Conway

Wildlife Society Bulletin 1997, 25(2):547–556



Applicazioni possibili non mancano, ma devono essere ancora testate sui cinghiali: ad es. l'utilizzo del mark-resight con le fototrappole (Jacobson et al. 1997), o il metodo di Rowcliffe et al. (2008) che tiene conto del raggio di azione delle fototrappole, della velocità media giornaliera della specie di interesse e della dimensione media del gruppo per stimare, tramite una formula, la densità.



Journal of Applied Ecology



British Ecological Society

Journal of Applied Ecology 2008, 45, 1228–1236

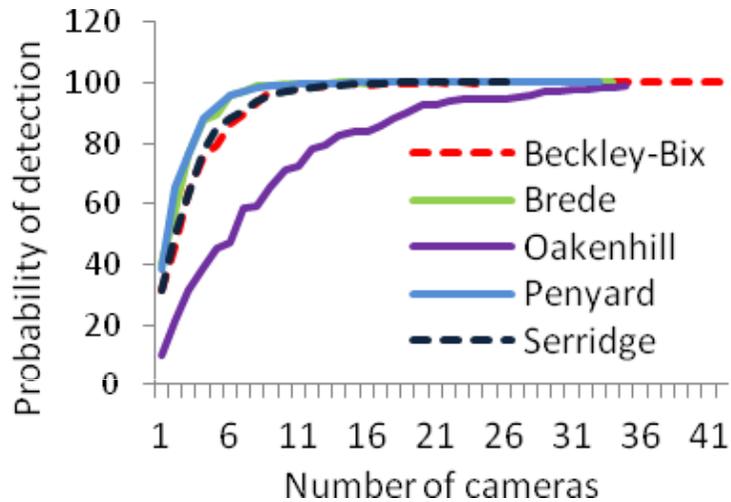
doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01473.x

Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition

J. Marcus Rowcliffe^{1*}, Juliet Field², Samuel T. Turvey¹ and Chris Carbone¹

Sperimentazione in UK

Massei et al.



Map location of RTA or sighting

Confirm wild boar presence?
 YES
 NO → Stop

Activity signs present?
 YES
 NO → Stop

Baited cameras

Presence confirmed?
 YES
 NO → Stop

Density required?
 YES
 NO → Stop

Camera trap surveys

Initial information
 Presence confirmation
 Density estimation

Journal of Wildlife Management 74(2):333–336; 2010; DOI: 10.2193/2008-489

Tools and Technology Article

The Boar-Operated-System: a Novel Method to Deliver Baits to Wild Pigs

GIOVANNA MASSEI,¹ Food and Environment Research Agency, Sand Hutton, York YO41 1LZ, United Kingdom
 JULIA COATS, Food and Environment Research Agency, Sand Hutton, York YO41 1LZ, United Kingdom
 ROGER QUY, Food and Environment Research Agency, Sand Hutton, York YO41 1LZ, United Kingdom
 KATE STORER, Food and Environment Research Agency, Sand Hutton, York YO41 1LZ, United Kingdom
 DAVE P. COWAN, Food and Environment Research Agency, Sand Hutton, York YO41 1LZ, United Kingdom

Metodi indiretti

Nel monitoraggio indiretto non si ha contatto con gli animali, ma si raccolgono dati sui segni di presenza lasciati da essi.



metodi passivi



metodi attivi



Faecal pellet group count



La conta dei gruppi fecali può essere utilizzata per fornire stime di densità di popolazione, per le quali è necessaria la conoscenza del tasso di defecazione della specie (DF) e del tasso di decomposizione delle feci (DR).

$$N = \frac{n}{DF \times DR}$$



Se il tasso medio di defecazione non è conosciuto, può essere utilizzato come indice relativo di abbondanza

- Vasta applicazione sui cervidi
- Utilizzabile in molti habitat
- Più affidabile a densità medio-alte



Il DR può essere calcolato nell'area di studio di interesse, mentre per il DT è necessario studiare animali in recinto.

Curiosamente esiste un solo lavoro di questo tipo in letteratura che riguardi il cinghiale (UK).

Da notare che per essere utilizzato come valore da inserire nell'equazione del faecal pellet group count per ottenere una stima di densità, i cinghiali in recinto dovrebbero vivere in un ambiente simile (con disponibilità trofiche simili) a quello del nostro studio sul campo.

Original Article

Temporal and Spatial Patterns of Defecation in Wild Boar

FRANCESCO FERRETTI,¹ *Research Unit of Behavioural Ecology, Ethology and Wildlife Management, Department of Life Sciences, University of Siena, Via P.A. Mattioli 4 53100, Siena, Italy; and Maremma Regional Park Agency, Via del Bersagliere 7/9 58100, Alberese, Grosseto, Italy*

KATE STORER, *ADAS High Mowthorpe, Duggleby, Malton, North Yorkshire YO17 8BP, UK*

JULIA COATS, *National Wildlife Management Centre, Animal Health and Veterinary Laboratories Agency, Sand Hutton, York YO26 5LE, UK*

GIOVANNA MASSEI, *National Wildlife Management Centre, Animal Health and Veterinary Laboratories Agency, Sand Hutton, York YO26 5LE, UK*

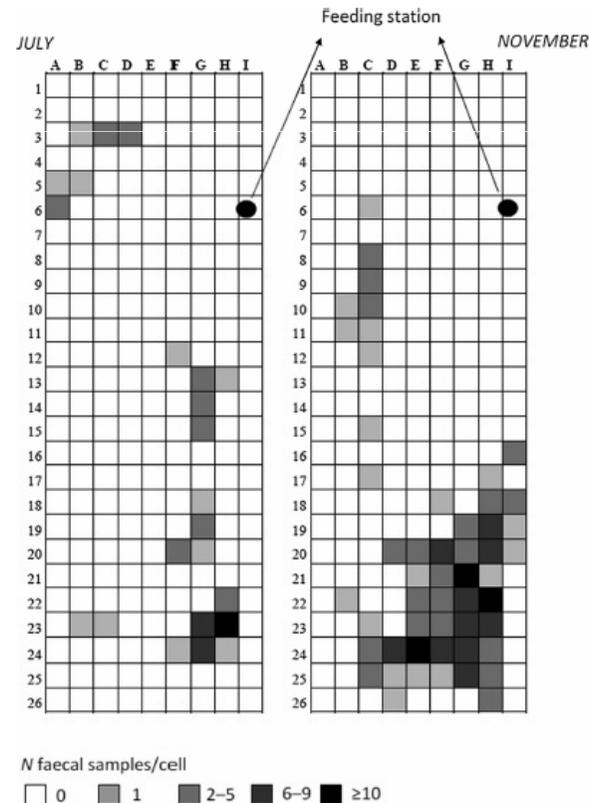


Figure 1. Distribution of wild boar faeces in the study paddock, in July 2005 and November 2007 trials.

- Basso tasso di defecazione
 - Distribuzione raggruppata
- ↓
- Necessario adeguato campionamento
 - Lavoro di campo intensivo

Sperimentazione nel Parco della Maremma

Ferretti, Fattorini, et al.

Environ Ecol Stat
DOI 10.1007/s10651-010-0133-0

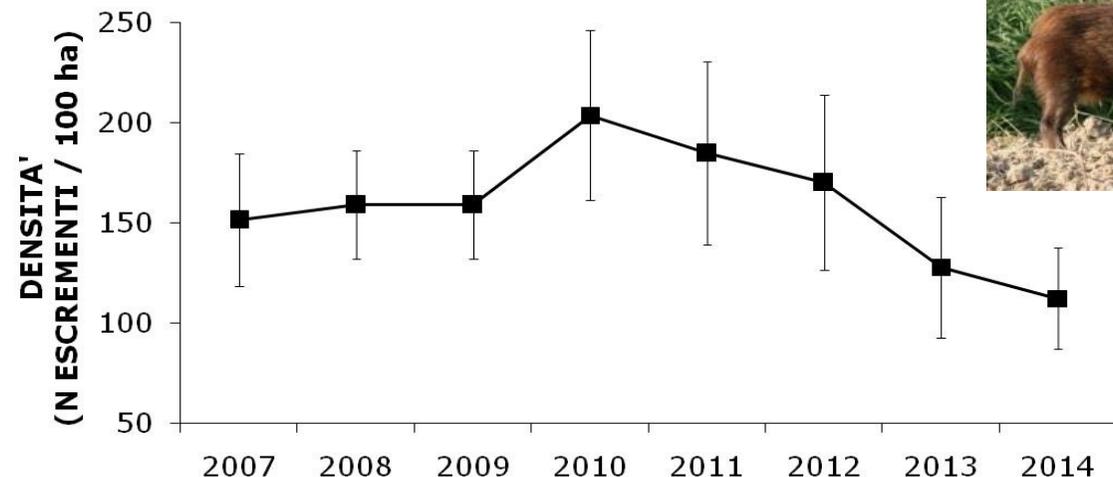
**Two-stage estimation of ungulate abundance
in Mediterranean areas using pellet group count**

Lorenzo Fattorini · Francesco Ferretti ·
Caterina Pisani · Andrea Sforzi

Applicazione sul cinghiale
(indice di abbondanza)

Capriolo e daino, 2000-2008:

- Plot circolari (raggio: 5 m)
- Campionamento stratificato
- Alto sforzo (~1 plot/30 ha)



Joerns Fickel · Ulf Hohmann

A methodological approach for non-invasive sampling for population size estimates in wild boars (*Sus scrofa*)

Campionamento non invasivo e tipizzazione genotipica

Metodo molto utilizzato per i carnivori, ad oggi non sembra sia possibile applicarlo con successo al cinghiale, sia per problemi metodologici nell'analisi dei campioni, sia perché le trappole per pelo vengono frequentate in modo eterogeneo dagli individui, non permettendo un campionamento omogeneo della popolazione.

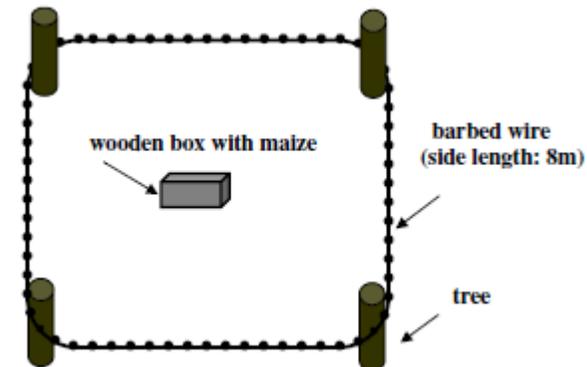


Eur J Wildl Res (2010) 56:583–590
DOI 10.1007/s10344-009-0351-7

ORIGINAL PAPER

Can hair traps sample wild boar (*Sus scrofa*) randomly for the purpose of non-invasive population estimation?

Cornelia Ebert · Ditmar Huckschlag ·
Holger K. Schulz · Ulf Hohmann



Conclusioni



Foto: A. Calabrese

Conclusioni

Il metodo da scegliere dipende da: finalità del monitoraggio, caratteristiche morfologiche/vegetazionali e gestionali dell'area, densità, budget, presenza (ed esperienza) di personale da impiegare...

Diversi metodi, se utilizzati rigorosamente, possono fornire indici affidabili o perlomeno informazioni utili sulla struttura di popolazione e produttività

Per ottenere stime di densità realistiche gli unici metodi (al momento) affidabili e testati sono il mark-resight e il distance sampling, che però presuppongono (alti) costi e grande accuratezza nella pianificazione, raccolta e analisi dei dati

Altri metodi sembrano promettenti ma necessitano di ulteriori studi per testarne l'efficacia e/o risultano ancora troppo costosi: fototrappolaggio, faecal pellet group count, genotyping...

Foto: A. Calabrese

Grazie per l'attenzione



Foto: A. Calabrese

© Alessandro Calabrese