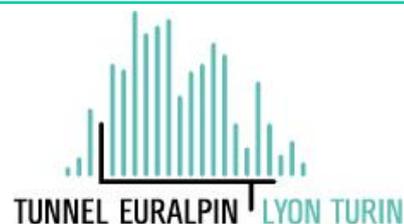




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE
CUP C11J05000030001**

CONVENZIONE N. C192252

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO – DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E BIOLOGIA DEI SISTEMI
Attività di ricerca sui mammiferi (Carnivori, Ungulati, Chiroterri) in Val Clarea e nelle zone di Salbertrand**

**Monitoraggio del Cervo Cervus elaphus
mediante pellets group count – Luglio 2020**

0	0	0	C	1	9	2	2	5	2	M	A	-	-	-	-	E	N	T	A	M	0	0	0	4	0
Cantiere Operativo Chantier Opérationnel			Contratto Contrat					Opera Ouvrage			Tratta Tronçon	Parte Partie	Fase Phase	Tipo documento Type de document	Oggetto Objet	Numero documento Numéro de document		Indice							

Il responsabile scientifico:
PROF. SANDRO BERTOLINO
Sandro Bertolino

-
Scala / Echelle

A	P
Stato / Statut	
Indirizzo / Adresse GED	





Università degli Studi di Torino
DIPARTIMENTO di SCIENZE DELLA VITA E BIOLOGIA
DEI SISTEMI



Monitoraggio del Cervo *Cervus elaphus* mediante *pellets group count*

Luglio 2020



A cura di

Eloisa Massobrio, Laura Antonuccio, Sandro Bertolino

Monitoraggio del Cervo *Cervus elaphus* mediante *pellets group count*

Lavoro realizzato nell'ambito della Convenzione tra il Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi e TELT (Tunnel Euralpin Lyon Turin) sas: Ricerca sui mammiferi (Carnivori, Ungulati, Chiroterti) in Val Clarea e nella zona di Salbertrand

Gruppo di lavoro:

Sandro Bertolino – Coordinamento scientifico

Eloisa Massobrio – Monitoraggio cervo

Laura Antonuccio – Supporto al monitoraggio

Il monitoraggio illustrato in questa relazione è stato realizzato con la collaborazione dell'Ente di Gestione dei Parchi delle Alpi Cozie. Si ringrazia l'Ente Parco per la condivisione dei dati sui censimenti dei cervi e i guardiaparco per il supporto logistico fornito.

Citazione per questo report:

Massobrio E., Antonuccio L., Bertolino S. 2020. Monitoraggio del Cervo (Cervus elaphus) mediante pellets group count. Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università di Torino, pp. 1-34.

Introduzione

La stima della consistenza delle popolazioni animali è fondamentale per programmare le attività deputate alla loro conservazione e gestione (Apollonio et al. 2010). Nel caso degli ungulati selvatici esistono svariate metodiche di censimento che permettono di determinare un numero minimo certo o la densità di animali presenti. La scelta del metodo più efficace dipende da numerosi fattori (Mayle et al. 1999), tra i quali la morfologia del territorio e le tipologie di habitat campionati. I metodi diretti sono più idonei negli habitat aperti, dove è più facile contattare visivamente gli animali da censire. In ambienti chiusi invece, vengono preferiti i metodi indiretti che rilevano i segni di presenza lasciati dagli animali nelle normali attività quotidiane (impronte, brucature, feci), e li mettono in relazione al numero di individui che si ritiene li abbiano prodotti.

Ormai da molti decenni la conta dei *pellet group* (gruppi di feci prodotte dagli ungulati) è una tecnica molto usata per stimare la densità delle popolazioni di cervidi (Bennett et al. 1940; Neff 1968; Staines e Ratcliffe 1987; Webbon et al. 2004; Alves et al. 2013). In generale questa tecnica chiamata *Faecal pellet count* consiste nel conteggio del numero dei *pellet group* all'interno di aree di campionamento o lungo transetti scelti in modo casuale (random) dopo aver effettuato una stratificazione dei transetti in base all'estensione dei vari ambienti (Marques et al., 2001).

Dal numero di *pellet group* osservati, in combinazione con il tasso di defecazione (ossia il numero di feci prodotte al giorno da un animale) e il tasso di decadimento (numero di giorni necessari per la degradazione delle feci sul terreno), è possibile ottenere una stima accurata della densità di popolazione (Putman 1984). Il metodo del *Faecal pellet count* può essere suddiviso in due modi diversi: il *Faecal standing crop* e il *Faecal Accumulation Rate* (Mayle et al. 1999). I due metodi, alla base simili, si differenziano sia in fase di campionamento sia in fase di analisi dei dati (Mayle et al. 1999).

Nel *Faecal standing crop*, i punti di campionamento (in genere transetti lineari) vengono controllati dall'operatore una sola volta. Il metodo prevede che siano contati i *pellet group* presenti, successivamente convertiti in stima della consistenza della popolazione dividendo per i parametri del tempo di decadimento delle feci e del tasso di defecazione della specie considerata.

Il *Faecal Accumulation Rate* invece, prevede due passaggi lungo i transetti. La prima volta viene ripulito il percorso da tutti i *pellet group* presenti. Si effettua successivamente una conta degli stessi al fine di quantificare i gruppi di feci accumulatisi nel tempo intercorso fra la prima e la seconda visita. L'intervallo di tempo che deve intercorrere fra i due passaggi deve essere tale da massimizzare la deposizione dei gruppi fecali. Ratcliffe & Mayle (1992) suggeriscono di osservare un intervallo di tempo fra la prima e la seconda visita pari a circa 2-3 mesi. L'applicazione di questo metodo prevede un maggior sforzo di campionamento dovuto al doppio controllo dei transetti, e alla pulizia di tutti i *pellet group* osservati durante la prima visita. D'altro canto, la sua applicazione non richiede la conoscenza del tempo di decadimento delle feci, ma solo del tasso di defecazione della specie considerata.

Queste due tecniche presumono che la conta dei *pellet group* presenti lungo il transetto sia esaustiva. Nella realtà una parte dei *pellet group* può essere non rilevata per problemi legati alla visibilità sul terreno, e.g. *pellet* coperti da foglie, erba, o altro materiale. Per questo motivo, il *Faecal pellet count* può essere integrato con la tecnica del *Distance sampling* (Marques et al. 2001). Il *Distance Sampling* è un metodo di censimento che permette di ricavare una funzione di contattabilità (*detection function*) che esprime la probabilità di rilevare un animale (o un oggetto) a distanza x dalla linea di un transetto. Tale funzione consente quindi di correggere il numero di animali (o oggetti, nel nostro caso feci) rilevati per la probabilità di rilevamento.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale per la parte comune della linea di alta velocità ferroviaria italo-francese, prevede il monitoraggio del cervo (*Cervus elaphus*) mediante il *Faecal pellet count* lungo

transetti standardizzati (15 a Salbetrand e 12 a La Maddalena) applicando la tecnica del Distance sampling. Tale metodologia dovrebbe portare a una stima della consistenza della popolazione di cervi nell'area di studio individuata, oltre a definire le preferenze ambientali della specie. Infatti, l'abbondanza di *pellet group* nei vari transetti standardizzati può essere considerata come un indice indiretto di uso delle singole aree.

Con questa indagine si è voluto verificare le metodiche proposte nel Piano di Monitoraggio Ambientale per il cervo. In particolare, si è applicato il *Faecal pellet count* con il metodo del *Distance Sampling*, nelle due versioni del *Faecal standing crop* e del *Faecal Accumulation Rate* allo scopo di stimare la densità di popolazione del cervo in alcune aree della Valle Susa. Infine, si è usata l'abbondanza di *pellet group* nei vari transetti come indice di utilizzo delle singole aree da parte del cervo in relazione ad alcuni parametri ambientali.

Materiali e Metodi

Aree di studio

L'analisi della densità e dell'uso dello spazio delle popolazioni di cervo è stata svolta in alta Valle Susa sui due versanti del fiume Dora Riparia.

I campionamenti sono stati effettuati in tre zone diverse (Fig. 1): nel Parco Naturale del Gran Bosco di Salbertrand (Area 1), nell'area sovrastante il paese di Salbertrand sul versante (orografico sinistro) opposto al Parco (Area 2) e in una zona compresa tra i Comuni di Chiomonte e Giaglione (Area 3).

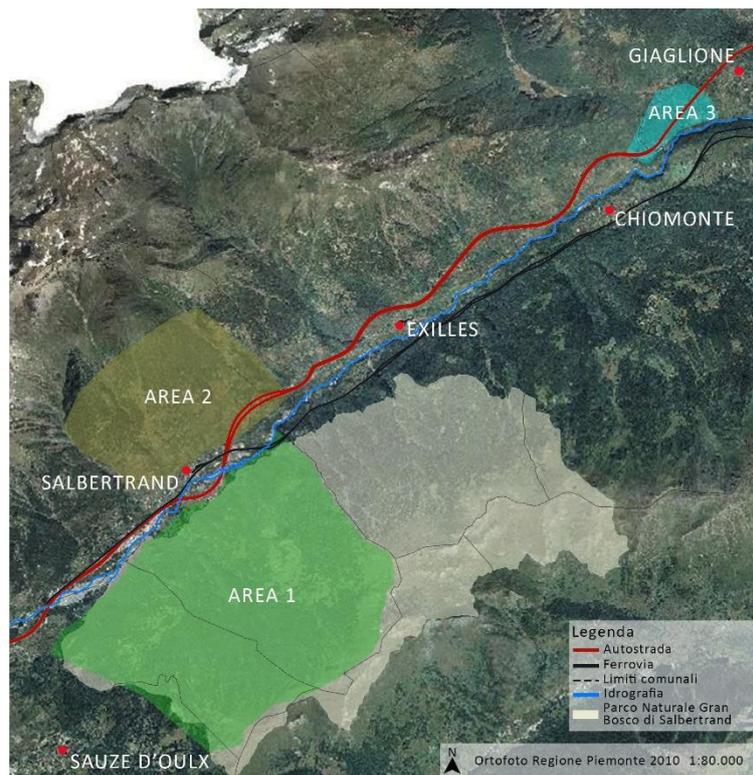


Figura 1. Localizzazione delle aree di campionamento

Le tre aree sono caratterizzate da ambienti e vegetazione diverse, determinati da differenti fattori come l'esposizione e l'altitudine.

L'Area 1 (Gran Bosco) rientra quasi interamente all'interno del Parco Naturale del Gran Bosco di Salbertrand (Tab. 1). La superficie campionata di circa 2000 ettari comprende i comuni di Salbertrand, Oulx e Sauze d'Oulx ed è situata sul versante destro orografico; l'altitudine varia dai 1000 m del fondovalle ai 2300 m dei transetti più alti. La maggior parte dell'area è coperta da boschi che cambiano la loro composizione salendo di quota: dai pascoli di fondovalle dove si concentrano i boschi di latifoglie, con presenza di frassini, betulle, aceri e ontani, si passa, a quote più alte, ai boschi di conifere più o meno densi. Le specie prevalenti sono l'abete bianco (*Abies alba*), l'abete rosso (*Picea abies*) e nelle aree più esposte e aride, e su suoli particolarmente rocciosi, popolazioni di pino silvestre (*Pinus sylvestris*). Oltre i 1800 metri prendono il sopravvento i lariceti e le cembrete, fino al margine superiore del bosco caratterizzato da formazioni arbustive di rododendro e mirtillo. Le poche

aree aperte sono praterie utilizzate per il pascolo estivo localizzate per lo più nella zona del Seu (1700 m) e delle Selle (2000 m) e alle quote più elevate, oltre il limite della vegetazione, nelle zone di cresta.

L'Area 2 (Salbertrand) ricade completamente all'interno del comune di Salbertrand sul versante sinistro della valle (Tab. 2); ha un'estensione di circa 800 ettari e un'altitudine massima di 2000 metri. L'esposizione a sud dell'area e la minor pendenza dei versanti determina un ambiente completamente diverso da quello opposto del Gran Bosco. La differenza più evidente è la presenza di un maggior numero di spazi aperti, localizzati soprattutto nelle vicinanze delle piccole frazioni, utilizzati un tempo per il pascolo del bestiame o per lo sfalcio, oggi per lo più in stato di abbandono. Per questa ragione, in molte aree non più gestite, è già evidente la ricolonizzazione da parte di essenze arbustive d'invasione. Le aree boscate, invece, sono caratterizzate da specie di latifoglie nelle zone più basse e fresche e da conifere salendo di altitudine.

L'Area 3 (Chiomonte) è situata sul versante sinistro del torrente Clarea nei comuni di Chiomonte e Giaglione, presenta un'altitudine massima di 1000 metri e un'estensione di circa 100 ettari (Tab. 3). L'habitat è caratterizzato interamente da boschi di castagno (*Castanea sativa*) e querce (*Quercus robur*) e nelle zone più esposte da popolazioni di pino silvestre (*Pinus sylvestris*). L'intero versante, un tempo utilizzato per la coltivazione del castagno, è caratterizzato da terrazzamenti che mostrano ancora la presenza di antichi muretti a secco.

Metodiche di campionamento

In questo lavoro la metodica del *Faecal pellet count* è stata ripetuta due volte a partire da maggio 2019. Durante il primo campionamento, avvenuto tra fine maggio e fine giugno, è stata effettuata la raccolta dei dati per il *Faecal Standing Crop*. Si definisce *pellet group* un accumulo di almeno 6 *pellet* prodotti nello stesso evento (Mayle et al., 1999). Sono state annotate le distanze perpendicolari dei *pellet group* dal transetto, per poter applicare il *Distance Sampling*, ed eliminati tutti i gruppi fecali, in vista del secondo passaggio. Dopo due mesi, a settembre, sono stati ricontrollati tutti i transetti per applicare la seconda metodologia del *Faecal Accumulation Rate*. In questo caso, è stato solo necessario contare i gruppi fecali e le loro distanze dalla linea centrale del transetto.

Nel nostro lavoro, si è scelto di effettuare transetti lineari della lunghezza di 100 metri ciascuno disposti nelle tre aree di campionamento. Ogni percorso è stato identificato con numero progressivo: l'inizio e la fine sono contraddistinti da una coppia di coordinate misurate tramite rilevazione GPS (Sistema di Riferimento Geodetico WGS 84/ Zona 32N). In totale sono stati identificati 50 transetti nell'Area 1 (Fig. 2); 50 nell'Area 2 (Fig. 3), di cui effettuati solo la metà per l'impossibilità di rilevare le feci a causa dell'altezza dell'erba che caratterizzava pascoli, radure e sottobosco; 32 nell'Area 3.

Per il posizionamento dei transetti è stata effettuata una stratificazione del territorio in base alla tipologia di habitat. Questo procedimento è stato eseguito tramite l'analisi delle categorie di uso del suolo ricavate da *Corine Land Cover* (Geoportale della Regione Piemonte) ed esaminate tramite il software *Quantum Gis*. A questo punto, è stato possibile determinare in percentuale il numero di transetti ricadenti in ogni categoria.

Area 1: Gran Bosco di Salbertrand

Tabella 1. Copertura delle categorie di uso del suolo e numero di transetti

Tipologia	Area (m ²)	Area (ha)	Percentuali	N. Transetti
Arbusteti	3300230	330	17,6	8
Boschi conifere	12513860	1251	66,7	33
Boschi latifoglie	848887	85	4,5	2
Boschi misti	1165840	117	6,2	3
Prato/Pascolo	922959	92	4,9	4
TOTALE	18751776	1875	100	50

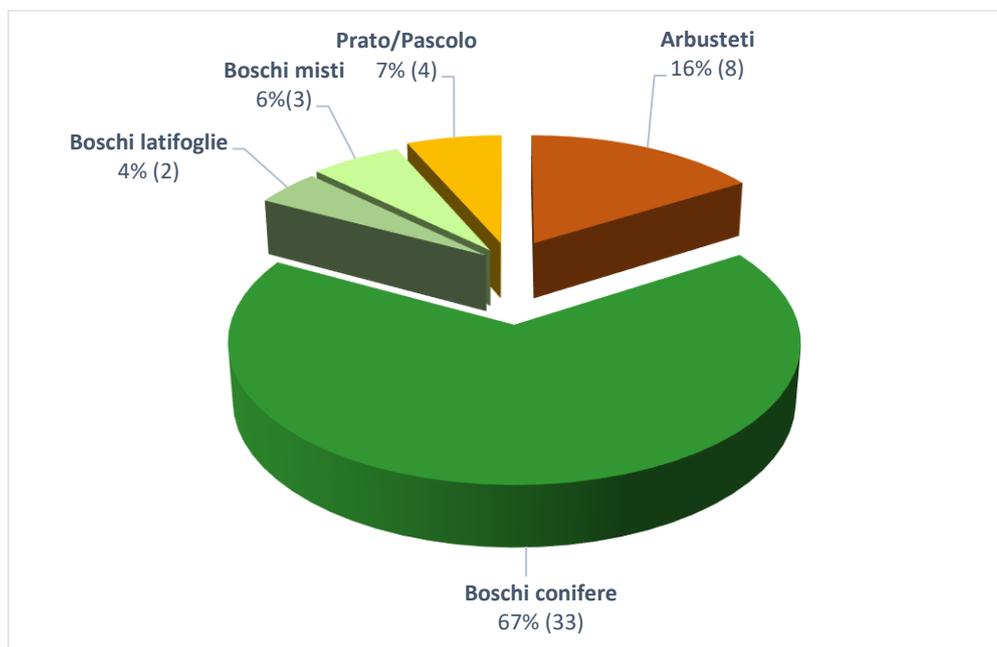


Figura 2. Distribuzione dei punti campionati all'interno delle categorie dell'uso del suolo (tra parentesi il numero di transetti)

Area 2: Salbertrand

Tabella 2. Copertura delle categorie di uso del suolo e numero di transetti

Tipologia	Area (m ²)	Area (ha)	Percentuali	N. Transetti
Arbusteti	3216422	322	41,2	20
Boschi conifere	2475015	248	31,7	16
Boschi latifoglie	391692	39	5,0	2
Boschi misti	181629	18	2,3	1
Prato/Pascolo	1535541	153	19,7	11
TOTALE	7800300	780	100	50

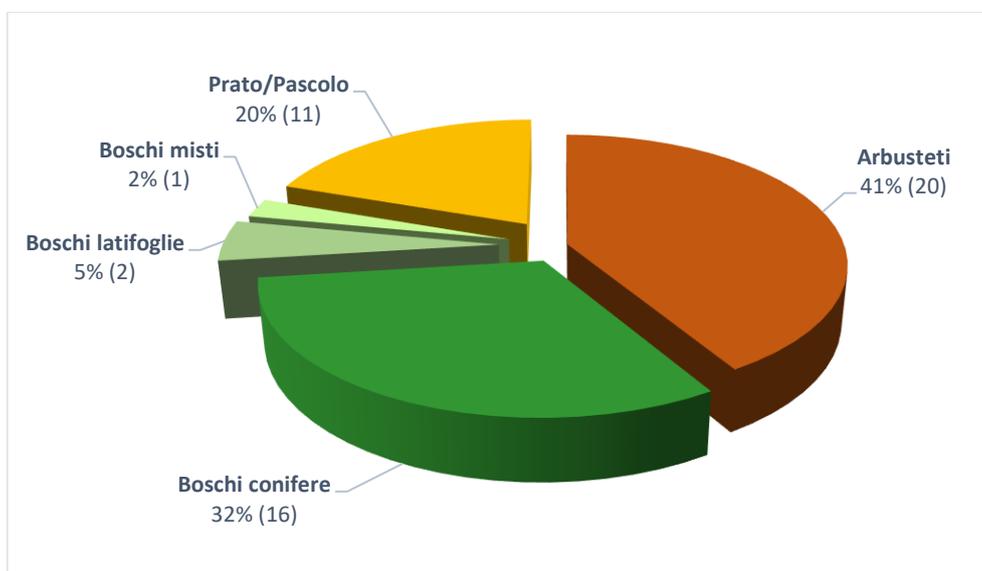


Figura 3. Distribuzione dei punti campionati all'interno delle categorie dell'uso del suolo (tra parentesi il numero di transetti)

Area 3: Chiomonte

L'area di Chiomonte (100 ha) era caratterizzata esclusivamente da boschi di latifoglie, quindi il 100% dei transetti ricade in questa categoria. In quest'area, a causa della mancanza di sentieri e di percorsi agibili, i transetti sono stati posizionati tenendo in considerazione le fasce altitudinali.

Distance sampling

Il metodo è basato sulla conta di animali (o segni certi di presenza) osservati lungo più transetti di lunghezza nota. A ogni osservazione è associata anche la distanza perpendicolare dal transetto (y) o, in alternativa, la distanza dell'animale dall'osservatore (x) e l'angolo (α in Fig. 4) formato dalla retta osservatore-animale (o segno di presenza) e dalla retta del percorso. In tal caso la distanza perpendicolare tra le singole osservazioni e il transetto può essere ricavata con la formula $y = x * \sin \alpha$. Nel caso delle feci, la distanza perpendicolare di queste dal transetto (y in Fig. 5) può essere facilmente misurata.

Questi parametri consentono di calcolare una densità della popolazione nell'area tenendo conto della *detectability*, ossia la probabilità di osservare un animale se presente nell'area del monitoraggio. Il metodo corregge quindi per gli animali presenti ma non osservati, dando in genere stime più accurate e una misura dell'errore nel rilevamento (intervallo di confidenza).

Questo metodo può essere applicato se si rispettano quattro assunti fondamentali:

- 1 Tutti gli animali sulla linea del transetto (distanza zero dal tracciato) devono essere rilevati.
- 2 La posizione dell'animale deve essere rilevata nel luogo in cui si trovava prima dell'eventuale movimento dovuto al passaggio dell'operatore.
- 3 La distanza perpendicolare deve essere misurata accuratamente.
- 4 Le osservazioni devono essere indipendenti e il movimento di un animale non deve influenzarne un altro.

Applicando il metodo al rilevamento dei segni di presenza (feci in questo caso), i requisiti 2 e 4 ovviamente non si applicano

Per avere una stima affidabile la lunghezza e il numero di repliche dei transetti dovrà essere tale da portare all'osservazione di almeno 60-80 animali o segni di presenza (Buckland et al., 2001). Nel caso in cui l'area di studio sia piccola e non si riesca in una sola volta ad avere un numero sufficiente di osservazioni, i transetti si possono replicare sino ad ottenere non meno di 60 osservazioni. Quando si replicano i transetti, questi non vengono conteggiati come nuovi, ma la lunghezza del transetto replica viene sommata a quella iniziale.

Rilevamento *pellet group*

Al posto degli animali il metodo del *Distance sampling* si può applicare anche a una conta di nidi, feci o altri segni di presenza. In questo caso alla fine si otterrà la densità del segno di presenza scelto. Nel nostro caso, il monitoraggio è stato effettuato rilevando i *faecal pellet group*, al fine di arrivare a una loro densità correggendo per la *detectability* (in questo caso, difficoltà di rilevare tutti i gruppi di feci in mezzo alla vegetazione).

Il campionamento è stato effettuato segnando con un picchetto il punto di inizio e di fine di ciascun transetto. Da ogni punto di inizio è stato tracciato il percorso, utilizzando una bindella metrica da 50 metri sia per misurare la distanza del tragitto sia per accertarsi che questo fosse il più lineare possibile. Il procedimento è stato ripetuto due volte per transetto in modo da determinare i 100 metri di lunghezza stabiliti. Il transetto è stato quindi percorso da due operatori guardando a destra e sinistra per rilevare i *pellet group* presenti. La distanza massima di osservazione per lato era di 3 m. Quando

si avvistava un campione, si procedeva a misurare la distanza perpendicolare tra questo e il transetto con l'ausilio di un metro rigido riportando i dati nella scheda di campionamento (Fig. 5).

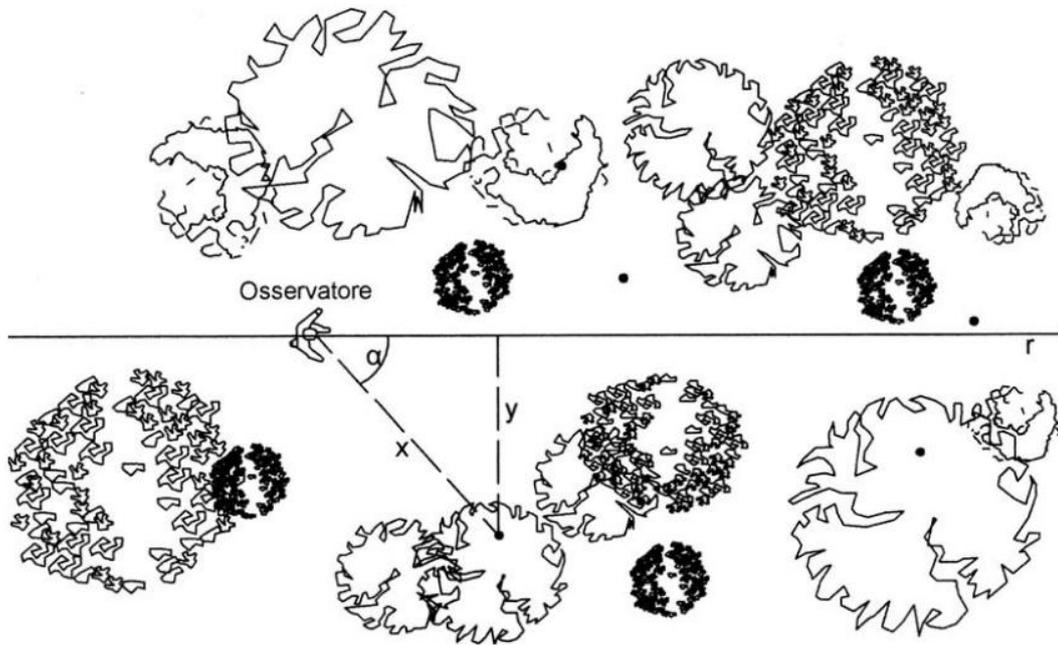


Figura 4. Censimento su percorso lineare (*line transect*) con misurazione della distanza di un animale (x) e dell'angolo di osservazione (α).

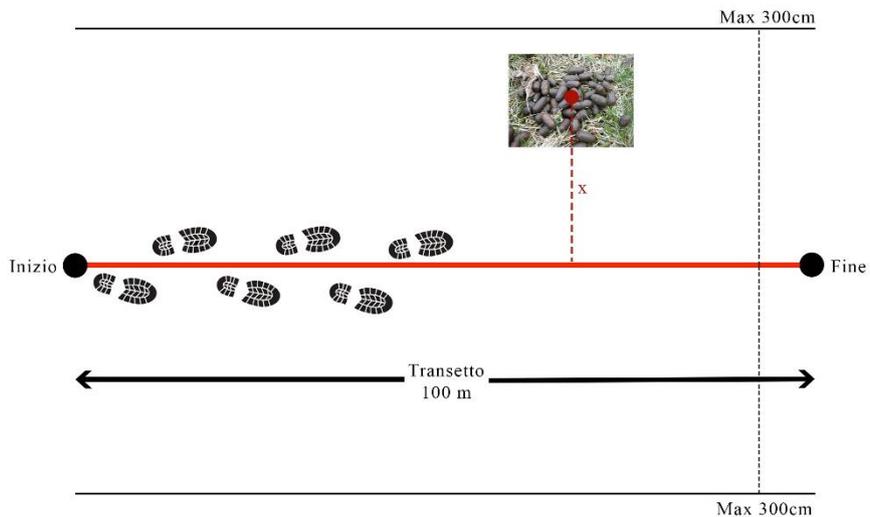


Figura 5. Schema del campionamento dei *faecal pellet group*.

Nella scheda di campionamento, oltre al numero di *pellet group* rilevati e alla loro distanza dal transetto sono stati annotati altri dati: tipologia di habitat nel punto di partenza e lungo il transetto

(latifoglie, conifere, aperto); visibilità dei *pellet group* (media lungo il transetto dei seguenti valori: erba alta = 1, erba bassa = 2, foglie o aghi di conifere = 3, terreno non coperto 4), altitudine. Infine, dopo essere stati annotati, i *pellet group* sono stati tolti dal percorso manualmente.

Misurazione del tasso di decadimento

Il tasso di decadimento è un valore necessario per l'applicazione del *Faecal standing crop*. La presenza di gruppi di *pellet* fecale nell'habitat è influenzata sia dal numero di cervi sia dal loro tasso di defecazione e dal tempo di permanenza dei *pellet* sul terreno (tasso di decadimento). I gruppi di *pellet* sono soggetti a fenomeni di degradazione a causa di vari fattori come attacchi microbici o di invertebrati, forze meccaniche di pioggia o vento, disturbi fisici (come il passaggio di animali) che li portano a scomparire nel tempo. Percorrendo i transetti sarà quindi possibile contare i *faecal pellet group* che si sono accumulati nel tempo e non si sono ancora degradati. Per l'applicazione del *Faecal standing crop* è quindi necessario conoscere il tasso (tempo) di decadimento, poiché rappresenta il tempo in cui sono stati depositi dai cervi le feci che vengono contate.

Il decadimento dei gruppi di *pellet* è specifico per specie, sito e habitat e dovrebbe necessariamente essere misurato per ciascun habitat in siti in cui i gruppi di *pellet* fecali devono essere conteggiati per fornire una stima della dimensione della popolazione di cervi (Mayle et al., 1999). Per ottenere un tasso di decadimento nell'area di studio considerata è necessario prelevare gruppi di *pellet* fecali freschi dall'area in questione. Si devono considerare un minimo di 4-6 gruppi, ciascuno contenente almeno 40 *pellet*, e devono essere posizionati all'interno dell'area di studio in siti che possano essere facilmente monitorati (Mayle et al., 1999). La data del posizionamento deve essere registrata e i gruppi di *pellet* devono essere visitati regolarmente. Per tasso di decadimento si intende il numero di giorni che intercorrono tra il giorno in cui il gruppo viene posizionato e il giorno in cui non è più visibile. Un gruppo viene considerato scomparso quando sono presenti meno di 6 *pellet* (Mayle et al., 1999).

Sulla base di questi dati si è scelto di posizionare 28 *pellet group* (contenenti 40 *pellet* ciascuno), 14 dei quali nel Parco Naturale del Gran Bosco di Salbertrand (Area 1, esposizione nord) e 14 nell'area sovrastante il paese di Salbertrand sul versante opposto al Parco (Area 2, esposizione sud).

Poiché nei due versanti sono presenti aree boschive alternate a prati-pascoli, si sono posizionati 7 *pellet group* in ambiente aperto e 7 in ambiente boschivo per ciascuna delle due aree. I singoli siti sono stati delimitati con segni, inoltre sono state prese le coordinate GPS e sono state scattate delle foto dell'ambiente circostante per facilitarne il ritrovamento.

Indice di utilizzo delle aree

I campionamenti sono stati eseguiti utilizzando la tecnica del *pellet count*, comparando le due varianti del conteggio singolo abbinato al tasso di decadimento (*faecal standing crop*) e del doppio conteggio (*faecal accumulation rate*), con due repliche separate da 60 giorni (Campbell et al., 2004).

I campionamenti sono stati effettuati con un diverso numero nelle tre aree: Chiomonte (n = 32), sopra Salbertrand (n = 23) e nel Gran Bosco di Salbertrand (n = 50). Il numero di *pellet* in ogni transetto è stato stimato attraverso un modello lineare generalizzato Bayesiano (Gelman et al., 2013), con una distribuzione dell'errore specificata secondo una distribuzione binomiale negativa. Questa distribuzione è stata scelta in quanto approssimava bene la distribuzione dei conteggi di *pellet* di cervo (Fig. 6).

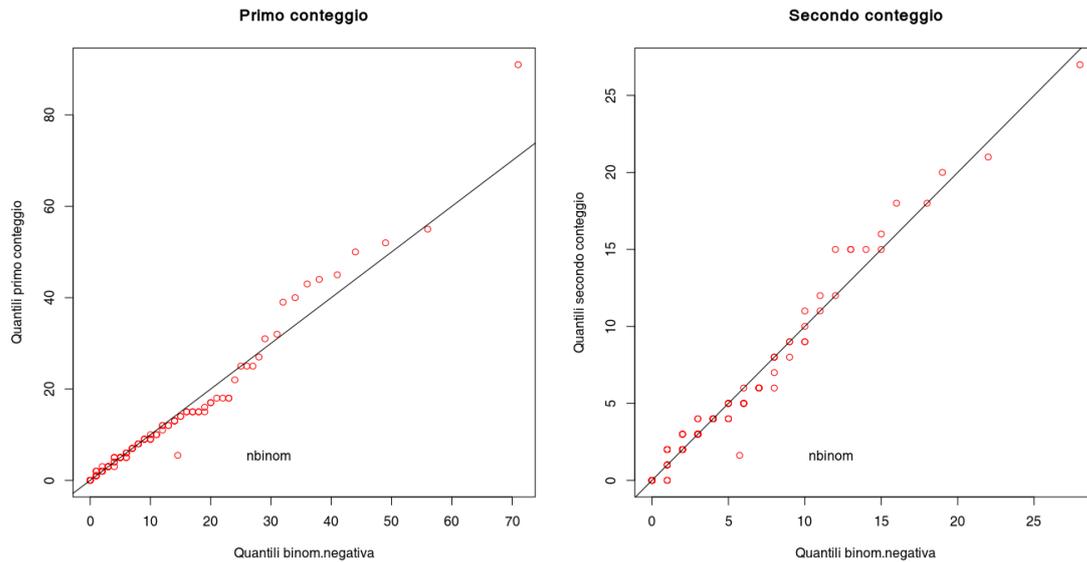


Fig. 6. Comparazione tra i quantili della distribuzione dei *pellet* di cervo nel primo conteggio (sx) e nel secondo conteggio (a dx), rispetto ai quantili di una distribuzione binomiale negativa.

Entrambi i modelli utilizzano, come predittori del numero di *pellet group* rilevato nei due conteggi: l'area di studio, l'altitudine del transetto, le condizioni di visibilità, la pendenza mediana calcolata in un buffer di 100m dal transetto, le coordinate. L'area di studio è stata gestita come un fattore fisso, comparando il numero di *pellet group* in ogni area con il numero di *pellet* medio in tutte le aree. Sono stati poi inseriti due termini di interazione, per stimare i cambiamenti dell'effetto della visibilità e dell'altitudine nelle tre aree di studio.

Per facilitare la convergenza del modello si è scelto l'utilizzo di distribuzioni a priori semi-informative (Lemoine, 2019), quindi tutte le variabili continue sono state trasformate in Z-score, sottraendo a ogni valore la media e dividendo per la deviazione standard. Il modello è stato adattato con 4 MCMC, con 5000 iterazioni l'una e un *burn-in* di 1000 iterazioni. Successivamente ad ogni modello sono state fatte analisi dei residui del modello, comparandoli contro ogni variabile indipendente per rilevare non-linearità e contro i valori previsti dal modello, per rilevare eterogeneità.

Risultati

Localizzazione dei transetti

Nelle mappe che seguono (Fig. 7-9) vengono mostrate nel dettaglio le localizzazioni dei transetti seguiti nelle tre aree (per l'Area 2 quelli effettuati rispetto al totale previsto), in seguito alla stratificazione per habitat. Tenendo in considerazione tutte e tre le aree di studio sono stati percorsi 10,5 km di transetti ripetuti due volte, per un totale di 21 km.

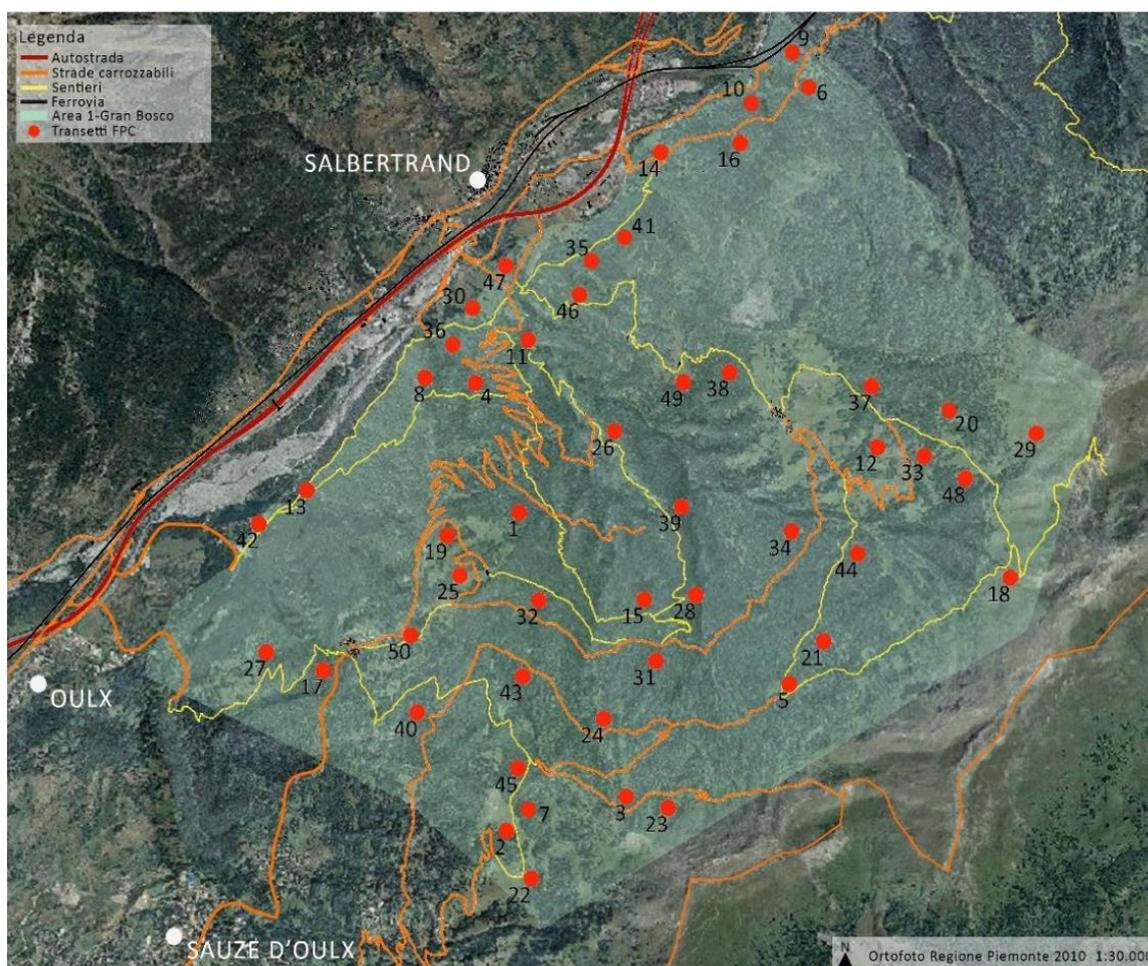


Figura 7. Localizzazione dei transetti (punti rossi) nell'Area 1 – Gran Bosco. Ogni transetto è identificato con un numero progressivo.

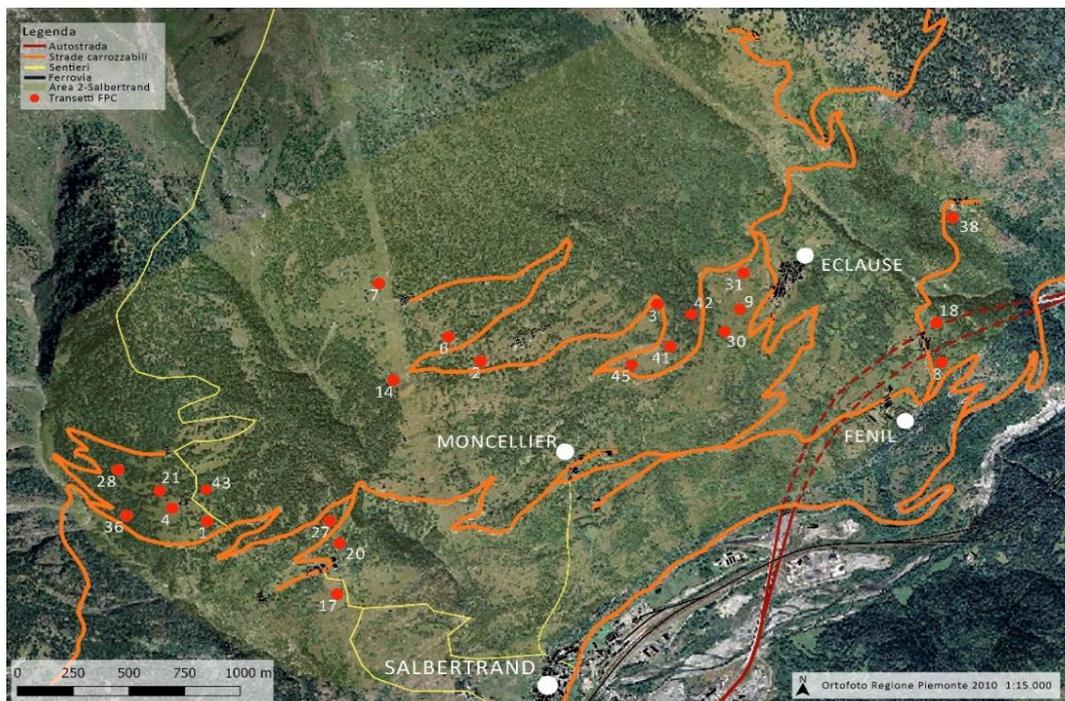


Figura 8. Localizzazione dei transesti (punti rossi) nell'Area 2 – Salbertrand. Ogni transetto è identificato con un numero progressivo.

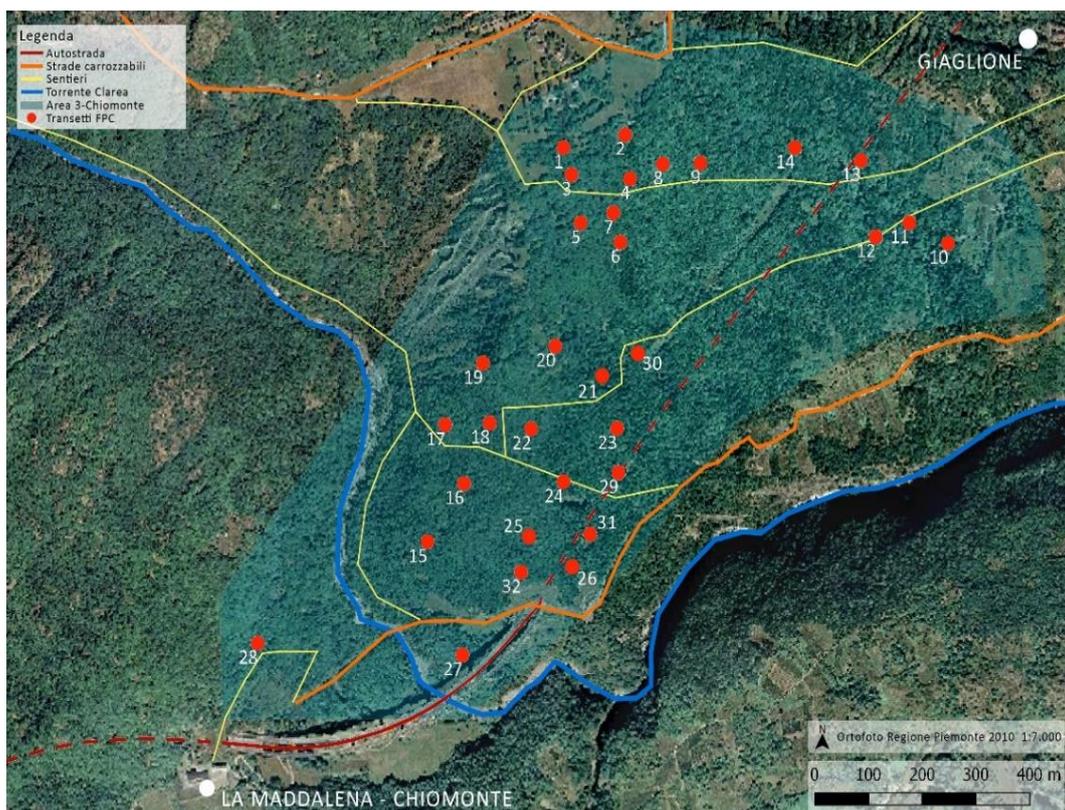


Figura 9. Localizzazione dei transesti (punti rossi) nell'Area 3 – Chiomonte/Giaglione. Ogni transetto è identificato con un numero progressivo.

***Faecal pellet group* rilevati:**

Nella tabella che segue sono evidenziati i totali dei *pellet group* trovati nei due periodi nelle tre aree di campionamento (Antonuccio 2020).

Tabella 3. Numero totale di *pellet group* trovati

Area di campionamento	Numero di transetti	Totale <i>Pellet group</i> Cervo	
		I passaggio	II passaggio
Area 1 - Gran Bosco	50	912	379
Area 2 - Salbertrand	23	138	69
Area 3 - Chiomonte	32	235	97

Nei grafici riportati nelle Fig. 10-12-14 sono messi a confronto il numero di *pellet group* trovati nei due campionamenti per singolo transetto per le tre aree.

Nelle mappe (Figure 11-13-15), invece, si è evidenziato visivamente, con pallini di dimensioni crescenti, il numero di feci rilevate (valore poi utilizzato nelle analisi statistiche successive). Tali valori evidenziano l'intensità di utilizzo dei singoli transetti da parte dei cervi. In questo caso, le mappe del secondo campionamento rappresentano le zone più frequentate dai cervi nei due mesi estivi; le mappe del primo campionamento, invece sono l'accumulo totale riferito a un periodo non definito derivante dal tempo di degradazione, al momento ignoto.

I *pellet group* rilevati nel primo e secondo passaggio sono risultati correlati per tutte e tre le aree: Area 1: $r = 0,42$, $p < 0,01$; Area 2: $r = 0,45$, $p < 0,05$, Area 3: $r = 0,33$, $p < 0,05$.

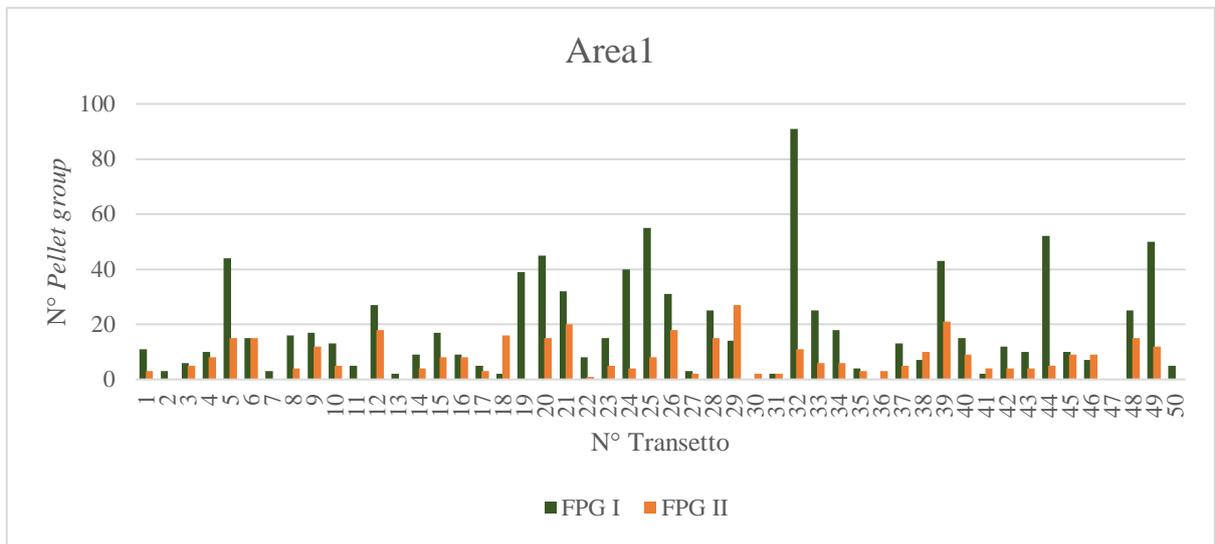


Figura 10. Numero *pellet group* per transetto nell'Area 1.

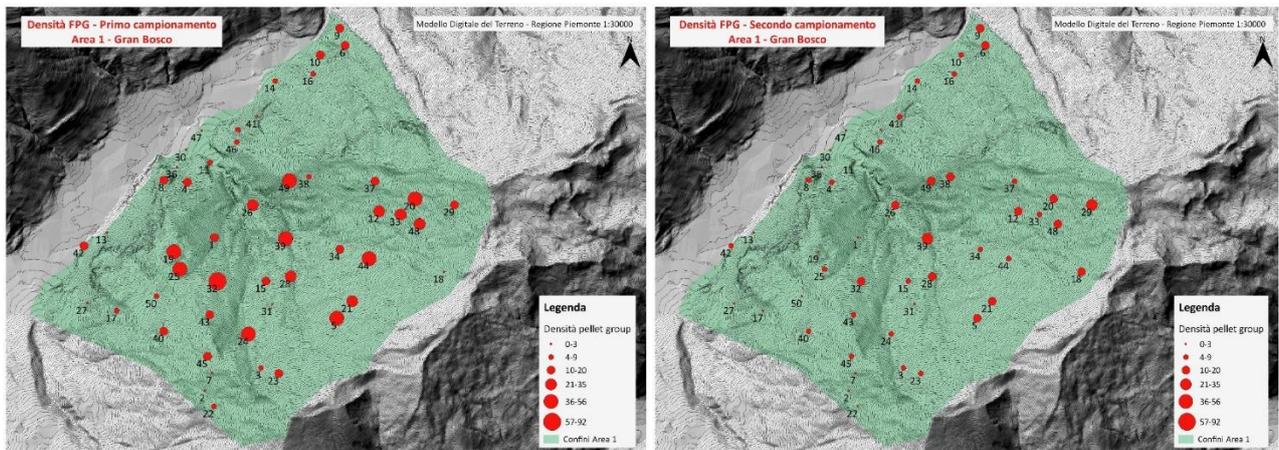


Figura 11. Confronto densità *pellet group* nei due campionamenti nell'Area 1

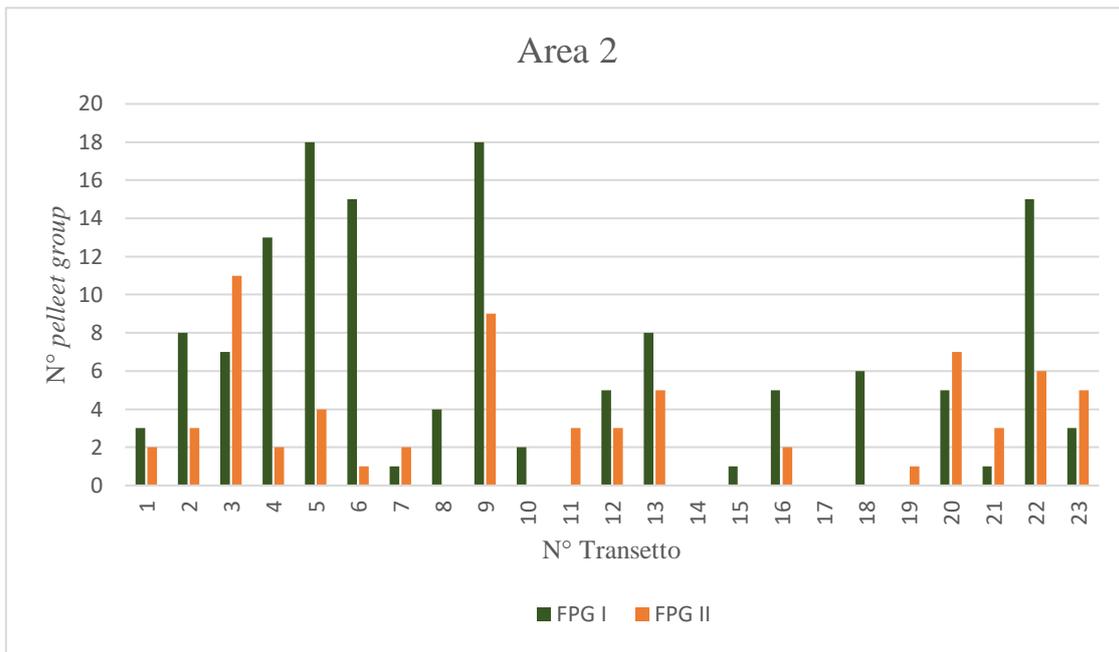


Figura 12. Numero *pellet group* per transetto nell'Area 2.

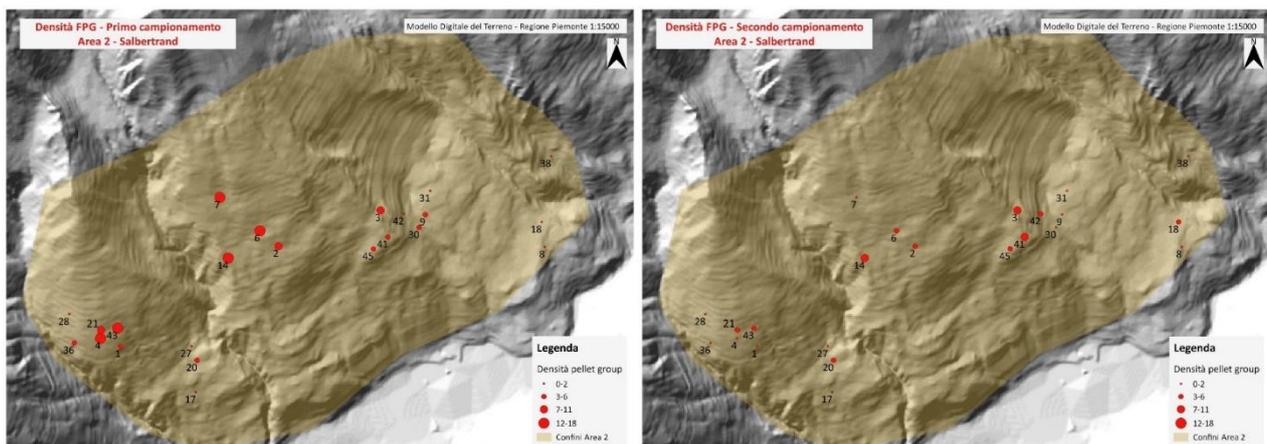


Figura 13. Confronto densità *pellet group* nei due campionamenti nell'Area 2

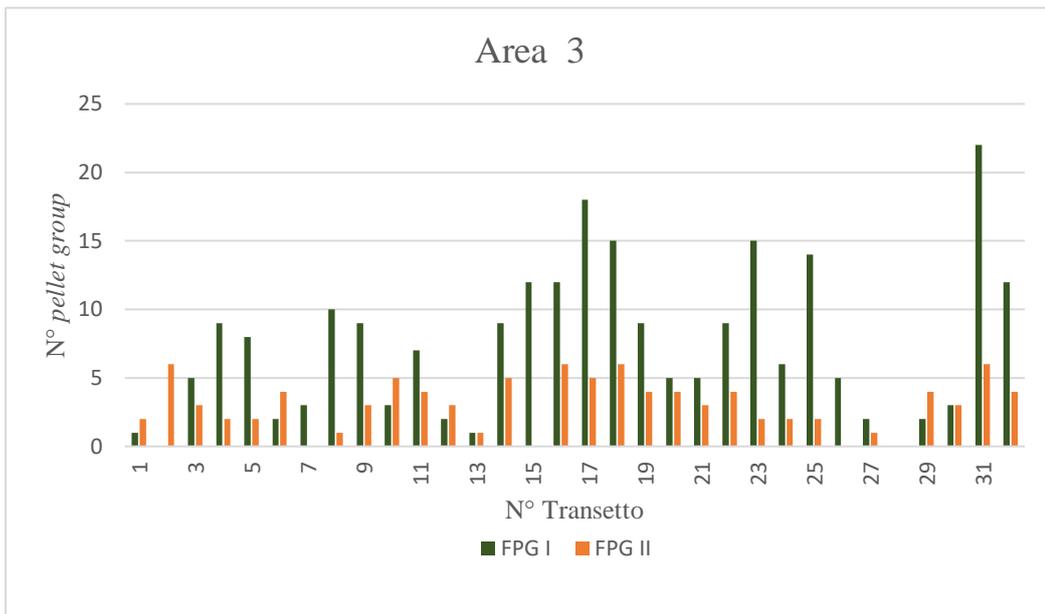


Figura 14. Numero *pellet group* per transetto nell'Area 3.

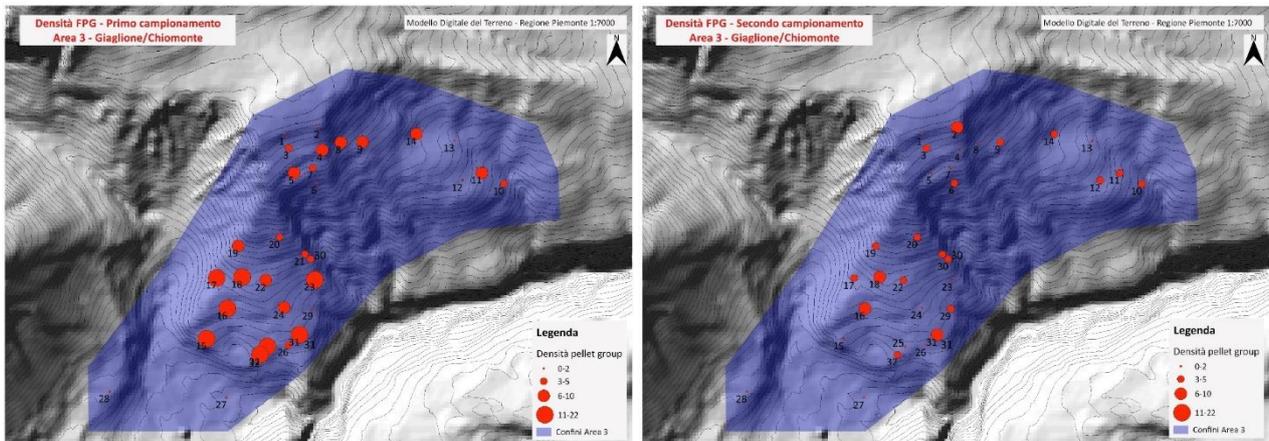


Figura 15. Confronto densità *pellet group* nei due campionamenti nell'Area 3

Applicazione del *Distance sampling*

Area 1: Gran Bosco

Periodo I

Il grafico che compara la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea della distribuzione empirica indica una buona sovrapposizione delle due distribuzioni con la maggior parte dei punti molto vicini rispetto alla linea (Fig. 16).

Come si può osservare nella Tabella x, i primi tre modelli presi in esame hanno un AIC molto simile con differenze inferiori a 2. Il primo modello (Uniform coseno) è quello che ha anche la miglior curva che spiega i dati (Figura 6), partendo da 1 e indicando una leggera sovrastima dei *pellet* nel primo intervallo e una leggera sottostima nei due intervalli consecutivi. Con questo modello sono stati stimati 80.529 (95% CV: 60.752 – 106.745) *pellet group* per 100 ha, con un coefficiente di variazione del 14,1%.

Periodo II

Il grafico che compara la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea della distribuzione empirica (Fig. 17) evidenzia un notevole spostamento dei dati raccolti rispetto alla distribuzione attesa, eccetto che per le distanze maggiori. Questo indica un probabile errore sistematico per le misure più piccole. Per questo motivo non si è continuato con le analisi che avrebbero comunque dato dei risultati discutibili. Indagini esplorative applicando l'analisi con il *Distance sampling* hanno restituito densità di cervi attorno ai 60 ind./100 ha, ritenute non credibili rispetto ai risultati dei censimenti del parco.

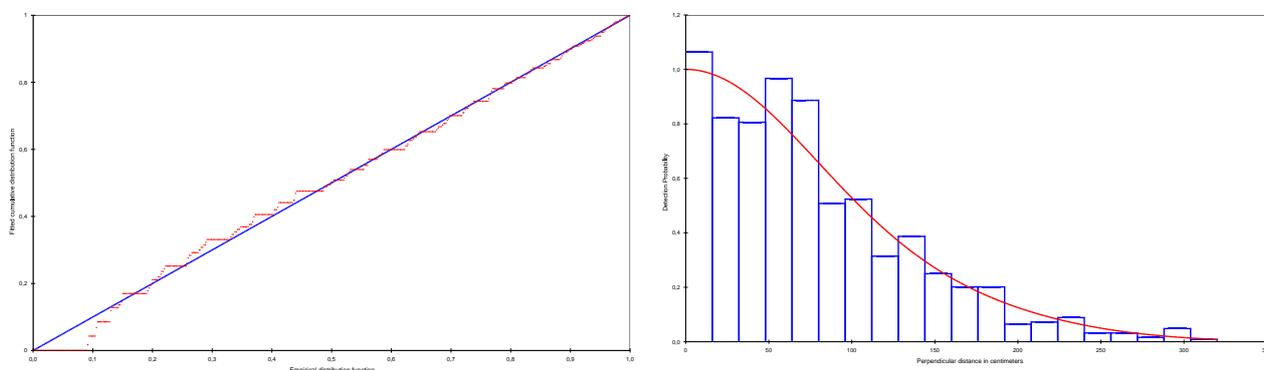


Figura 16. Area 1, periodo I. A sinistra quantile-quantile (qq)-plot che riporta la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea che indica la distribuzione empirica. A destra distribuzione delle osservazioni di *pellet group* in base alla distanza perpendicolare rispetto alla linea centrale del transetto.

Tabella 4. Risultati dell'applicazione dei modelli principali del *Distance sampling* ai dati raccolti nell'area 1 durante il primo campionamento

Parametri	AIC	Delta AIC	ESW	No. <i>pellet</i>	CI 95%		CV
					Lower	Upper	
I Periodo							
Uniform Cosine	9627,03	0,00	120	80.529	60.752	106.745	0,141
Half Normal Simple Poly	9627,23	0,20	121	79.867	60.225	105.914	0,141
Half Normal Cosine	9628,17	1,14	117	82.511	62.158	109.529	0,142
Uniform Simple Poly	9939,00	311,96	214	45.052	34.240	59.277	0,137
II Periodo							

ESW = *Effective Strip Width* (larghezza effettiva del transetto)

CI 95% = *Confidence Interval* (Intervallo di confidenza al 95%)

Poly = *Polynomial*

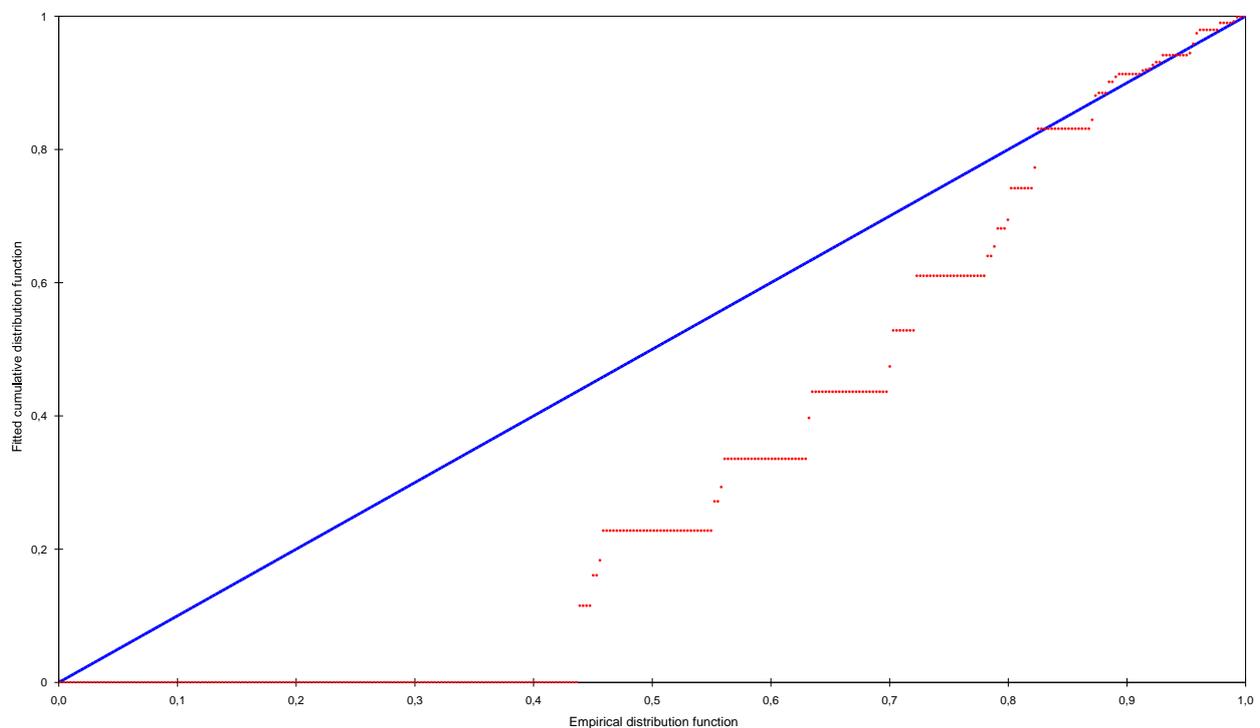


Figura 17. Quantile-quantile (qq)-plot che riportano la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea che indica la distribuzione empirica per l'area I nel periodo II.

Area 2: Salbertrand

Periodo I

Il grafico che compara la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea della distribuzione empirica indica una buona sovrapposizione delle due distribuzioni con la maggior parte dei punti vicini rispetto alla linea (Fig. 18). Tuttavia, la presenza di alcuni scalini con più punti paralleli all'asse delle ascisse fa supporre un arrotondamento delle distanze in alcuni casi.

I diversi modelli testati hanno un AIC molto simile con differenze inferiori a 2 (Tab. 5). Il primo modello (Uniform coseno) è quello che ha anche la miglior curva che spiega i dati (Figura 18) e una probabilità di un chi-quadro maggiore non significativa ($p = 0,739$). Con questo modello sono stati stimati 80.529 (95% CV: 60.752 – 106.745) *pellet group* per 100 ha, con un coefficiente di variazione del 20,3%.

Periodo II

Il grafico che compara la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea della distribuzione empirica (Fig. 19) evidenzia uno spostamento dei dati raccolti rispetto alla distribuzione attesa, eccetto che per le distanze maggiori. Questo indica un probabile errore sistematico per le misure più piccole. Per questo motivo non si è continuato con le analisi che avrebbero comunque dato dei risultati discutibili. Indagini esplorative hanno restituito densità di cervi di circa 43 ind./100 ha, che appare decisamente troppo elevata per l'ambiente alpino, anche se riferita a un periodo di soli due mesi quando gli animali potrebbero essere stati concentrati nelle aree indagate

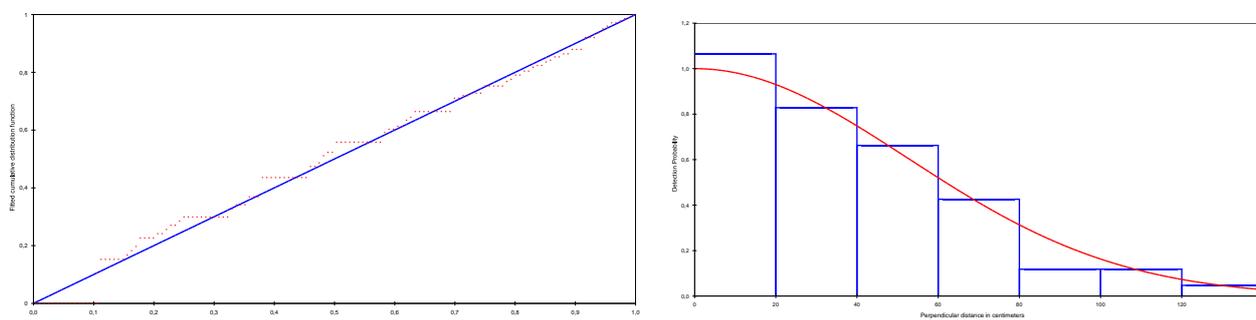


Figura 18. Area 2, periodo I. A sinistra quantile-quantile (qq)-plot che riporta la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea che indica la distribuzione empirica. A destra distribuzione delle osservazioni di *pellet group* in base alla distanza perpendicolare rispetto alla linea centrale del transetto.

Tabella 5. Risultati dell'applicazione dei modelli principali di *Distance sampling* ai dati raccolti nell'area 1 durante il primo campionamento

Parametri	AIC	Delta AIC	ESW	No. <i>pellet</i>	CI 95%		CV
					Lower	Upper	
Uniform Cosine	1284,96	0,00	65	50.315	33.265	76.103	0,203
Hazar rate Cosine	1285,80	0,84	73	45.264	29.732	68.909	0,207
Uniform Cosine	1286,14	1,18	72	45.405	30.425	67.759	0,194
Negative exp. Cosine	1286,68	1,72	62	53.272	33.215	85.440	0,238

ESW = *Effective Strip Width* (larghezza effettiva del transetto)

CI 95% = *Confidence Interval* (Intervallo di confidenza al 95%)

Exp = *Exponential*

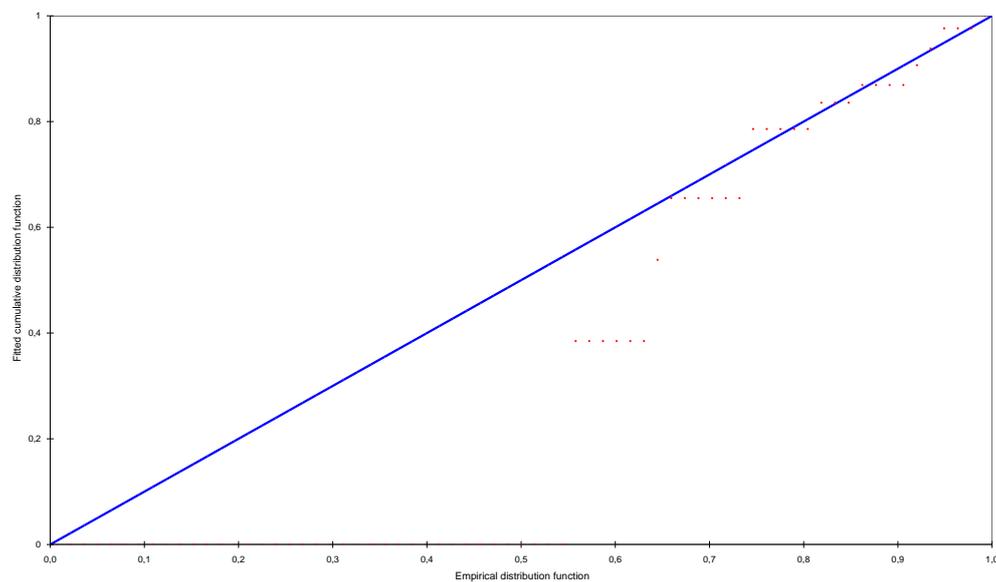


Figura 19. Area 2, periodo II. Quantile-quantile (qq)-plot che riporta la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea che indica la distribuzione empirica.

Area III: Chiomonte

Periodo I

Il grafico che compara la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea della distribuzione empirica indica un discostamento, seppur limitato, delle due distribuzioni (Fig. 20). I diversi modelli testati hanno un AIC molto simile (Tab. 6). Il primo modello (Uniform coseno) è quello che ha anche la miglior curva che spiega i dati (Fig. 20) e una probabilità di un chi-quadro maggiore non significativa ($p = 0,585$). Con questo modello sono stati stimati 30.319 (95% CV: 20.345 – 45.184) *pellet group* per 100 ha, con un coefficiente di variazione del 18,8%.

Periodo II

Anche per Chiomonte il grafico che compara la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea della distribuzione empirica (Fig. 21) evidenzia uno spostamento dei dati raccolti rispetto alla distribuzione attesa. Indagini esplorative portano a ottenere con questi dati una densità di cervi sui transetti di circa 54,9 ind./100 ha, che appare decisamente troppo elevata.

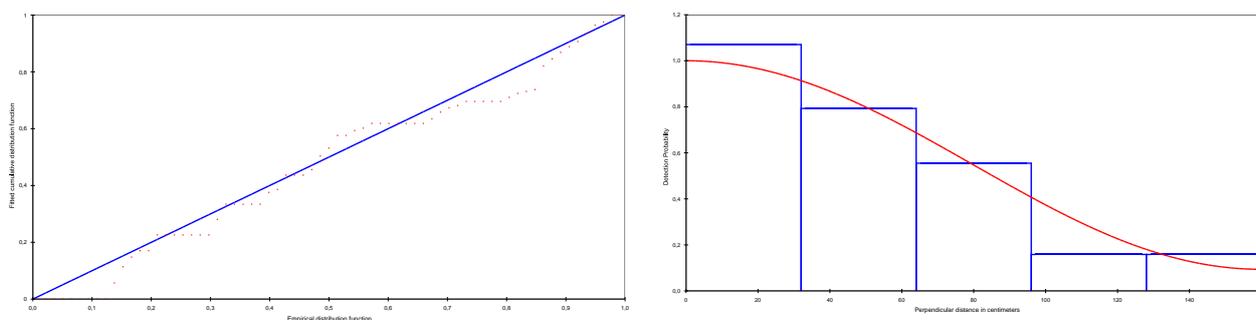


Figura 20. Area 3, periodo I. A sinistra quantile-quantile (qq)-plot che riporta la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea che indica la distribuzione empirica. A destra distribuzione delle osservazioni di *pellet group* in base alla distanza perpendicolare rispetto alla linea centrale del transetto.

Tabella 6. Risultati dell'applicazione dei modelli principali di *Distance sampling* ai dati raccolti nell'area 1 durante il primo campionamento

Parametri	AIC	Delta AIC	ESW	No. <i>pellet</i>	CI 95%		CV
					Lower	Upper	
Uniform Cosine	671,94	0,00	87	30.319	20.345	45.184	0,188
Negative Exp. Cosine	672,46	0,52	60	44.390	27.497	71.663	0,239
Uniform Simple Poly.	672,66	0,72	86	30.673	20.260	46.438	0,199
Half normal Cosine	672,77	0,83	83	31.999	21.095	48.542	0,200
Hazard rate Cosine	672,90	0,96	90	29.420	18.998	45.578	0,214

ESW = *Effective Strip Width* (larghezza effettiva del transetto)

CI 95% = *Confidence Interval* (Intervallo di confidenza al 95%)

Exp = *Exponential*

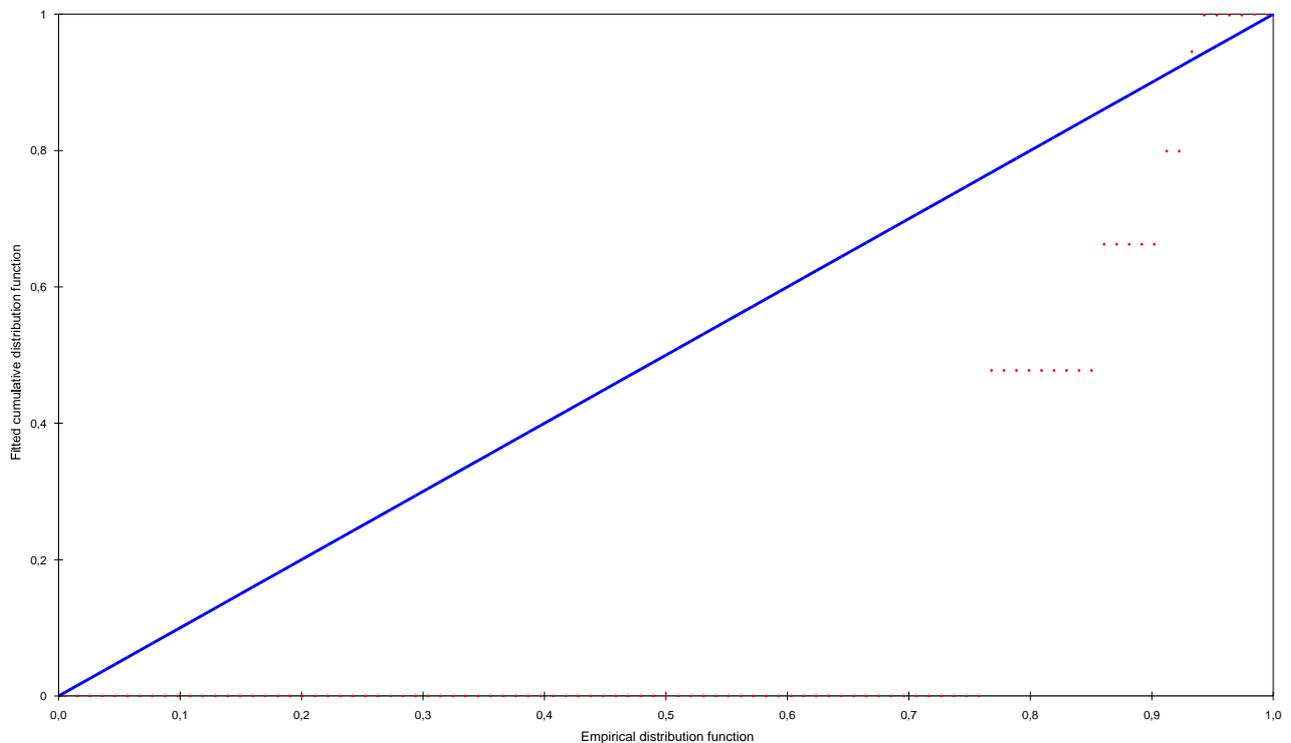


Figura 21. Area 3, periodo II. Quantile-quantile (qq)-plot che riporta la distribuzione delle osservazioni rispetto alla linea che indica la distribuzione empirica.

Tasso di decadimento

I 28 *pellet group* prelevati per determinare il tasso di decadimento sono stati posizionati il 2 maggio 2019 e monitorati ogni due settimane, più frequentemente quando si sono verificate piogge intense. Il tempo medio di decadimento delle feci nei siti in ambiente aperto è stato di circa 60 giorni (Fig. 22). Per quanto riguarda le aree boschive, al giorno 173 le feci presentavano segni di moderato decadimento, ma non è stato possibile monitorarle oltre in quanto delle forti piogge avvenute tra il 21 e il 22 ottobre 2019 hanno reso impossibile il reperimento della maggior parte dei *pellet group*.



Figura 22. *Pellet group* posizionati in ambiente aperto il 02/05/19 (a sinistra) e lo stesso sito verificato il 03/07/19 (a destra) quando i pellet risultavano degradati.



Figura 23. *Pellet group* posizionati in bosco il 02/05/19 (a sinistra) e lo stesso sito verificato il 18/10/19 (a destra), quando i pellet erano ancora ben visibili, seppur in parte portati via dalla pioggia.

Fattori che influenzano l'utilizzo dei transetti da parte del cervo

Il modello relativo al primo conteggio ha rilevato un effetto positivo di visibilità e altitudine dei vari transetti sul numero di *pellet* osservati, con una magnitudo degli stessi diversa nelle varie aree di studio (Tab. 7). In particolare, si nota un aumento dei *pellet* con un incremento delle condizioni di visibilità, in ognuna delle tre aree, così come all'incremento dell'altitudine dei transetti (Fig. 24). Nel Gran Bosco di Salbertrand è stato rilevato un numero medio più alto di *pellet* di cervo per transetto. L'incremento del numero di *pellet* è più marcato per l'incremento delle condizioni di visibilità, rispetto a quello dell'altitudine del transetto.

Uno scenario simile è stato riscontrato anche per il modello relativo al numero di *pellet* rilevato durante la seconda sessione di campionamento (Tab. 8, Fig. 25). In entrambi i conteggi, il numero di *pellet* rilevato è stato più alto nell'area di campionamento del Gran Bosco di Salbertrand, seguito dalla zona sopra Salbertrand e quindi dalla zona di Chiomonte (Fig. 26).

Tabella 7. Risultati del modello per il numero di *pellet* rilevato nel primo conteggio. Le variabili continue (altitudine, visibilità, pendenza mediana) sono standardizzate e centrate.

Variabile	Stima	Errore	Intervallo al 95%
Intercetta	1.37	0.46	0.46 - 2.27
Altitudine	0.55	0.43	-0.30 - 1.39
Visibilità	0.51	0.23	0.06 - 0.97
Pendenza mediana	0.07	0.14	-0.20 - 0.33
Area (Gran Bosco)	-1.93	1.00	-3.91 - 0.17
Area (Salbertrand)	1.83	0.67	0.48 - 3.12
Longitudine	-0.12	0.54	-1.20 - 0.93
Latitudine	0.89	0.70	-0.50 - 2.32
Visibilità*Gran bosco	0.01	0.40	-0.81 - 0.79
Visibilità * Salbertrand	0.06	0.27	-0.48 - 0.61
Altitudine*Gran bosco	-1.37	0.86	-3.08 - 0.25
Altitudine * Salbertrand	0.11	0.55	-0.98 - 1.19

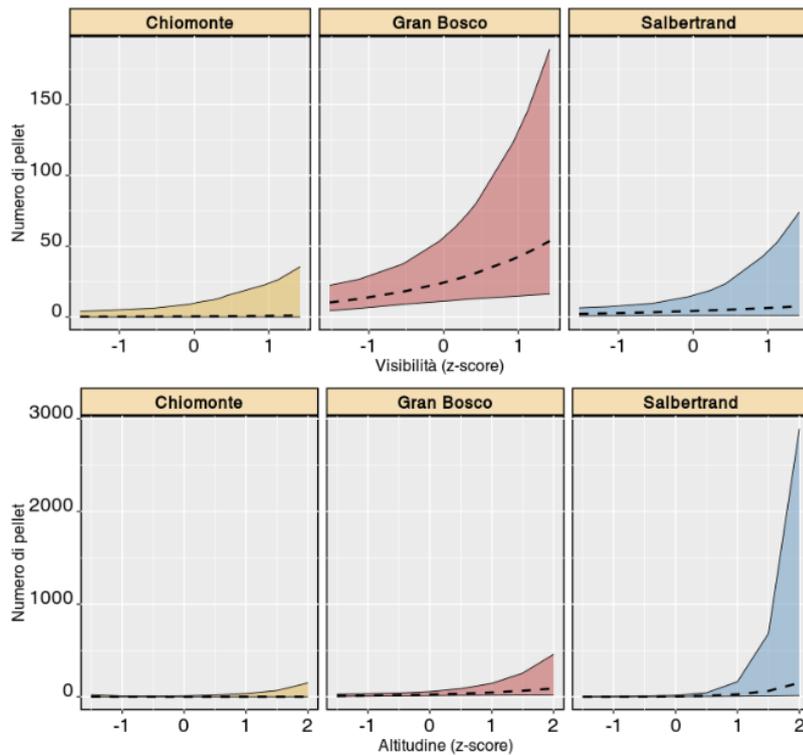


Fig. 24. Effetto marginale delle condizioni di visibilità (tre figure in alto), e dell'altitudine del transetto (tre figure in basso) sul numero di *pellet* rilevato nel primo conteggio.

Tabella 8. Risultati del modello per il numero di *pellet* rilevato nel secondo conteggio. Le variabili continue (altitudine, visibilità, pendenza mediana) sono standardizzate e centrate.

Variabile	Stima	Errore	Intervallo al 95%
Intercetta	1.03	0.39	0.26 – 1.79
Altitudine	0.37	0.37	-0.34 – 1.09
Visibilità	0.32	0.20	-0.05 – 0.69
Pendenza mediana	0.08	0.10	-0.13 – 0.29
Area (Gran Bosco)	-3.20	0.85	-4.93 – 1.53
Area (Salbertrand)	2.09	0.59	0.99 – 3.25
Longitudine	1.25	0.54	0.14 – 2.30
Latitudine	0.82	0.68	-0.47 – 2.17
Visibilità*Gran bosco	0.00	0.32	-0.67 – 0.62
Visibilità * Salbertrand	0.07	0.21	-0.32 – 0.49
Altitudine*Gran bosco	-0.38	0.70	-1.78 – 1.03
Altitudine * Salbertrand	-0.06	0.48	-1.01 – 0.87

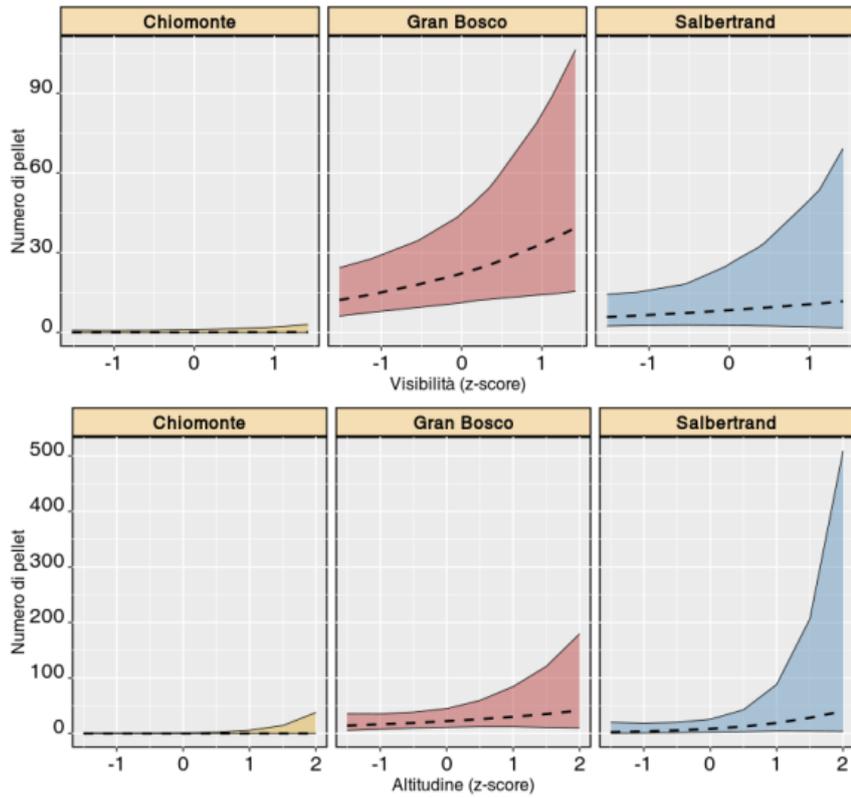


Fig. 25. Effetto marginale delle condizioni di visibilità (tre figure in alto), e dell'altitudine del transetto (tre figure in basso) sul numero di *pellet* rilevato nel secondo conteggio.

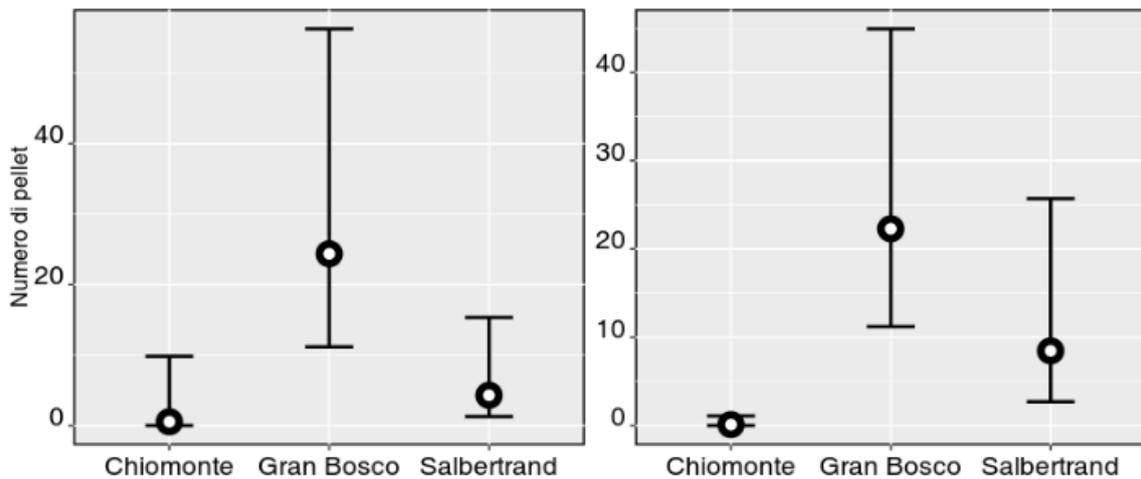


Fig. 26. Effetto marginale delle tre aree di studio sul numero di pellet rilevato nel primo (a sinistra) e secondo (a destra) conteggio.

Discussione

La metodica del *faecal pellet count* è una tecnica molto impiegata per determinare la densità di popolazione di cervidi in aree con un'elevata percentuale di terreno coperto da superficie boscata (Acevedo et al. 2008; Alves et al. 2013; Bennet et al. 1940; Torres et al. 2013). La difficoltà di poter osservare gli animali direttamente in contesti chiusi (bosco) è un grosso limite per i censimenti con osservazione diretta, che porta a stime di densità in difetto anche rilevanti. D'altra parte, però, anche il metodo indiretto basato sulla conta dei *pellet group* rivela delle difficoltà nell'applicazione, in particolare in ambienti alpini. Uno dei fattori che bisogna considerare è il tipo di suolo su cui si cercano i campioni e la loro visibilità. Su suoli nudi o coperti da aghi di conifere, infatti, la visibilità è risultata ottimale, in quanto le feci erano facilmente visibili. Anche nel caso di foglie secche, come nel caso dell'intera Area 3, caratterizzata da boschi di rovere e castagno, la visibilità al suolo è risultata abbastanza buona e le feci riconoscibili. La situazione è diversa, se il bosco tende a diradarsi, e si incontrano radure, prati e pascoli. In questo caso bisogna tenere in considerazione sia l'altezza che la densità dell'erba. Soprattutto nell'area sopra Salbertrand (Area 2), caratterizzata da un maggior numero di aree aperte, alcuni transetti sono terminati senza nessuna osservazione di *pellet group* a causa dell'elevata altezza dell'erba (fino a 60 cm) che li copriva.

Tale osservazione effettuata durante lo svolgimento dei transetti è stata confermata dall'analisi statistica. I modelli elaborati per i primi conteggi hanno evidenziato un effetto positivo di visibilità e altitudine dei vari transetti sul numero di *pellet* contati, con una magnitudo degli stessi diversa nelle varie aree di studio. In particolare, in ognuna delle tre aree si è osservato un aumento dei *pellet group* rilevati con un incremento delle condizioni di visibilità e dell'altitudine dei transetti. In particolare, l'influenza della visibilità appare un fattore rilevante non legato a scelte ecologiche degli animali. Di conseguenza il metodo, nelle condizioni della nostra sperimentazione, non sembra molto idoneo a rilevare l'intensità di utilizzo delle varie aree (transetti) in quanto il numero di *pellet group* contati è risultato dipendente sia dalla numerosità dei cervi che hanno frequentato l'area, sia dalle caratteristiche del terreno dell'area stessa che ne condizionano la visibilità (e quindi la conta).

Per poter ovviare almeno in parte ai problemi di visibilità delle feci, nel caso si voglia ripetere la prova in futuro, si suggerisce di anticipare l'esecuzione dei transetti alla primavera e di effettuare dapprima i transetti sui versanti esposti a sud (Area 2) e poi quelli nel versante a nord (Area 1), preoccupandosi di iniziare dalle aree di fondovalle salendo poi di quota e in anticipo rispetto ai mesi estivi. Questo dovrebbe consentire il rilevamento delle feci in un periodo in cui l'erba non è ancora cresciuta in altezza. Tuttavia, occorre rilevare che la neve congela la decomposizione delle feci, quindi la loro permanenza al suolo sarà condizionata dalla durata del manto nevoso o dalla presenza di temperature particolarmente basse. Queste variabili cambiano di anno in anno e quindi rendono difficoltosa la standardizzazione del metodo per confronti in anni successivi in quanto il tasso di decadimento delle feci ne sarebbe condizionato.

L'applicazione del *distance sampling* al secondo periodo di monitoraggio ha messo in evidenza la difficoltà di misurare in maniera esatta la distanza dei *faecal group* dalla linea di transetto. Questo potrebbe dipendere dalla difficoltà di identificare il centro dei gruppi di feci, con una variabilità spaziale che può involontariamente portare un arrotondamento delle misurazioni. Sarebbe quindi utile adottare degli accorgimenti che limitino la soggettività nel definire gli estremi dei punti di misura.

L'analisi esplorativa dei dati ottenuti con il *Faecal Accumulation Rate* restituirebbe dei valori di densità molto elevati (60 cervi/100ha al Gran Bosco). Pur essendo vero che la densità misurata si riferisce all'area usata dai cervi in un periodo di due mesi, quando gli animali potrebbero anche essere stati concentrati, il valore ottenuto è decisamente elevato (vedi densità ottenuta con le analisi successive di circa 6 cervi/100 ha). Questa sovrastima potrebbe essere legata alla difficoltà di delimitare con certezza i singoli *pellet group*. Quando ci sono molti animali che si muovono le feci

tendono ad essere disperse dal singolo animale, ma sovrapposte da quelle di altri animali, in questi casi individuare i singoli *pellet group* non è facile.

Durante lo svolgimento della seconda sessione di campionamento è emersa una ulteriore problematica legata al ritrovamento dei transetti identificati durante la prima sessione. Nonostante la georeferenziazione con GPS del punto iniziale e finale di ogni transetto e la posa sul campo di riferimenti visivi (picchetti piantati al suolo e nastro rosso nelle immediate vicinanze), risultava comunque difficoltoso ripercorrere esattamente lo stesso percorso del primo passaggio, questo perché nel frattempo il terreno era mutato (rami e alberi caduti, foglie, ecc.). Sarebbe quindi consigliabile marcare oltre ai punti iniziali e finali del transetto, anche punti intermedi per facilitare la ripetizione del transetto.

Come riportato nei risultati non è stato possibile ottenere un valore accurato del tasso di decadimento delle feci di cervo nelle aree di studio. Oltre al problema legato al dilavamento delle feci a seguito di piogge intense, c'è da aggiungere che il periodo di decadimento in boschi esposti a nord, e quindi particolarmente freddi potrebbe essere superiore al tempo che intercorre tra un inverno e il successivo. Questo introdurrebbe delle incertezze legate al congelamento delle feci e alla loro copertura con la neve. Come detto in precedenza, la durata di queste condizioni invernali non è prevedibile e quindi si ritiene difficoltoso ricavare il tasso di decadimento per il cervo in condizioni simili a quelle del Gran Bosco di Salbertrand. In effetti non sono stati trovati valori del tasso di decadimento validi per gli ambienti alpini.

In assenza di un valore locale del tasso di decadimento per le feci del cervo, il *Faecal standing crop* non può essere applicato con rigore. Tuttavia, si può fare qualche analisi per ricavare in maniera indiretta almeno un suo ordine di grandezza. La formula per ricavare la densità di cervi con il metodo del *Faecal standing crop* è la seguente:

$$\text{Numero cervi}/100 \text{ ha} = \frac{\text{Numero pellet group in 100 ha}}{\text{tasso di decadimento} \times \text{tasso di defecazione}}$$

In letteratura sono presenti due studi sul tasso di defecazione del cervo svolti entrambi in cattività. I risultati ottenuti sono:

- 25 (range 95% CV 19-29) (Mitchell and McCowan 1984)
- 24-33 (Mitchell et al., 1983)

Si può quindi prendere come valore di riferimento 25 (*pellet group* al giorno).

L'Ente Parco delle Alpi Cozie effettua annualmente dei censimenti di cervo in primavera e autunno. In Tab. 9 sono riportate le consistenze minime registrate in primavera dal 2005 al 2019 (dati forniti dall'Ente Parco). Considerando che i dati del 2018 e 2019 sono stati ricavati in giornate non particolarmente favorevoli al censimento del cervo, si è deciso di prendere come riferimento i tre anni precedenti, dal 2015 al 2017. In questi anni sono stati censiti, rispettivamente 127, 102, 152 cervi.

Tabella 9. Risultati dei censimenti primaverili al cervo effettuati annualmente dall'Ente Parco delle Alpi Cozie

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
79	109	91	102	90	78	72	90	78	92	127	102	152	45	64

Questa consistenza di popolazione, se riferita alla nostra area di studio, immaginando cioè che almeno in un periodo i cervi abbiano frequentato l'area nella quale sono stati collocati i transetti (vedi Fig. 1 e 7) lasciando quindi le proprie feci, porterebbe a calcolare una densità di 5,44 – 8,11 (media 6,77) cervi/100 ha.

Conoscendo il numero di *pellet group*/100ha, stimato in 80.529/100ha nel Gran Bosco di Salbertrand, il tasso di defecazione (N=25) e applicando la formula precedente con i valori di densità dal 2015 al 2017 e il valore medio, si otterrebbe un tasso di decadimento teorico di 397-592 (media 476) giorni (Tab. 10). Tali valori sono simili ai tassi di decadimento rilevati in UK per boschi di conifere e brughiere umide se si prendono in considerazione i valori maggiori (444 e 510, Tab. 11).

In Tab. 11 sono riportati i valori teorici di densità del cervo che si otterrebbero applicando i numerosi valori del tasso di decadimento registrati in Gran Bretagna. Anche considerando solo i valori riferiti a boschi umidi di conifere, la densità maggiore potrebbe essere tre volte quella minore.

I dati del tasso di decadimento del cervo presenti in letteratura sono però molti ed estremamente variabili (Tab. 12), anche solo per boschi di conifere. Sarebbe quindi necessario ricavare un valore specifico per gli ambienti della Val Susa. Tuttavia, un tempo di decadimento presumibile di 400-500 giorni è superiore a un anno e implicherebbe un monitoraggio che dovrebbe includere anche un inverno, con i problemi prima evidenziati di mantenimento delle feci durante i periodi di congelamento o copertura dalla neve. Questo al momento sembra un fattore determinante nel rendere difficoltoso ricavare un valore del tasso di decadimento accurato e applicabile al variare delle condizioni invernali per l'arco alpino e in particolare nei versanti freddi. Il *Faecal standing crop* pare quindi di difficile applicazione presso il Parco del Gran Bosco di Salbertrand, poiché è difficile avere a disposizione un valore del tasso di decadimento delle feci misurato a livello locale e valido nel tempo che non risenta quindi del variare delle condizioni invernali.

Nel nostro studio il *Faecal Accumulation Rate* è risultato di applicazione difficoltosa, ma potrebbe essere l'unico sistema per stimare la consistenza della popolazione e l'uso dello spazio da parte del cervo in montagna. Rimuovendo tutte le feci durante il primo svolgimento dei transetti e poi ripetendo dopo 2-3 mesi i transetti una seconda volta non sarebbe necessario avere il valore del tasso di decadimento delle feci. In tal caso sarebbe consigliabile iniziare il primo monitoraggio poco dopo la scomparsa della neve al suolo, in modo da poter ripetere la seconda parte prima che la vegetazione si sviluppi troppo. Tuttavia, le simulazioni condotte sui valori del *Faecal Accumulation Rate* hanno portato a stimare valori di densità dieci volte superiori a quelle che derivano dai censimenti del parco. È quindi probabile che ci siano state anche delle difficoltà a delimitare i singoli *pellet group*, con la tendenza a una loro sovrastima. Sarebbero quindi necessarie altre ripetizioni del metodo per verificarne la sua applicabilità.

Tabella 10. Densità di cervi registrata durante i censimenti effettuati dal parco Alpi Cozie a Salbertrand (dati forniti dall'Ente Parco), densità teorica riferita all'area di studio e tasso di decadimento teorico delle feci.

Anno	Cervi	Area	Densità cervi/100 ha)	Tasso di decadimento teorico (gg)
2015	127	1875	6,77	476
2016	102	1875	5,44	592
2017	152	1875	8,11	397
Media	127	1875	6,77	476

Tabella 11. Valori del tasso di decadimento ricavati in diversi ambienti in Gran Bretagna (Mayle et al. 1999) e della densità di cervi che si otterrebbe con il *Faecal standing crop* considerando il relativo tasso di decadimento e un tasso di defecazione di 25.

Habitat	Clima	Tasso di decadimento	Densità stimata (cervi/100ha)
Prato	Umido	81	39,7
Conifere	Asciutto	96	33,6
Conifere	Asciutto	99	32,5
Conifere	Asciutto	103	31,3
Conifere	Asciutto	106	30,4
Brughiera	Umido	146	22,1
Conifere	Umido	177	18,2
Brughiera	Umido	444	7,2
Conifere	Umido	510	6,3

Tabella 12. Valori del tasso di decadimento ricavati in diversi ambienti e aree geografiche europee.

Macchia aperta	180-210	Latham et al. 1996	Scozia
Macchia chiusa	360	Latham et al. 1996	Scozia
Prateria	90	Latham et al. 1996	Scozia
Arbusti	90	Latham et al. 1996	Scozia
Bosco	275±42	Laing et al. 2003	Scozia
Conifere	520±82	Alves et al. 2013	Portogallo
Bosco misto	538±182	Alves et al. 2013	Portogallo
Arbusteto	640±75	Alves et al. 2013	Portogallo
Bosco misto	318	Torres et al. 2013	Portogallo
Conifere	318	Torres et al. 2013	Portogallo
Area aperta	301±17	Torres et al. 2013	Portogallo
Deciduo	67±42	Torres et al. 2013	Portogallo
Bosco misto	227±24	Torres et al. 2015	Portogallo

Bibliografia

- Acevedo P., Ruiz-Fons F., Vicente J., Reyes-Garcia A.R., Alzaga V., Gortazar C. (2008). Estimating red deer abundance in a wide range of management situations in Mediterranean habitats. *Journal of Zoology* 276, 37–47.
- Alves J., Alves da Silva A., Soares A., Fonseca C. (2013). Pellet group count methods to estimate red deer densities: precision, potential accuracy and efficiency. *Mammalian Biology* 78, 134–141.
- Antonuccio L. (2020). Stima dell'abbondanza e dell'uso dell'habitat del Cervo nobile in un'area alpina usando indici di pellet fecale. Tesi di Laurea Magistrale del Corso di laurea in Evoluzione del Comportamento Animale e dell'uomo, Anno Accademico 2018/2019.
- Apollonio M., Reidar A., Puntman R. (2010) European ungulates and their management in the 21st century. Cambridge University Press 603 pp.
- Bennett L.J., English P.F., McCain R. (1940). A study of deer population by use of pellet-group counts. *The journal of Wildlife Management* 4 (4), 398–403.
- Campbell D., Swanson G.M., Sales, J. (2004). Methodological insights: comparing the precision and cost-effectiveness of faecal pellet group count methods. *Journal of Applied Ecology*, 41(6), 1185–1196.
- Gelman A., Carlin J.B., Stern H.S., Dunson D.B., Vehtari A., Rubin D.B. (2013). Bayesian data analysis. CRC press.
- Jung T. M., Kukka P. M. (2016). Influence of habitat type on the decay and disappearance of elk *Cervus canadensis* pellets in boreal forest of northwestern Canada. *Wildlife Biology* 22, 160–166.
- Laing S.E., Buckland S.T., Burn R.W., Lambie D., Amphlett A. (2003). Dung and nest surveys: estimating decay rates. *Journal of Applied Ecology* 40, 1102–1111.
- Latham J., Staines B.W., Gorman M.L. (1996). The relative densities of red (*Cervus elaphus*) and roe (*Capreolus capreolus*) deer and their relationship in Scottish plantation forests. *Journal of Zoology*, London 240, 285–299.
- Lemoine N.P. (2019). Moving beyond noninformative priors: why and how to choose weakly informative priors in Bayesian analyses. *Oikos*, 128(7), 912–928.
- Lioy S., Braghiroli S., Dematteis A., Meneguz P.G., Tizzani P. (2014). Faecal pellet count method: some evaluations of dropping detectability for *Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758 (Mammalia: Cervidae), *Cervus elaphus* Linnaeus, 1758 (Mammalia: Cervidae) and *Lepus europaeus* Pallas, 1778 (Mammalia: Leporidae). *Italian Journal of Zoology*, 1–7.
- Marques F. F., Buckland S. T., Goffin D., Dixon C. E., Borchers D. L., Mayle B. A., Peace A. J. (2001). Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology* 38(2), 349–363.
- Mayle B.A., Peace A.J., Gill R.M.A. (1999). How many deer? A field guide to estimating deer populations. Forestry Commission Fieldbook 18.
- Neff D.J. (1968). The pellet-group count technique for big game trend, census, and distribution: a review. *The Journal of Wildlife Management* 32 (3), 597–614.
- Putman R. J. (1984). Facts from faeces. *Mammal review*, 14(2), 79-97.
- Ratcliffe, P. R., & Mayle, B. A. (1992). Roe deer biology and management. H.M. Stationery Office
- Scott D., Bacon P., Irvine J. (2002). Management of deer in woodlands. Best practice guidance. Report to the Deer Commission for Scotland. Centre for Ecology and Hydrology.

Soofi M., Ghoddousi A., Hamidi A. K., Ghasemi B., Egli L., Voinopol-Sassu A., Kiabi B. H., Balkenhol N., Khorozyan I., Waltert M. (2017). Precision and reliability of indirect population assessments for the Caspian red deer *Cervus elaphus maral*. *Wildlife Biology* 2017(17) <https://doi.org/10.2981/wlb.00230>

Staines B.W., Ratcliffe P.R. (1987). Estimating the abundance of red deer (*Cervus elaphus* L.) and roe deer (*Capreolus capreolus* L.) and their current status in Great Britain. *Symposia of the Zoological Society of London* pp. 131–152.

Swanson G., Campbell D., Armstrong H. (2008). Estimating deer abundance in woodlands: the combination plot technique. *Forestry Commission Bulletin* 128.

Torres R.T., Valente A.M., Marques T.A., Fonseca C. (2015). Estimating red deer abundance using the pellet-based distance sampling method. *Journal of Forest Science*, 61, 422–430.

Torres R. T., Santos J., Fonseca C. (2013). Persistence of roe (*Capreolus capreolus*) and red (*Cervus elaphus*) deer pellet-groups in a Mediterranean mosaic landscape. *Wildlife Biology Practice* 9, 7–18.

Tsapis D., Katsanevakis S., Ntolka E., Legakis A. (2009). Estimating dung decay rates of roe deer (*Capreolus capreolus*) in different habitat types of a Mediterranean ecosystem: an information theory approach. *European Journal Wildlife Research* 55, 167–172.

Webbon C. C., Baker P. J., Harris S. (2004). Faecal density counts for monitoring changes in red fox numbers in rural Britain. *Journal of Applied Ecology* 41(4), 768–779.