

# **UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA**

**Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche, Naturali**

**Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per la Natura – Scienze  
Naturali**

**Applicazione del metodo dei transetti lineari alla stima della  
densità della Marmotta alpina nel Parco Veglia Devero**

---

**Relatore:  
Chiar.mo Prof. Giuseppe Bogliani**

**Correlatore:  
Radames Bionda**

**Tesi Sperimentale di Laurea  
in Scienze Naturali**

**di Marco Affini**

**Matricola 301311/40**

**Anno Accademico 2005-2006**



## *Indice*

### **Introduzione**

- La necessità di stime della densità delle popolazioni a fini conoscitivi e per la gestione delle specie.....(5 – 6)
- Metodi relativi e metodi assoluti.....(6 – 11)
- Il metodo dei transetti lineari: caratteristiche, presupposti, limiti.....(11- 17)
- Il modello di studio: la Marmotta alpina (*Marmota marmota*). Breve rassegna della biologia e dell'ecologia.....(16 – 21)

### **Area di studio**

- Il Parco Regionale Veglia Devero: descrizione.....(22 – 26)

### **Metodi di studio**

- Scelta dei transetti.....(27 - 28)
- Procedure di campo.....(29 - 37)
- Metodi di analisi dei dati.....(38 - 47)

### **Risultati**

- Stime delle densità.....(48 –53)
- Problemi riscontrati.....(54 -57)

### **Conclusioni** .....(58 – 61)

### **Pubblicazioni citate**

### **Ringraziamenti**



## Introduzione

L'analisi delle popolazioni animali e vegetali, è sempre stata al centro degli interessi umani. Dapprima questi interessi erano prettamente improntati al settore alimentare, le popolazioni nomadi si spostavano in funzione degli spostamenti degli erbivori che costituivano parte integrante della loro dieta, e della modificazione delle popolazioni vegetali. La conoscenza di aree in cui le popolazioni animali e vegetali erano floride si rendeva quindi fondamentale poiché in netta correlazione con la sussistenza delle popolazioni umane stesse.

Con l'evolversi della società umana ed il conseguente passaggio da una situazione stanziale a discapito di quella nomade, e l'abbandono, quindi, della semplice economia di sussistenza a favore di quella commerciale, l'interesse per le popolazioni animali non è comunque diminuito proprio perché costoro erano una delle risorse economiche più ingenti. Esempi attuali sono il commercio di pelli, avorio, trofei che tutt'ora restano in auge in alcune aree del pianeta.

Con l'ulteriore evoluzione nella società umana, al semplice interesse economico si è andato ad aggiungere quello scientifico. Mentre se dapprima il concetto, e lo svolgersi, di analisi sulle densità di popolazioni poteva intendersi come uno studio ermetico, a se stante, e quindi, il più delle volte effettuato solo su di un numero ristretto di specie ritenute importanti a causa di differenti parametri di valutazione, come ad esempio il noto rischio di estinzione (ad esempio nel caso dei grandi cetacei), ora va ad integrarsi con l'analisi di tematiche più ampie come le valutazioni sulla qualità ambientale o lo studio delle modificazioni climatiche coinvolgendo conseguentemente specie ritenute, sino a poco tempo fa, poco importanti. Inoltre, di non trascurabile importanza è la notevole rilevanza che le stime di densità delle popolazioni hanno nella gestione della fauna dei parchi. In relazione alle dinamiche di popolazione si stabiliscono le eventuali quote di prelievo venatorio e/o gli abbattimenti selettivi, nonché gli eventuali trasferimenti di animali per rinsaguamenti di popolazioni in altre aree naturali.

Con la crescita dell'importanza delle stime di densità nell'ambito naturalistico, si è di pari passo avuta un'evoluzione nelle metodologie di censimento allo scopo d'ottimizzare la relazione tra la precisione dei dati ottenuti e le spese comportate per l'attività stessa. Con l'applicazione poi di procedure statistiche di analisi e trattazione dei dati acquisiti si sono potuti confrontare i risultati provenienti da diverse metodologie di censimento applicate in differenti condizioni naturali e svolte in tempi diversi, ampliando così lo spettro di conoscenze riguardanti l'evoluzione delle dinamiche ecologiche intra ed inter specifiche.

Le procedure di censimento si sono così andate evolvendo a partite da quelle di tipo completo (Overton 1971) in cui vi era un conteggio degli individui residenti in una determinata area al momento dell'analisi, attraverso quelle a campione (Overton 1971) in cui il conteggio veniva effettuato solo in una porzione dell'area soggetta a stima, fino all'impiego, appunto, di analisi statistiche/ matematiche mediante l'impiego di indici (Overton 1971) che consentivano anche i conteggi e l'analisi di eventuali rapporti relativi al numero totale di individui in una determinata popolazione nonché il confronto tra i dati di differenti analisi. A questa categoria appartengono numerosi indici di cui quelli di maggiore impiego sono gli indici puntiformi (I.P.A.), i chilometrici (I.C.A.) (Blandel 1969) e quelli temporali (I.T.A.) (Pepin 1983). Questi ultimi consentono di ricavare una stima della popolazione di un'area di studio in relazione al numero di animali contati in uno o più punti d'osservazione prefissati, o per unità di lunghezza, solitamente il chilometro, di uno o più percorsi standard, o per unità di tempo.

Poiché il censimento è sempre e comunque una stima della realtà esiste sempre un margine di errore in relazione all'accuratezza della metodologia in uso ed alle caratteristiche morfologico/ estensive dell'area in cui si vuole effettuare l'attività nonché alle caratteristiche ecologiche e distributive della/e popolazione/i coinvolta/e nell'analisi. Ad esempio, nel caso di un censimento svolto per aree campione queste dovranno coprire una percentuale sufficiente del territorio di studio poiché alla riduzione della percentuale di territorio analizzato corrisponde un notevole incremento dell'errore nella stima di densità inficiando così l'efficacia della procedura d'analisi (Overton 1971).

Nei metodi di censimento si ha una divisione generale che va separando i metodi definiti come relativi, ossia quelli in cui l'analisi di componenti come escrementi, impronte, resti alimentari o indici chilometrici forniscono un'indicazione dell'abbondanza non riferita a un'unità di superficie, da quelli definiti come assoluti (Distance...) nella quale l'informazione ottenuta consente la stima degli animali presenti in quella determinata zona. Quella che segue è una breve descrizione delle procedure di censimento più comuni (Meriggi 1993):

### **Censimento in battuta**

Si tratta del metodo più semplice per stabilire l'ammontare di una popolazione in una determinata area. Le prime forme standardizzate scientificamente risalgono agli anni '30 nel Regno Unito (Middleton '35) Il metodo ha subito numerose modifiche con il trascorrere del tempo per adattarsi alle diverse situazioni ambientali ed alle diverse specie oggetto di analisi. Il principio base resta comunque, a grandi linee, il medesimo: un numero variabile di battitori perlustra sistematicamente un area facendo fuggire gli

animali ivi presenti consentendone così l'individuazione e la conta. Il problema principale di questa tipologia di analisi sta nello stretto legame esistente tra le caratteristiche del territorio ed il volume di personale impiegato. Ad esempio è chiara la diretta proporzionalità vigente tra il numero di battitori da impiegarsi e le dimensioni dell'area da perlustrare. Finché l'area non presenta estensioni notevoli il numero di elementi impiegati si può considerare ragionevole ma, al crescere dell'estensione, cresce logicamente il numero del personale impiegato con ripercussioni evidenti sulle spese necessarie a compiere l'attività e sulla sua stessa efficacia a causa del maggiore sforzo coordinativo. Inoltre crescono anche notevolmente i tempi necessari per lo svolgersi dell'attività. Per di più è necessario che il personale impiegato presenti buoni requisiti a livello di esperienza e di conoscenza del territorio.

Per ovviare a queste problematiche una pratica molto impiegata e di buona efficacia consiste nell'effettuare il censimento solo in determinate aree definite come aree campione. In questo modo si riducono i tempi ed il personale impiegato (le aree campione sono logicamente di dimensioni inferiori a quella in cui sono ubicate) ma subentrano problematiche inerenti la scelta delle aree campione ed il loro numero. Queste devono infatti rappresentare le caratteristiche dell'area di studio poiché gli individui solitamente, salvo rari casi, si distribuiscono sul territorio in relazione alle caratteristiche dello stesso. Conviene quindi che le aree campione presentino morfologie variabili al fine di rappresentare al meglio le caratteristiche ecologiche dell'area di studio e dare quindi una stima adeguata della popolazione. La soluzione ideale è quindi svolgere l'analisi all'interno di piccole e numerose aree campione di forma regolare, meglio se rettangolari e non troppo estese, con variegata caratteristiche morfologiche.

### **Censimento su striscia**

Questo tipo di censimento è decisamente più funzionale rispetto al precedente poiché comporta l'impiego di un minor numero di battitori. Viene svolto su di una striscia di territorio di ampiezza variabile entro cui si hanno le eventuali individuazioni. Il numero di battitori è in relazione all'ampiezza della striscia ed alla complessità della vegetazione presente. I problemi di questa metodologia sono relativi alla precisione della stima della densità in relazione alla larghezza della striscia, al numero di battitori impiegati ed agli eventuali errori nel conteggio. Inoltre l'attinenza delle densità stabilite con quelle reali è in relazione alla distanza tra un battitore e l'altro poiché essa è direttamente proporzionale alla possibilità che alcuni animali non siano individuati, alla distanza di fuga dell'animale, direttamente proporzionale alla struttura della vegetazione, ed ancora alla larghezza della striscia. Un altro problema è dato dal fatto che se l'ambiente in cui si

va a svolgere l'attività si presenta molto variabile, proprio a causa della stretta relazione tra le velocità di fuga degli animali e le caratteristiche del territorio, il calcolo della/e densità si fa macchinoso. Prima di effettuare questo tipo di censimento si rende necessaria quindi un'attenta valutazione delle caratteristiche della vegetazione e del territorio, delle dimensioni della/e striscia/e stessa/e e degli eventuali punti di riferimento ubicati nella zona.

### **Censimento delle impronte**

Questo tipo di procedura va a dare una stima dell'ammontare di una popolazione animale in relazione al numero di impronte lasciate dagli individui durante il loro movimento. Esistono numerose metodologie di calcolo per arrivare a dare una stima finale, due di queste sono la tecnica Tyson (Overton 1971) e la Hayashi (1977), le quali differiscono per le assunzioni principali su cui si regge il processo di calcolo. Proprio queste assunzioni vanno ad influire negativamente sulla versatilità di entrambi i metodi e sull'attendibilità delle stime ottenute causa l'elevata improbabilità che tutti gli assunti su cui ciascuna delle metodologie si regge abbiano riscontro effettivo nella realtà.

### **Censimenti notturni**

Questo tipo di pratica trova un buon riscontro negli studi svolti sui mammiferi notturni come ad esempio quelli sulla lepre (Frylestam 1981, Barnes e Fapper 1985), sulla volpe (von Shantz e Liberg 1982) e sugli ungulati (Kalunski e Bresinski 1976). La procedura è molto semplice e consiste nello spostarsi lungo le aree di analisi illuminandone porzioni campione e contando il numero di individui ivi presenti. Questo tipo di pratica trova la sua migliore applicazione quando svolta in aree pianeggianti, facilmente percorribili con automezzi e con una vegetazione ridotta. Ovviamente si da per inteso che la fascia oraria in cui si va a svolgere l'analisi di campo corrisponda a quella in cui gli animali sono attivi, e che la loro distribuzione sia abbastanza regolare. Il metodo dei censimenti notturni, rispetto a quelli diurni, è molto più legato alle condizioni meteorologiche durante il quale si va ad effettuare l'analisi in campo. In caso di foschia, ad esempio, le apparecchiature luminose non riusciranno ad illuminare al meglio le aree di analisi con una conseguente riduzione del numero di contatti ed un'ovvia sottostima della popolazione.



## **Mappaggio dei territori**

Questo tipo di metodo, proposto da Blondel (1969), trova un buon riscontro anche in situazioni di ridotte densità e viene solitamente applicato su specie territoriali. Consiste nel conteggio dei territori definiti soprattutto in base alle manifestazioni canore territoriali dei maschi degli uccelli. La procedura prevede la tracciatura di un reticolo, la cui complessità è a discrezione dell'utente, di percorsi che vanno a coprire l'area di studio. Per ogni percorso avranno degli avvistamenti. Al termine dell'analisi i percorsi saranno aggregati dando una mappatura totale della distribuzione degli individui.

In questo tipo di analisi, oltre ai semplici punti di avvistamento possono essere impiegati anche i punti di ascolto in cui si vanno ad indicare come individuazione anche gli eventuali vocalizzi.

La precisione dei dati acquisiti è, soprattutto nell'ultimo caso, in relazione diretta all'esperienza del personale impiegato. In questo tipo di pratica è di notevole utilità l'impiego di autovetture che consentono di coprire grandi distanze potendo raggiungere più punti d'osservazione/ ascolto comprimendo di conseguenza i tempi necessari allo svolgimento dell'analisi.

## **Censimenti con richiami registrati**

I primi tentativi di applicare registrazioni audio in sinergia con i censimenti si sono avuti con Bohl (1956). L'impiego di richiami artificiali allo scopo di richiamare o comunque attirare l'attenzione di individui non è comunque cosa nuova e, soprattutto nella caccia, ha trovato un vasto impiego. Ovviamente l'ausilio di questa pratica censitiva è indirizzato verso quelle specie con propensione a manifestazioni canore.

Sono stati impiegati diversi tipi di richiami come ad esempio quelli tra maschi territoriali con risultati variabili da specie a specie.

Una delle condizioni fondamentali affinché si abbiano dei buoni risultati con questa pratica è la buona qualità della registrazione impiegata, inoltre, come rilevato da Kimmel, gli animali tendono ad assuefarsi con il tempo alla registrazione riprodotta, si rende quindi necessario impiegare un ampio ventaglio di registrazioni così da ottenere sempre la massima risposta possibile dall'animale. È anche molto importante stabilire a che distanza il richiamo può essere udito, ed in quali condizioni, così da poter posizionare un'efficace rete di punti d'individuazione e riproduzione possibilmente posti in zone facilmente raggiungibili. Come nei casi precedenti si può anche non analizzare la totalità dell'area di studio ma svolgere l'attività solo in alcune aree campione, con raggio

corrispondente alla distanza utile di ricezione del richiamo, valutandone la densità relativa e ricavando, successivamente, la densità assoluta nell'area in cui sono ubicate. L'efficacia di questo metodo è buona anche in aree ristrette purché presentino una buona copertura e continuità (Fuller Simpson '88).

L'utilizzo dei richiami consente di ricavare, oltre alla caratteristica densità di un'area, anche ulteriori informazioni inerenti, ad esempio, il tasso di mortalità dei giovani nei primi anni di vita o la struttura e la definizione delle aree territoriali. Inoltre questo tipo di censimento consente anche di ottenere informazioni su specie particolarmente elusive che, con gli altri tipi di censimento, sarebbero di difficile individuazione.

Uno dei più interessanti esempi dell'applicazione del censimento con richiami registrati è la tecnica del "Wolf Howling" applicata sul lupo i cui primi tentativi risalgono ai primi anni '50 (D.H.Pimlott), e che successivamente è stata standardizzata (Harrington '82).

### **Indice di Lincoln o metodo cattura – marca – ricattura**

Si tratta di un tipo di censimento che va ad effettuare una stima della densità di una popolazione mediante l'analisi degli individui catturati.

Il principio è abbastanza semplice: si effettua una prima cattura in cui gli individui prelevati vengono marcati e successivamente rimessi in libertà. Dopo un tempo variabile durante la quale questi individui marcati dovrebbero potersi disperdere omogeneamente nella popolazione in cui si trovavano prima di esser catturati, si effettua una seconda cattura. In relazione a quanti animali vengono catturati una seconda volta, quindi si presentano già marcati, sul numero totale di animali presi nella seconda cattura si può stimare la dimensione della popolazione analizzata.

Le fasi di cattura e marcatura sono critiche poiché da esse dipende molto dell'efficacia di questo metodo. Difatti è molto importante che entrambe le fasi siano il meno invasive possibile consentendo così agli animali, una volta liberati, di potersi reinserire senza problemi nella popolazione d'origine. Se difatti gli individui marcati venissero ad esser esclusi o comunque a poter interagire meno con la popolazione d'origine a causa, ad esempio, di danni fisici dovuti alla cattura o alla marcatura, l'indagine verrebbe ad esser falsata proprio a causa del loro mancato inserimento nella comunità iniziale.

È importante anche che non intercorra un lasso di tempo troppo ampio tra le due catture poiché è fondamentale limitare al minimo la perdita di individui marcati per cause come decessi o emigrazioni. In questo caso difatti, alla seconda cattura verrebbero ad esser prelevati un numero certamente inferiore di animali marcati di quello naturale con una conseguente sovrastima della numerosità della popolazione.

Un altro utile accorgimento per consentire una maggiore attinenza dei dati sperimentali a quelli reali consiste nel prediligere la distribuzione di numerosi punti di cattura a bassa resa in tutta l'area di analisi al posto di pochi, ma molto redditizi, punti di cattura. Ciò in evidente analogia con la scelta ed il numero delle aree campione nel caso dei censimenti per battuta.

## **Il metodo dei transetti lineari**

Il metodo dei transetti lineari chiamato anche Distance Sampling (Burnham et al. 1993) è una procedura di censimento che potrebbe intendersi come un'ulteriore passo del percorso evolutivo delle tecniche di censimento in campo. Questo tragitto modificativo, già manifestatosi nel passaggio dal censimento in battuta a quello su striscia, fa un ulteriore balzo avanti con il censimento su transetti lineari. Nel Distance Sampling si ha difatti una notevole riduzione dell'estensione delle aree di studio effettive con conseguente riduzione del volume di personale da impiegarsi conservando tuttavia l'affidabilità delle stime ottenute. Il transetto, ossia il percorso lungo il quale si effettua l'attività censitiva, viene ad assottigliarsi progressivamente con il passaggio dal metodo di battuta a quello per striscia, e ciò accade ulteriormente nel Distance in cui, difatti, non si può neppure più parlare di area campione ma di semplice linea.

Proprio a questo di deve la riduzione del personale necessario a portare a termine l'attività e quindi il notevole risparmio di denaro e tempo, un intero gruppo di transetti può esser portato a termine in giornata se ognuno degli operatori si muove sul proprio transetto. Per di più, proprio a causa dell'attività individuale necessaria per effettuare questo tipo di censimento, anche gli sforzi coordinativi sono ridotti al minimo. Per di più i transetti hanno anche il grande vantaggio di poter esser collocati pressoché ovunque e ciò incrementa ulteriormente la versatilità di questo metodo.

Rispetto ad alcuni dei metodi precedenti, proprio a causa di alcune delle caratteristiche sovraccitate, l'attività può esser ottimamente svolta anche da personale non qualificato e con una rudimentale conoscenza del territorio, questo perché, ed è un ulteriore punto a favore del Distance, l'attività sul campo, come descritto in seguito, è relativamente semplice da realizzarsi.

La teoria su cui si basa il censimento su transetto lineare è abbastanza complessa e si compone di molti concetti statistici relativi soprattutto alle procedure di estrapolazione dei dati svolte dal software DISTANCE attraverso cui si ottengono le stime di densità.

Anche alla base di questi concetti matematici ci sono comunque i tre assunti fondamentali su cui si regge tutta la struttura di questa metodologia.

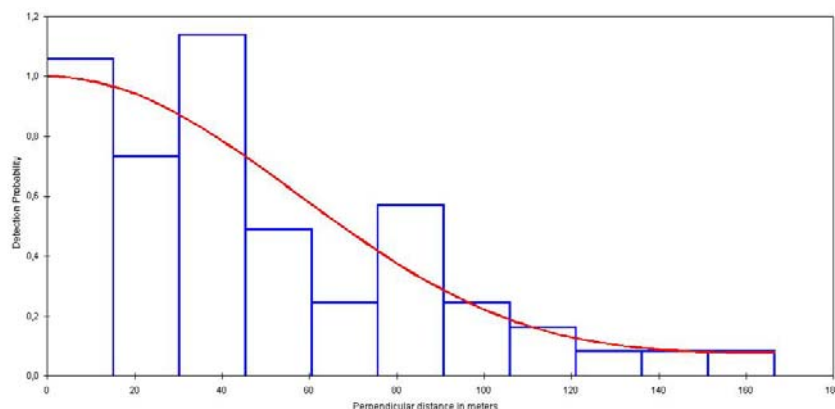
### I tre assunti fondamentali

Il primo di questi tre postulati stabilisce che ogni oggetto (animale) presente a distanza zero dal transetto sia individuato ossia che

$$g(0) = 1$$

Si da per assunto quindi che, nel caso in cui vi siano animali molto vicini al tracciato del transetto, la probabilità ch'essi vengano individuati dall'operatore sia pressoché uno. Questo è alla base di tutto il principio del censimento su transetto. Se difatti già a distanza zero dal transetto alcuni oggetti non vengono individuati, le cose potranno solo peggiorare con l'incremento, logico, delle distanze di questi. I dati ottenuti non potranno conseguentemente dare altro che stime di densità totalmente inaffidabili.

La pratica sul campo, di cui si parlerà nei capitoli successivi, segue una prassi che come ultimo e principale fine ha proprio quello di discostarsi il meno possibile da questo assunto fondamentale. L'importanza di questo postulato è anche da ricercarsi nello stretto vincolo esistente tra la forma della funzione probabilistica di individuazione ( $g(y)$ ), ossia la funzione matematica descrivente la probabilità che un oggetto a distanza  $y$  dal transetto sia rilevato, e la qualità dei dati ricavati sul campo. La metodologia del Distance, infatti, prevede l'analisi dei dati ricavati in campo mediante l'impiego di un software omonimo che, operando su di essi mediante diverse applicazioni statistiche, va a ricavare le stime di densità in relazione alla funzione  $g(y)$  che, proprio per il primo postulato del Distance, deve presentarsi all'incirca come in fig.1



(Fig.1) La linea rossa corrisponde al tracciato della funzione di individuazione. La figura descrive come varia la probabilità d'osservare un individuo in relazione all'incremento della distanza alla quale si trova dall'osservatore. Per il primo principio del Distance è necessario che a distanza zero la probabilità corrisponda ad uno. I rettangoli blu invece corrispondono ai gruppi di individui osservati raggruppati per intervalli di distanze.

Il secondo punto fondamentale della teoria su cui s'articola il censimento su transetto lineare è che le distanze alla quale vengono individuati i soggetti, distanze che saranno uno dei dati su cui poi andrà a intervenire il software per ricavare la stima di densità, siano quelle a cui si trovavano in origine gli individui e non siano invece perturbate da movimenti in risposta all'osservatore stesso. Se gli animali vengono individuati senza, o quantomeno prima, di provocarne la fuga i dati ricavati sul campo saranno adeguati all'analisi proprio perché rispecchianti l'effettiva disposizione naturale che gli animali, in quel preciso istante, avevano sul territorio. Se, al contrario, le distanze rilevate fossero successive al movimento degli animali, si considera come movimento solo quello che gli animali potrebbero intraprendere dopo aver scorto l'operatore, quindi o allontanamento o avvicinamento, e non, invece, eventuali movimenti indipendenti dal medesimo, le stime ricavate presenterebbero un'utilità discutibile proprio a causa della loro non naturalezza. Un'ulteriore problematica relativa al movimento degli animali è l'eventualità di conteggi multipli del medesimo individuo. Nel caso in cui ciò si verifici si avrà una correlata sovrastima del numero di individui che, per di più, se il movimento dell'animale sarà in direzione del transetto, procurerà un'ulteriore incremento dell'errore visto che nel Distance, ed in parte proprio a causa dell'assunto precedente, i soggetti osservati a distanze ridotte dal transetto hanno un peso molto maggiore di quelli distanti nella stima delle densità. Anche in questo caso, come per l'assunto precedente, le procedure sul campo dovrebbero portare al massimo contenimento possibile dell'errore e quindi al rispetto anche di questo postulato.

Il terzo ed ultimo assunto stabilisce che i dati rilevati siano il più possibilmente esatti.

Può sembrare un'ovvietà ma l'importanza di rilevamenti precisi è, anche se in fin dei conti scontata, essenziale alla buona riuscita dell'analisi. Di notevole importanza è la precisione dei rilevamenti sugli animali scorti nei pressi del tracciato del transetto siano precise.

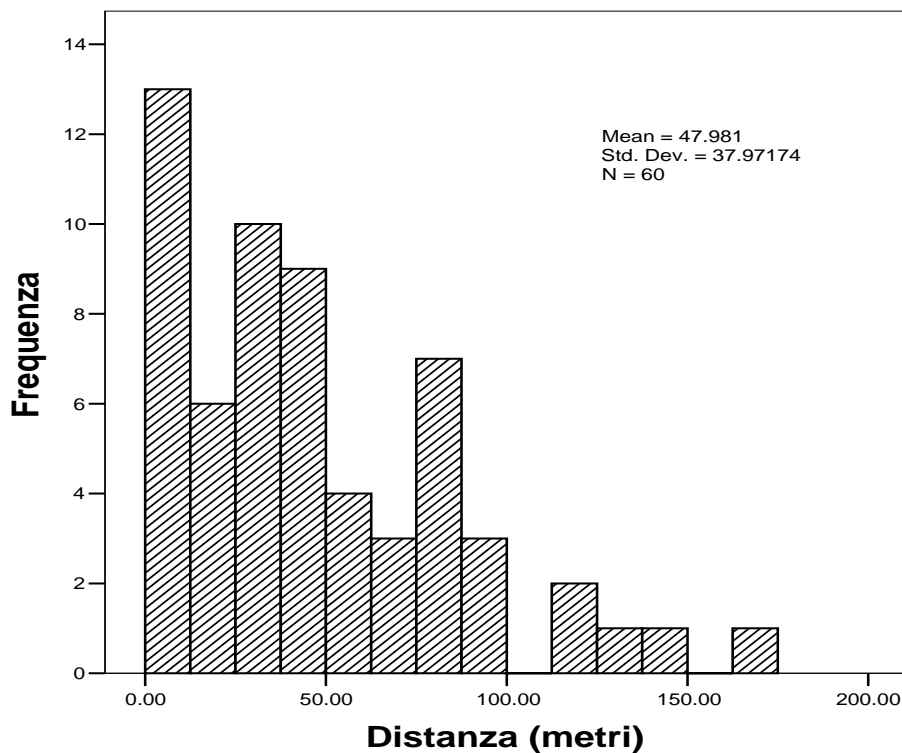
Se gli errori nelle misurazioni sono casuali, non troppo ampi, oltre che poco frequenti, ed il campione è molto vasto, le stime derivanti delle densità saranno ancora abbastanza affidabili.

Proprio in questo postulato trovano sede tre classi di imprecisioni in cui si può incorrere durante l'attività:

- gli eventuali arrotondamenti approntati in campo allo scopo di registrare dati più semplici.
- Gli errori sistematici causati da un'errata taratura della strumentazione.

- La presenza nell'archivio dati finale di rilevazioni estreme, questo riguarda soprattutto le distanze, che al fine dell'analisi ultima si collocano in una posizione di totale inutilità.

Nel caso in cui una o più di queste categorie di errore si manifesti durante l'attività di campo, si avranno ripercussioni sull'effettiva realistica della densità stimata invalidando parzialmente, o addirittura, totalmente lo studio effettuato. Resta comunque che svolgendo l'attività con una buona dose di attenzione l'influenza di questi tre tipi di imprecisioni possa livellarsi quasi a zero. In più, questo vale principalmente per l'ultimo dei tre casi, si può intervenire con metodi correttivi anche in fase di analisi dei dati. Una pratica molto consigliata, infatti, è quella di suddividere, prima di svolgere l'analisi, i dati in gruppi in relazione alla loro distanza progressiva dal transetto. In questo modo, oltre ad avere un'idea di come si siano distribuite le osservazioni nello spazio, si può effettuare una scrematura dei dati eliminando quelli meno informativi per il software rendendo così più snello l'archivio dati da elaborare. Si tendono a non considerare nell'analisi i dati inerenti individuazioni rilevate a distanze molto grandi e recanti, perciò, un'informazione trascurabile. Proprio per questo, e per andare a concentrare ulteriormente le proprie attenzioni solo sui rilevamenti di effettiva importanza, è buona prassi escludere dall'analisi tra il 5 ed il 10% delle osservazioni più estreme.



(Fig 2) In figura un esempio di quanto detto sopra. La totalità delle individuazioni sui dieci transetti è stata frazionata in relazione alla loro distanza dal transetto (in ascissa) e posta in relazione alla frequenza con la tale queste individuazioni si manifestavano.

In conclusione il metodo del censimento su transetto lineare si offre come un'applicazione economica, veloce ed abbastanza versatile per ricavare stime di densità sulle popolazioni da esaminarsi.

Tuttavia, proprio a causa del processo di elaborazione statistica su cui si articola la procedura per ricavare le stime, esiste una diretta proporzionalità tra il numero di individui osservati e l'affidabilità del metodo. Nel caso in cui la popolazione studiata sia sufficientemente numerosa, si parla di almeno 60 individui, le stime ottenute possono considerarsi abbastanza realistiche ma, in caso contrario, la stima del numero di individui sarà accorpata ad una forte d'incertezza sperimentale.

### Accenni alla teoria statistica

Il metodo del censimento su transetto lineare va, con l'ausilio di un'elaborazione statistica, a stabilire delle stime di densità inerenti una determinata popolazione.

Nel transetto lineare solo una parte di oggetti sarà individuata sul campo, la parte restante corrisponde alla probabilità di avvistamento (P.a.). Concettualmente la densità degli oggetti varia spazialmente e linee e punti sono collocati casualmente, o sistematicamente, nell'area di studio per consentire una stima della densità.

Assumendo che la popolazione non sia frammentata e che i dati siano fuori dalla distanza  $w$  dal transetto, o che siano selezionati quelli a distanza  $w$ , che la densità vera degli oggetti sia  $D$  allora:

$$D = \frac{E(n)}{a \text{ P.a.}}$$

Dove:

- $E(n)$  è il numero atteso di oggetti interni a  $w$
- P.a. è la probabilità d'individuazione

Se gli oggetti sono frammentati

$$D = \frac{E(n) \ E(s)}{a \text{ P.a.}}$$

Dove  $E(s)$  è la taglia attesa dei frammenti

Se  $a = 2 L w$  ed  $L =$  lunghezza totale del transetto, allora l'area osservata all'interno di  $W$  del transetto sarà  $C a$

Di solito  $C = 1$  ma se l'analisi è svolta rivolgendosi solo da un lato del transetto allora  $C = 0.5$ .

Il primo assunto del Distance sostiene che  $g(0) = 1$  ma, se si sta lavorando su una popolazione con pochi individui, è molto improbabile che ciò si verifichi. In questi casi allora:

$$D = \frac{E(n) E(s)}{a \text{ P.a. } C g(0)}$$

Il prodotto a P.a. è un valore finito. Per stimarlo una formula d'esser specificata esplicitamente o implicitamente per  $g(y)$ .

La forma più semplice è quella in cui il margine di esclusione dati è selezionato affinché sia ragionevole assumere che  $g(y) = 1$  per  $y$  compreso tra 0 e  $X$ .

Più generalmente sembra desiderabile che la  $f(x)$  d'individuazione sia piatta a distanza 0, dove dovrebbe aver il suo massimo.

Nel transetto lineare la relazione tra  $g(y)$  e  $f(x)$  è abbastanza semplice poiché, essendo l'area di una striscia di ampiezza incrementale  $dx$  a distanza  $x$  dalla linea indipendente, sembra ragionevole che la funzione di densità debba avere identica forma con quella d'individuazione, ma posta in scala.

$$\begin{aligned}
 F(x)dx &= \Pr(\text{oggetto in } (x, x + dx) \mid \text{oggetto individuato}) \\
 &= \frac{\Pr(\text{oggetto in } (x, x + dx) \mid \text{oggetto individuato})}{\Pr(\text{oggetto individuato})} \\
 &= \frac{g(x) \frac{dx L}{w L}}{\text{P.a.}} \longrightarrow f(x) = \frac{g(x)}{w \text{ P.a.}} \mu
 \end{aligned}$$

$\mu$  corrisponde all'ampiezza effettiva della striscia. Se tutti gli oggetti sono individuati fuori da una distanza  $\mu$  sull'altro lato del transetto, e nessuno oltre, allora il numero atteso di oggetti individuati dovrebbe essere uguale a quello dell'osservazione attuale.



## Il soggetto di studio: la marmotta alpina (*Marmota marmota*)



**(Fig. 3) Una giovane marmotta in allerta mentre è intenta nel prelevare del materiale per la tana. Foto di Radames Bionada**

Il genere *Marmota*, facente parte della famiglia degli Sciuridi, a loro volta inclusi nell'ordine dei roditori compresi nell'ampia classe dei mammiferi, ha avuto ampia distribuzione tra l'eurasia ed il nord america. Il processo di speciazione ha avuto ampia efficacia, probabilmente anche a causa della nicchia ecologica occupata da questo mammifero, portando allo sviluppo di ben quattordici specie che si distribuiscono dalla penisola della Kamchatchka sino al Canada, disponendosi, a grandi linee, in tutte le catene montuose incontrate (*Marmota marmota*, *Marmota himalayana*...per citarne alcune) in ambiente continentale. Tutte le specie del genere *Marmota*, infatti, si presentano distribuite in zone di clima abbastanza rigido ed a quote comprese tra i 1500 ed i 3000 metri. L'ambiente di montagna risulta quindi essere quello più idoneo alle loro esigenze. Nel caso specifico il soggetto di studio è stata la marmotta alpina (*Marmota marmota*).

Si tratta di un animale abbastanza tozzo e del peso di circa 5 Kg, varia in relazione alla stagione e raggiunge il massimo appena in precedenza del periodo letargico, distribuiti su di una lunghezza di circa 70 cm, con una coda della lunghezza di circa 20 cm. Il dimorfismo sessuale è minimo ed il sesso dell'animale si può riconoscere solo dalla visione del ventre dove nella femmina sono presenti i capezzoli con la quale i piccoli vengono allattati.

Presenta una fitta pelliccia la cui colorazione varia in relazione all'età, solitamente i giovani presentano una colorazione grigiastra mentre gli adulti tendono ad assumere tinte più simili al marrone, la cui funzione, oltre di rendere l'animale poco visibile sul territorio, è di isolarlo termicamente dalle basse temperature in cui, solitamente, questi animali vengono a trovarsi.

È dotata di zampe molto robuste e tozze con una muscolatura molto robusta ed artigli che l'animale impiega per la ricerca del cibo, si nutrono di vegetali, ma soprattutto per lo scavo delle tane.

Questi animali infatti vivono in tane scavate abbastanza in profondità nel terreno nelle quali, durante il periodo invernale, si rinchiodano cadendo in letargo. La struttura delle tane è molto complessa e si presenta spesso come una tortuosa serie di cunicoli i quali portano, molto spesso, a differenti uscite sul territorio. In questo modo gli animali, che presentano un elevatissimo livello di socialità, possono, in caso di necessità, rifugiarsi all'interno della tana.

L'area prediletta da questi animali è la zona di landa o prateria alpina dove la copertura vegetale è limitata alle graminacee. Tendono a colonizzare i versanti esposti a sud o comunque interessati da un buon livello di insolazione e prediligono le zone di declivio, forse a causa della minor compattezza del terreno che facilita quindi lo scavo della tana o, molto più probabilmente, alla posizione rialzata rispetto al terreno che consente loro di poter controllare con più efficacia il territorio. La ricerca di una posizione rialzata è molto evidente anche nella struttura esterna della tana. Gli animali infatti scavano delle tane simili a semplici cavità del diametro di circa 30 cm alle quali accompagnano, forse involontariamente a causa della meccanica di scavo, l'edificazione di un piccolo monticello di terra su cui, è capitato molto di frequente durante lo svolgimento dell'attività, si pongono ritte sulle zampe inferiori in modo tale, proprio come si sottolineava in precedenza, da poter posizionare in posizione rialzata rispetto all'area circostante (come in figura 3 e 4).



**(Fig. 4) Atteggiamento di allerta di una marmotta. L'animale stava trasportando materiale di rivestimento nella tana. Foto di Radames Bionda**

Sono animali molto guardinghi e svolgono un'attenta attività di sorveglianza alternatasi tra i vari individui presenti nella zona. Sono in possesso di un semplice codice d'allarme con il quale, nel caso si manifesti un potenziale pericolo nella zona, avvertano tutti i conspecifici presenti nell'area i quali, a loro volta, ripetono il segnale. Così, in breve tempo, un'area molto grande in cui possono esser presenti diversi nuclei famigliari, solitamente di una decina di individui, viene ad esser in stato di allarme, riducendo così drasticamente le probabilità per l'eventuale predatore (solitamente volpi o aquile) di catturare qualche animale. Per facilitare la fuga degli animali da un predatore ed evitare, nel contempo, che la tana presenti un troppo elevato numero di ingressi, cosa che potrebbe renderla facilmente insidiabile, le marmotte scavano anche delle semplici cavità isolate nella quale, nel caso in cui siano troppo lontane da uno degli ingressi della tana, possono comunque trovare rifugio.

Il segnale di allarme prima citato consiste in un semplice "fischio" che risulta esser udibile anche a distanze abbastanza grandi, in determinate condizioni anche un chilometro, prodotto dall'animale facendo fluire un flusso d'aria attraverso il solco separante i due estesi incisivi superiori. Questo è un meccanismo davvero molto efficace e presenta una raffinatezza: il segnale non è unico. Esistono, e ciò è molto evidente sul campo, due tipi di segnale: un fischio continuo ed uno modulato in più fischi consecutivi. Riguardo il significato di questi due segnali differenti i pareri sono discordi. Alcuni ritengono che la differenza di segnale corrisponda alla diversa provenienza del potenziale

pericolo. In questo caso il fischio modulato sarebbe impiegato dagli animali quando scorgono un pericolo proveniente dal cielo come ad esempio un aquila reale, mentre il fischio continuo starebbe ad indicare un pericolo situato a livello del terreno. Se questa ipotesi fosse vera il vantaggio dell'impiego di questo tipo d'impiego del segnale sarebbe davvero notevole per gli animali i quali, allarmati, potrebbero già avere, a grandi linee, un'idea del settore di ambiente da cui potrebbe provenire il pericolo.

La seconda ipotesi è quella che associa invece il tipo di allarme al livello di pericolo. Un fischio discontinuo starebbe ad indicare un pericolo imminente, quindi sarebbe un allarme di maggior impatto sulla psiche dell'animale, mentre un fischio continuo indicherebbe un pericolo di minore entità. Dall'attività sul campo ritengo che quest'ultima ipotesi sia la più attendibile.

Resta comunque che, qualsiasi sia la vera interpretazione da parte dell'animale del segnale, si evince la notevole intelligenza sociale delle marmotte.

## **Inquadramento dell'area di studio**

L'area nella quale si è andati ad operare é parte del parco Veglia – Devero, ente fondato nel 1995 dall'unificazione del parco naturale Veglia (fondato nel 1978) e quello di alpe Devero (creato nel 1990). Le due aree, che si trovano in stretta contiguità, sono posto a cavallo tra la val d'Ossola, nelle Alpi Lepontine occidentali, al confine tra Italia e confederazione Elvetica, vanno a tutelare una superficie di circa 100 Kmq.

Il territorio è tipicamente alpino, con un altitudine tra i 1500 ed i 3553 metri del monte Leone, in Veglia, ed è compreso tra i comuni di Baceno, Crodo, Varzo e Trasquera.

La struttura ambientale è molto variegata e si presenta costituita prevalentemente da:

- 20% boschi
- 45% pascoli e praterie alpine
- 35% rocce, ghiacciai...

La ricchezza di biodiversità del Parco è notevole: nel parco risiedono circa 135 specie di uccelli, 29 specie di mammiferi, 3 specie di anfibi, 5 di pesci; oltre 600 specie vegetali.

Per queste motivazioni l'Unione Europea ha riconosciuto queste due zone come siti di interesse comunitario (SIC) coincidenti con le conche di Alpe Veglie e Devero, inseriti nell'elenco delle zone a protezione speciale (ZPS) della “rete natura 2000”.

Compiti principali del parco naturale sono la conservazione della biodiversità, la tutela e gestione del territorio e la promozione di uno sviluppo sostenibile per le comunità locali. Questa avviene, a partire dal 1994, in rete con le altre 280 aree protette delle Alpi in Italia, Francia, Svizzera, Liechtestein, Austria e Slovenia. Il parco Veglia – Devero collabora attivamente alle commissioni di lavoro riguardanti la comunicazione, il turismo, la ricerca scientifica con lo scambio di dati relativi al monitoraggio della flora, della fauna e in particolare delle specie reintrodotte e dei grandi predatori.

In particolare, i compiti che la legge istitutiva affida al Parco sono i seguenti:

- tutela e conservazione delle caratteristiche naturali, ambientali, paesaggistiche e storiche del territorio del parco, anche in funzione dell'uso sociale di tali valori;
- promozione ed organizzazione del territorio per la fruizione a fini didattici, culturali, scientifici e ricreativi;
- promozione di studi e ricerche di carattere mineralogico;
- tutela e valorizzazione delle specie faunistiche e floristiche presenti sul territorio
- promozione e valorizzazione delle attività agro-silvo-pastorali qualificando la dotazione agricola e garantendo la continuità del pascolo montano

- programmazione di interventi di utilizzo del territorio in ragione dell'esigenze economiche e di sviluppo dello stesso, compatibilmente con le caratteristiche ambientali dei luoghi

Se la porzione più montuosa del territorio di Devero è tutelata dal parco naturale, l'area degli alpeggi di Devero e Crampiolo e la val Bondolero sono gestite dall'area di salvaguardia del territorio dei comuni di Baceno e Crodo.

L'area, compresa in una fascia altitudinale tra i 1380 ed i 2906 metri, ha la funzione di raccordare paesaggisticamente e funzionalmente il territorio del parco naturale con il territorio non soggetto a tutela.

Gli strumenti normativi per realizzare queste finalità sono il piano d'area ed il piano paesistico (approvati il 24 Febbraio 2000). L'area del parco è interessata da un notevole flusso turistico, difatti nei tre mesi di stagione estiva il parco è visitato da circa 20000 visitatori. Solo una rigorosa gestione della viabilità interna permette la compatibilità ambientale: il transito all'interno della conca è limitato ai soli mezzi di manutenzione ed a scopo agricolo, nonché ai gestori delle attività turistiche presenti nella zona.

### **Geologia dell'area**

La struttura geologica dell'area è molto interessante.

L'area di Devero è costituita da tre grandi ricoprimenti:

- di Antigorio
- del Lebendum
- del Leone

queste falde piegate verso il massiccio del Gottardo, sono formate da rocce metamorfiche molto antiche (pre Triassiche). Costituivano il basamento di un oceano molto profondo esistente, oltre 230 m.a., dove oggi è presente l'arco alpino. Con il prosciugamento del mare di Tetide e l'inizio del processo orogenetico alpino (50 – 60 m.a) queste rocce sono state sollevate ed accavallate le une sulle altre per poi, dopo milioni di anni, esser trasformate con processi metamorfici.

Le rocce metamorfiche (ortogneiss e paragneiss) risultano dalla trasformazione di altre rocce per effetto di pressione e calore: gli ortogneiss derivano da rocce magmatiche, mentre i paragneiss da rocce sedimentarie.

Presenti in zona sono anche i micascisti di origine argillosa, ed i calcescisti dalle marne.

Tra le tre falde s'interpongono strati di rocce sedimentarie più giovani di calcescisti e calcari.

L'insieme delle falde simploticinesi, di cui il parco viene a far parte, presenta delle discontinuità dovute a brusche fratture determinatesi con il processo orogenetico. Le più importanti sono la linea Insubrica e la linea cento valli – Sempione.

Le rocce più diffuse in Devero sono gli Gneiss chiari di ricoprimento del monte Leone che formano la cima delle vette principali. All'interno di questo complesso, tra il Cervandone e la val Deserta, si trova il complesso ultrafemico di Geisspfad che si manifesta nelle punte Marani, della Rossa e Crampio. È una massa di rocce serpentinosi con un volume di quattro o cinque Km<sup>3</sup>, molto compatto al centro e più frastagliato ai bordi, caratterizzate da una evidente colorazione rossastra dovuta all'ossidazione superficiale di elementi ferrosi.

La conca dell'alpe Devero e delle valli circostanti sono state pesantemente modellate dall'ultima glaciazione che interessò l'arco alpino (Wurmiana tra i 75 ed i 10000 anni fa). L'erosione glaciale scavò una profonda depressione che con il passaggio alla fase post glaciale venne colmata dalle acque che diedero vita ad un lago. I materiali alluvionali, sabbie e limi, trasportati nel tempo dai corsi d'acqua produssero un graduale interrimento del lago trasformandolo in palude e quindi, anche grazie alle opere di drenaggio degli ultimi secoli, nella pianura erbosa attuale.

In Devero è tangibile l'azione svolta dai ghiacciai nel passato, ciò si evince dalla notevole distribuzione e presenza di tutte quelle strutture geo morfologiche legate all'azione glaciale come cordoni morenici, massi erratici e rocce montonate. Tutta l'ampia conca di Devero è un unico circo glaciale sospeso sulla valle sottostante a cui è collegata da un gradone in roccia percorso dalla cascata dell'inferno. Anche le valli laterali, Deserta, Buscagna, Sangiatto, per citarne alcune, sono sospese sulla conca principale e presentano gradoni in roccia come la bastionata della Rossa e quella tra la val Buscagna e la piana di Devero. Esistono solo due piccoli ghiacciai residui, quello dell'Arbola e quello della Rossa, di una vasta massa glaciale che ricopriva tutta la conca di Devero con uno spessore di oltre 500 metri. Molto evidente di questo passato è la struttura della val Buscagna la quale si presenta con una sequenza di 13 – 14 archi morenici semi ellittici che vanno susseguendosi a scaglioni dai più antichi ed inferiori (alpe Devero) sino agli archi superiori più recenti (scatta d'Orogn).

### **Flora e vegetazione**

L'associazione forestale maggiormente diffusa è quella dei lariceti (*Larix decidua*) sub – alpini con sottobosco a mirtillo (*Vaccinium myrtillus*) e rododendro (*Rhododendron ferrugineum*) (rodoreto – vaccinieto, climax degli spazi aperti sui 2000 metri).

Sui pendii tra i larici è presente anche l'*Aquilega alpina*, uno dei fiori endemici alpini più rari.

Il lariceto, che arriva sino ai 2000 metri circa, costituisce il limite superiore della foresta di montagna.

Alle quote inferiori il bosco presenta associazioni con Abete rosso, abete bianco e latifoglie quali il sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia*), il sorbo alpino (*Sorbus chamaerospilus*), il sorbo montano (*Sorbus aria*) ed altri.

In alpe Devero sono presenti numerosi ambienti diversi i quali consentono di individuare diverse associazioni vegetali dai pascoli pingui fino alle piante pioniere che crescono tra le rocce dell'alta montagna.

Un particolare ambiente molto prezioso e tutelato è la torbiera, un ambiente umido presente in Devero sui piani alti, attorno ai laghetti alpini che s'incontrano tra Sangiatto e l'alpe forno, in Buscagna ed attorno al lago delle Streghe. Nella torbiera sono presenti peculiari specie vegetali come *Sphagnum rubellum*, *Drosera rotundifolia*, *Primula farinosa*, *Viola palustris*, *Caltha palustris* e gli Eriofori (*Eriophorum angustifolium*, *Eriophorum scheuchzeri*).

Molto diffuse sono le praterie di Carice ricurva.

Presenti anche numerosi macereti costituiti dalle rocce precipitate dalle montagne ospitanti fiori di notevole interesse come: *Rhizocarpon geographicum*, *Silene acaulis*, *Sempervivum*, Crisantemo alpino, *Miosotys azzuro*, Ranuncolo glaciale e l'Astro alpino.

Un'altro ambiente molto presente è la tundra alpina presente ai piedi delle pareti rocciose sul terreno umido delle vallette nivali, dove si trovano: Muschio artico alpino (*Polytrichum sexangulare*) ed il salice erbaceo (*Salix herbacea*).

Nelle lande di alta montagna sono presenti l'Azalea alpina, *Dryas octopetala*, l'Uva ursina.

Nei canali battuti dalle valanghe, dove la neve permane a lungo e vi è quindi un'elevata umidità, cresce l'Ontano verde (*Alnus viridis*).

I pascoli d'alta montagna, risultanti dell'intervento antropico, ospitano un ambiente tipico: il Nardeto (*Nardus stricta*), *Poa alpina*, *Phleum alpinum*, *Carex sempervirens*, *Gentiana acaulis* ed altre, tra cui diversi tipi di orchidee come: *Orchis sambucina*, *Orchis maculata*, *Nigritella nigra*.

## **Fauna**

Nella zona sono presenti quattro specie di Ungulati: camoscio *Rupicapra rupicapra* (300 individui circa), stambecco (*Capra Ibex*) (80 individui circa), capriolo (*Capreolus*



*capreolus*) e cervo (*Cervus elaphus*). Mentre il camoscio è presente da secoli, lo stambecco è stato reintrodotta negli anni '70 con individui provenienti dal Vallese.

Tra i mammiferi roditori la più diffusa è la Marmotta alpina (*Marmota marmota*).

Altri mammiferi presenti sono: lepre bianca, la volpe, l'ermellino, tasso e scoiattolo.

Esistono poi toporagni ed arvicole.

Tra le numerosissime specie di uccelli presenti nell'area di Devero citiamo il gallo forcello (*Tetrao tetrix*), la pernice bianca (*Lagopus mutus*) e l'aquila reale (*Aquila chrysaetus*).

Nelle zone umide e nei pressi dei laghetti sono presenti la rana temporaria ed il tritone alpestre (*Triturus alpestris*).

La lince (*Lynx Lynx*) fu presente sino al '38 dopodiché venne dichiarata scoparsa, dalla fine degli anni '90) ne è stata accertata la presenza sporadica in Devero, proveniente probabilmente dalla vicina valle di Binn.

Anticamente anche il lupo (*Canis lupus*) era presente nella zona, viene considerato estinto dalla fine dell'800 anche se alcune tracce certe provenienti dal Vallese sono state rinvenute.

(da Frangioni G. e Lenz P. C. 2004. Alpe Devero. Edizioni Grossi, Domodossola (Vb).

## Metodi di studio

### La scelta dei transetti

L'obiettivo principale di questo progetto pilota svoltosi tra Agosto e Ottobre 2006 consisteva nel verificare l'efficacia del metodo del censimento su transetto lineare applicato, nel contesto del parco Veglia Devero, alle marmotte. Secondariamente, nel caso in cui si fosse constatata l'effettiva applicabilità del metodo, ricavare una stima effettiva della popolazione sarebbe stato un ulteriore obiettivo.

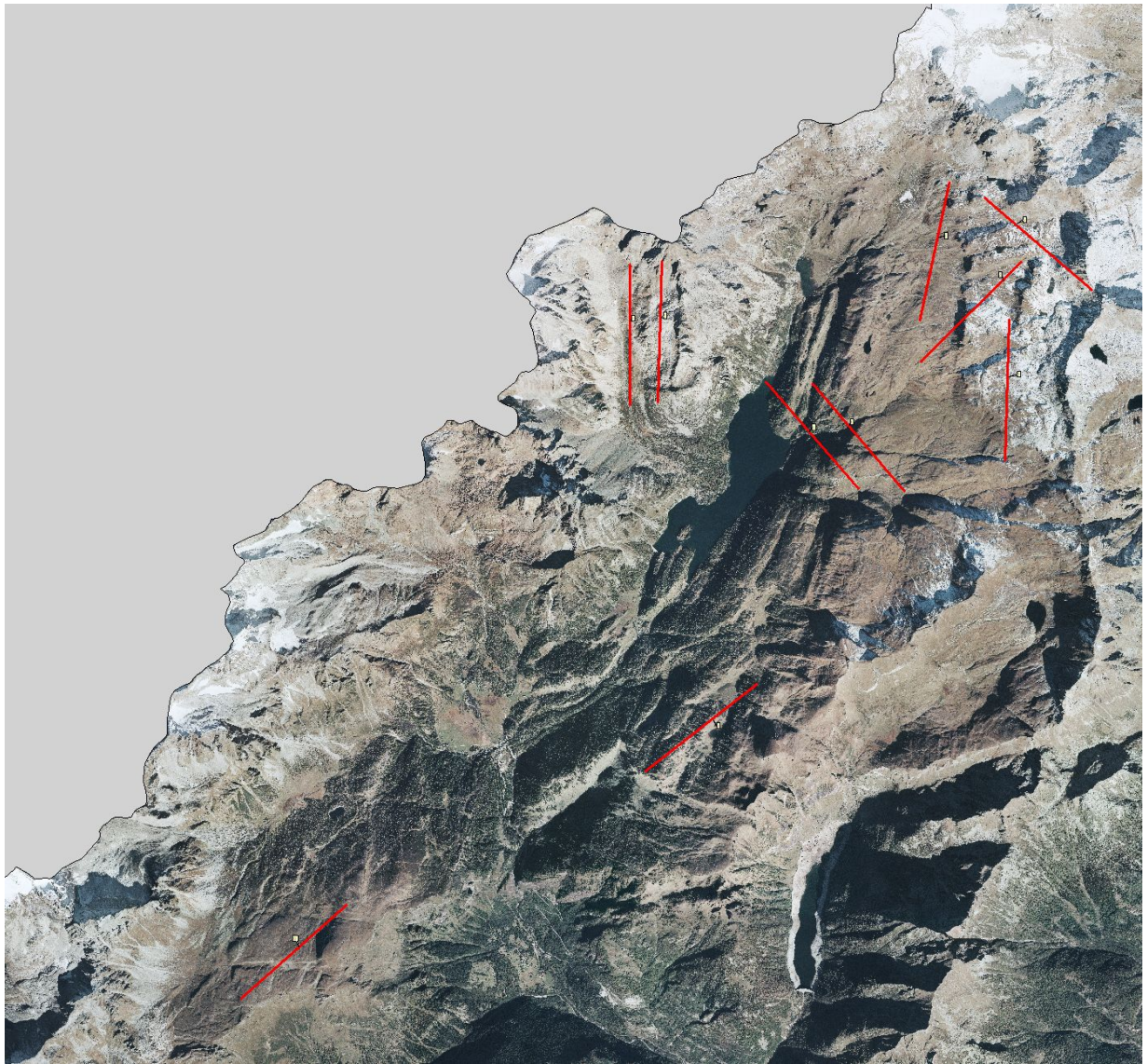
Al fine di realizzare con successo questi due propositi il metodo di pianificazione dell'analisi si è basato soprattutto sul principio di casualità nella disposizione dei transetti sul territorio. Questo perchè, posizionando i transetti secondo un principio qualsiasi, le stime ottenute sarebbero state influenzate proprio da questo principio e quindi avrebbero perso di effettiva veridicità. Se difatti si fosse deciso di posizionare i transetti solo in determinate aree a causa, ad esempio, delle caratteristiche favorevoli di queste all'insediamento delle marmotte, ovviamente si sarebbero avute numerose individuazioni con una conseguente sovrastima della popolazione. Va ricordato infatti che l'obbiettivo di questo censimento, oltre al verificarne l'applicabilità nel contesto marmotta/ Devero, è di ottenere una stima della popolazione all'interno del parco. Tuttavia, a causa della variegata morfologia del parco e, conseguentemente, dell'ampio ventaglio di ambienti presenti all'interno dell'area, bisogna tener in considerazione che, come poi dimostratosi proprio grazie alla scelta della casuale disposizione dei transetti, la densità degli animali non è omogenea per tutta l'estensione del parco e quindi, la scelta di aree in cui è scontata una buona presenza di animali, andrebbe a dare una stima della popolazione di marmotte alquanto fittizia data la non considerazione delle aree in cui la densità di marmotte è ridotta.

Una volta tracciati i transetti (vedi figura 5) si è cercato di intervenire il meno possibile sul loro percorso al fine di conservare il fondamentale principio di arbitrarietà su cui si basa tutta l'analisi. In alcuni casi si è tuttavia reso necessario ritracciare alcuni di questi. Tali situazioni sono andate verificandosi quando il tracciato del transetto andava a collocarsi in aree impraticabili o del tutto inutili al censimento, come ad esempio le acque del lago di Devero. Tuttavia, per cercare di limitare al minimo gli interventi sul censimento, si è stabilito un metro di valutazione assai semplice riguardo l'agibilità e l'utilità di un transetto ed il suo eventuale riposizionamento. Se il transetto si presentava agibile per buona parte del suo tracciato e solo una porzione ridotta era persa, il transetto veniva comunque considerato valido. Nel caso contrario invece, in cui buona parte del transetto era pressoché impercorribile, il transetto veniva riposizionato sempre

casualmente. La parte non percorribile veniva ad esser semplicemente non considerata avendo così dei transetti di lunghezza effettiva minore di quella stabilita. In questo modo, si sono potuti ubicare i dieci transetti previsti senza molte difficoltà.

Anche la lunghezza dei transetti è stata stabilita arbitrariamente. I transetti in origine erano stati ideati di 1 Km di lunghezza ma, poiché si riteneva che potessero esser troppo corti non consentendo di individuare un sufficiente numero di animali, si è deciso di incrementarli di ulteriori 500 m così da poter, teoricamente, ovviare a questa eventualità.

Il numero dei transetti è stato invece scelto in relazione al tempo disponibile per effettuare lo studio. L'analisi infatti andava, almeno nella componente di campo, svolta entro la fine del mese di Settembre poiché, con il passaggio alla stagione autunnale ed il conseguente abbassamento delle temperature, le marmotte sarebbero passate da uno stato attivo ad uno letargico con una derivante sottostima della popolazione. La presenza di numerosi transetti avrebbe sicuramente portato ad una stima molto più affidabile e veritiera. Un maggior numero di transetti avrebbe portato infatti all'ottenimento di dati più numerosi ed aderenti alle caratteristiche del parco visto che, proprio grazie all'elevato numero degli stessi, più settori dell'area sarebbero stati analizzati. Tuttavia un numero elevato di transetti avrebbe richiesto un tempo maggiore per lo svolgimento dell'attività di quello realmente disponibile. Si è quindi deciso di effettuare l'analisi su dieci transetti così da poter acquisire comunque un buon volume di dati in tempo utile.



(Fig. 5) Immagine satellitare dell'area del parco Devero. Il tracciato dei transetti coincide con i segmenti rossi.

### Le procedure di campo

Per effettuare questo tipo di censimento è necessario disporre di una strumentazione abbastanza semplice: binocolo, telemetro, G.P.S., bussola o goniometro e delle carte topografiche o satellitari su cui siano indicati i tracciati dei transetti. È necessario, al fine di effettuare nelle migliori condizioni possibili l'analisi in campo, che le carte geografiche abbiano una buona definizione e che presentino una scala non troppo grande. Questo perchè uno dei metodi migliori per evitare di allontanarsi dal transetto invalidando così il censimento, è individuare dei punti di riferimento sul territorio in relazione al transetto stesso. Il tracciato del transetto non è segnalato sul territorio quindi è a totale discrezione dell'operatore riuscire a mantenersi su di esso, l'ausilio di una carta che presenti un buon dettaglio può quindi essere di grande aiuto fornendo una descrizione alquanto minuziosa dell'area, consentendo così di individuare dei punti di riferimento senza necessariamente effettuare delle ricognizioni preventive a questo fine.

Il censimento può esser svolto in due fasce orarie: dal mattino inoltrato, a partire dalle 9:30 circa, sino al termine della mattinata e dal tardo pomeriggio, a partire dalle 16 circa, sino al tramonto. Questo ha consentito di svolgere due transetti nella stessa giornata comprimendo così i tempi necessari per portare a termine l'attività pratica. Le due fasce orarie corrispondono ai momenti della giornata nella quale gli animali presentano una maggiore attività fuori dalle tane. Lo svolgimento del censimento in fasce orarie diverse dalle due consigliate avrebbe portato all'individuazione di un numero minore di animali ed anche, all'eventuale infrazione del primo assunto della teoria del Distance. Difatti non è da escludersi che lungo il tracciato del transetto, quindi a distanza zero da esso, vi possano esser delle tane. Se l'operatore effettua il censimento muovendosi lungo il tracciato in una fascia oraria non ottimale, è abbastanza probabile che, anche prestando la massima attenzione possibile durante l'analisi, l'assunto che stabilisce che la probabilità d'individuazione a distanza zero dal transetto dell'oggetto sia unitaria venga violato. Questo perchè semplicemente può darsi che gli animali possano non esser all'esterno della tana e quindi, nonostante la loro presenza lungo il tracciato del transetto, risultino invisibili all'operatore. Operando invece all'interno delle due fasce orarie si minimizza questa probabilità che, comunque, non si può del tutto annullare.

L'analisi in campo si compone di tre fasi iniziali:

- il raggiungimento di uno dei due estremi del transetto
- la comprensione del tracciato del transetto sul territorio
- lo svolgimento dell'analisi lungo il transetto

### **Raggiungere l'estremità del transetto**

E' di rilevante importanza che l'analisi venga svolta lungo un transetto il più possibile aderente al tracciato di quello teorico stabilito a priori. È molto importante quindi, che l'estremità del transetto lungo il quale si decide di cominciare l'analisi corrisponda il più possibile a quella indicata sulla carta.

Quando nella fase preparatoria si tracciano i transetti, agli estremi di questi vengono associate le coordinate geografiche del punto in cui vengono ad esser ubicati sul territorio. Muovendosi nell'area all'interno di cui sono tracciati i transetti, si dovrà quindi cercare di far partire l'attività di censimento da un punto le cui coordinate siano il più possibile fedeli a quelle stabilite a priori. Per far ciò s'impiegano le carte topografiche prima citate per restringere più possibile l'area ipotetica in cui è collocato il punto, poi, al fine di ridurre ulteriormente l'incertezza, s'impiega il G.P.S. muovendosi all'interno dell'area finché non si sarà trovato un punto le cui coordinate siano il più possibile fedeli a quelle standard. Questa attività richiede, in relazione alla morfologia del territorio in cui

l'estremo è collocato, una quantità di tempo variabile. Difatti se l'area è molto omogenea, come può esser ad esempio una vasta prateria alpina, il tempo da impiegarsi sarà relativamente elevato a causa della mancanza di punti di riferimento che porterà l'operatore a doversi quasi totalmente affidare al G.P.S.. Vice versa, se il territorio si presenta abbastanza discontinuo o comunque dotato di evidenti peculiarità, come possono esser un lago, una gola o un ampio conoide, l'utente potrà, in tempi relativamente rapidi, giungere in un'area abbastanza limitrofa al punto da cui far partire l'analisi osservando semplicemente l'ambiente che lo circonda ed individuando quelle peculiarità già osservate sulla carta. Il G.P.S. sarà impiegato solo successivamente per raffinare ulteriormente la ricerca. Dato che l'operazione di individuazione del punto, a meno di casi molto fortunati in cui lo stesso sia stato collocato in zone davvero molto semplici da individuare, è abbastanza dispendiosa in termini di tempo, è buona prassi raggiungere l'area in cui si opererà con un buon anticipo al fine di poter cominciare ad agire sul transetto entro l'orario previsto. Va ricordato che i transetti, proprio a causa della loro disposizione casuale sul territorio, in molti casi sono stati collocati in aree abbastanza impervie e fuori dai tracciati dei sentieri, quindi, in tali situazioni il margine d'anticipo sull'inizio dell'analisi si espandeva ulteriormente. Per evitare di influenzare negativamente l'attività censitiva mettendo in allarme gli individui eventualmente usciti in anticipo dalle tane i quali, con grida d'allarme, potrebbero portare ad una generalizzata propensione degli animali presenti nell'area a mantenersi celati nelle tane al fine di evitare un eventuale pericolo, è consigliabile cercare di non raggiungere il punto da cui iniziare l'attività attraversando l'area dove si estende il tracciato del transetto stesso. Ciò potrà, in alcuni casi, comportare un incremento del tempo necessario per giungere nel punto d'inizio ma ridurrà considerevolmente l'influenza dell'operatore sugli animali e, quindi, sull'esito dell'attività.

### **La comprensione del tracciato ed i punti di riferimento**

Una volta stabilito il punto d'inizio dell'attività con la maggiore precisione possibile, sarebbe ideale spendere alcuni minuti per immaginare il tracciato del transetto sul territorio cercando di stabilire una sequenza di punti di riferimento successivi così da poter esser certi di proseguire lungo il transetto fissato. In questo caso può esser di buona utilità l'impiego della bussola. I transetti difatti si presentano disposti sul territorio, ciascuno con un peculiare orientamento rispetto al Nord magnetico. Sapendo l'orientamento del transetto su cui si andrà ad effettuare l'analisi e dando per assunto che il punto da cui si parte sia il più possibile sovrapposto a quello teorico, si potrà seguire il tracciato del transetto semplicemente percorrendo, aiutandosi con la bussola, una linea

con analoga orientazione. Ciò si rivela di notevole utilità quando l'area offre pochi punti di riferimento.

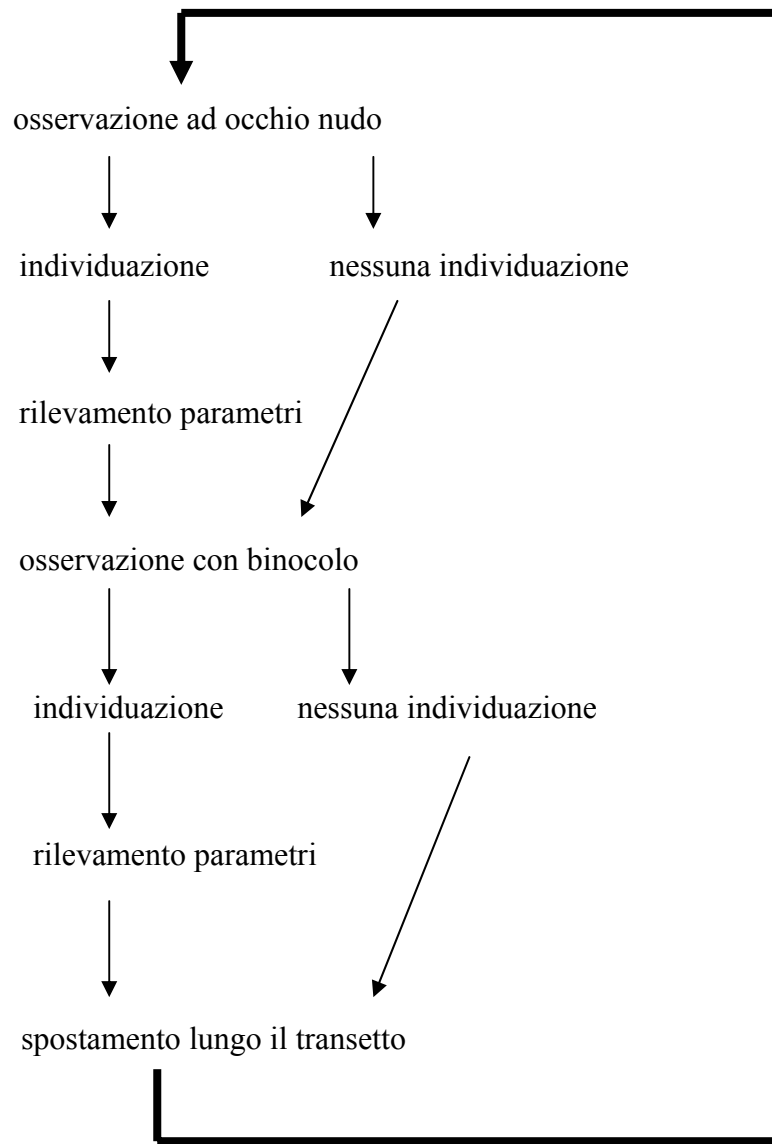
Per assicurarsi di proseguire lungo il transetto conviene, ad intervalli regolari, ripetere l'operazione di orientamento con la bussola e la localizzazione di una nuova serie di punti di riferimento. Va ricordato che, soprattutto nelle situazioni in cui, procedendo lungo il transetto, si effettuano dei dislivelli, il punto di vista dell'osservatore varia notevolmente in relazione alla variazione di quota e la posizione di alcuni oggetti come pietre, alberi o torrenti, può apparire diversa agli occhi dell'osservatore fuorviandolo. Bisognerebbe tenere conto di questo fattore per stabilire gli intervalli al quale riorientarsi, accorciandoli in queste determinate situazioni dove la necessità di un riorientamento si fa maggiore. Resta comunque che, con un valido impiego della bussola, la probabilità di allontanarsi dal tracciato censito si riduce notevolmente.

### **Svolgimento del censimento**

Una volta che si è raggiunto l'estremo di un transetto e si è stabilito, con l'errore minimo possibile, il tracciato del transetto può aver inizio il censimento effettivo.

Il metodo del Distance Sampling è un tipo di censimento molto dinamico in cui la sequenza di azioni da svolgersi è abbastanza metodica e ripetitiva.

L'osservatore, che è in pressoché costante movimento, segue un iter d'analisi che può esser riassunto con lo schema in figura 6:



**Fig. 6 digramma esplicativo delle sequenze di azioni durante il censimento su transetto**

L'operatore si muove lungo il tracciato del transetto cercando di mantenere un'andatura costante che gli consenta di poter scrutare, con la massima concentrazione possibile, l'area che gli si pone innanzi. L'attenzione va dapprima rivolta nella zona in cui si estende il transetto poiché, come già anticipato nei capitoli precedenti, il peso dell'individuazione di uno o più oggetti lungo un transetto è inversamente proporzionale alla loro distanza dal medesimo. Dapprima quindi, l'osservatore deve rivolgere il proprio sguardo innanzi a se; solo successivamente il suo sguardo andrà a rivolgersi anche alle porzioni laterali della zona che sta attraversando. Nel caso in cui vi siano delle individuazioni l'osservatore deve prima di tutto riuscire a memorizzare con la massima precisione possibile la zona in cui ha scorto gli animali, questo perché, nel caso in cui vi sia un movimento da parte dei soggetti sotto analisi, egli deve poter, in ottemperanza al



secondo assunto del Distance, poter rilevare la loro posizione iniziale anche quando gli animali non si trovano più su di essa.

Fatto ciò, è utile anche in questo caso, al fine di acquisire dati con la migliore precisione possibile, impiegare più punti di riferimento possibili soprattutto nel caso in cui si individuino diversi animali in differenti aree in tempi molto vicini, si passa alla rilevazione effettiva dei dati che si compone di tre elementi: la posizione geografica del punto in cui si trova l'osservatore, la distanza tra osservatore/ oggetto e l'angolo tra il segmento congiungente l'oggetto all'osservatore, la cui lunghezza viene rilevata con il telemetro, ed il tracciato del transetto.

In questa fase si richiede la massima precisione poiché, proprio dai dati acquisiti in questo stadio, dipende la qualità della stima che si andrà poi ad ottenere. È consigliabile quindi, prima di incominciare la scansione di un transetto, verificare la taratura dello strumento, questo riguarda soprattutto il telemetro.

La posizione dell'osservatore sul transetto viene acquisita semplicemente attraverso l'impiego del G.p.s.. In relazione al tipo di modello ed alla morfologia della zona in cui ci si trova, oltre che al livello della batteria dello strumento, i tempi per l'acquisizione del segnale satellitare sono molto variabili. Nel caso in cui ci si trovi in una zona "a campo aperto", ossia un'area con una notevole porzione di cielo a disposizione, come ad esempio la sommità di un cresta o un'ampia radura, il G.p.s. sarà facilitato nell'acquisizione del segnale a causa della mancanza di strutture che possano intralciarlo. Potrà inoltre interagire con un elevato numero di satelliti riducendo così l'errore standard legato alle coordinate rilevate. Se invece ci si trova in un'area molto "disturbata", come ad esempio sul fondo di una gola o nei pressi di una parete rocciosa, il segnale sarà ostacolato e quindi i tempi di acquisizione si dilateranno. Vi saranno anche ovvie ripercussioni sulla precisione dei dati posizionali. Per ovviare a questo inconveniente ci si può spostare lungo il transetto in cerca di aree in cui il segnale sia meno ostacolato, ma ciò comporta il rischio di distorcere o, al peggio, perdere la/e posizioni alla quale si erano individuati in precedenza gli animali; altrimenti si può attendere che il G.p.s., che comunque cercherà di interagire con il massimo numero di satelliti disponibile, raggiunga la migliore precisione possibile.

Ritenendo prioritaria la precisione dei dati inerenti il posizionamento degli animali rispetto a quelli del posizionamento dell'osservatore, ho ritenuto opportuno impiegare il secondo metodo. In tal modo si è conservata una buona precisione dei dati anche se correlata ad un maggiore dispendio di tempo.

Una volta individuata la posizione dell'osservatore sul transetto si può passare al rilevamento dei dati di distanza ed angolo inerenti l'oggetto.

La distanza viene ad esser stabilita con l'impiego di un telemetro laser. Lo strumento, che è di semplice impiego, si compone di un mirino coassiale, molto simile a quello delle macchine fotografiche compatte, attraverso il quale si punta l'oggetto nella zona dove si è individuato l'animale. Premendo un pulsante l'apparecchio invia un segnale laser con il quale va a stabilire, con buona precisione, la distanza alla quale si trova il punto verso cui si è rivolti. Si consiglia di ripetere un paio di volte la procedura sempre al fine di ottenere misure abbastanza precise.

A causa della ridotta precisione del mirino, è frequente, soprattutto con l'incremento delle distanze degli oggetti dal transetto, incorrere in errori accidentali di misurazione. Ciò perchè, con l'incremento delle distanze, si riduce la risoluzione della porzione di area in cui è compreso il punto da rilevare. Si ha quindi un incremento probabilistico nell'errore nel puntamento stesso. La distanza indicata non sarà quindi quella del punto desiderato ma, molto più probabilmente, dei punti ad esso limitrofi. Tuttavia, proprio grazie al peso minore che le individuazioni distanti dal transetto hanno nello sviluppo delle stime, ed anche all'esclusione del 5 – 10% dei rilevamenti più esterni, operata, come citato nei capitoli precedenti, in fase di analisi dati, si dovrebbe poter ovviare a questo problema senza molte difficoltà.

Bisogna ricordare che la precisione del telemetro può ridursi, in determinate condizioni meteorologiche come ad esempio in presenza di foschia.

Una volta acquisite le distanze degli animali, che vanno riportate, come tutti gli altri dati, sulle schede di censimento, si può passare alla rilevazione dell'angolo.

Questa fase, come la precedente, è molto importante ai fini dell'affidabilità della stima, si consiglia quindi di svolgere la rilevazione con la massima precisione.

L'angolo può esser ricavato con diversi strumenti come: bussola o goniometro, ad esempio.

Per ridurre la strumentazione all'essenziale si è deciso di impiegare la bussola.

L'angolo si ricava puntando la bussola nel punto dove si è stabilito essere l'animale e rilevando la posizione del medesimo rispetto al Nord magnetico. Successivamente, per ricavare l'angolo interposto tra l'animale ed il transetto, sarà sufficiente sottrarre l'orientazione di uno all'altro. Se ad esempio il transetto era orientato in direzione Nord, quindi a 0 gradi, e l'oggetto era invece posizionato in un punto posto a Nord – Est, quindi a 45 gradi, sottraendo i due valori si ricava che l'angolo tra il segmento connettente l'osservatore alla posizione della marmotta ed il transetto su cui si svolge l'analisi è di 45 gradi. Potrà accadere che applicando meccanicamente questo tipo di calcolo si ottengano dei valori negativi. Tuttavia non si tratta di un errore ma di una semplice informazione supplementare fornita in sede di analisi dati.

Con il calcolo dell'angolo attraverso la bussola si acquisisce la posizione dell'animale sul territorio in relazione al Nord magnetico e successivamente, con la semplice sottrazione sovracitata, rispetto al transetto stesso. Poiché, secondo convenzione, il valore dell'angolo cresce in senso orario sul quadrante della bussola, si avrà che tutti gli animali osservati nei  $180^\circ$  a sinistra del transetto, in un determinato verso di percorrenza, presenteranno sempre valori numerici maggiori di quelli dell'orientamento rispetto al settentrione del transetto stesso. In questo modo, attraverso la sottrazione, si otterranno perciò sempre angoli positivi. Viceversa, per tutti quegli animali posti alla destra del transetto, ovviamente si considera che il verso di percorrenza del tracciato sia il medesimo di prima, gli angoli presenteranno un valore assoluto inferiore a quello esistente tra il Nord ed il transetto dando così, dopo la sottrazione, angoli negativi rispetto al transetto. Tuttavia il valore che viene a prendersi in considerazione, come si vedrà in seguito, è il semplice valore assoluto dell'angolo. Il segno negativo o positivo dell'angolo transetto/ oggetto consente semplicemente di stabilire se l'animale era ubicato a sinistra o a destra del transetto non inficiando quindi sugli sviluppi dell'analisi.

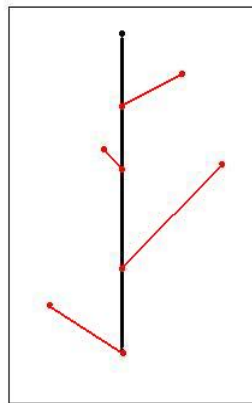
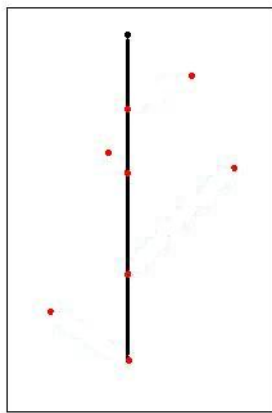
Una volta stabiliti i parametri delle marmotte individuate lungo il transetto, o comunque nei pressi del suo tracciato, l'osservatore passerà ad analizzare, sempre ad occhio nudo, le aree laterali e, nel caso in cui si rilevino degli oggetti, seguirà l'iter appena descritto. Una volta che siano stati individuati tutti gli animali presenti nell'area circostante e siano stati rilevati i correlati parametri di distanza, angolo e posizione sul transetto, si passerà all'impiego del binocolo, questo vale più che altro per la zona lungo il tracciato del transetto poiché ai lati le distanze degli eventuali animali scorti con l'ausilio dell'apparecchio sarebbero troppo grandi e quindi inutili ai fini dell'analisi. Nel caso in cui vengano osservati degli animali nei pressi del transetto è utile cercare, come già detto in precedenza, di memorizzarne il punto d'avvistamento. In questi casi si potrebbe già impiegare il telemetro per rilevare i dati ma, proprio per la riduzione di risoluzione correlata all'incremento delle distanze, conviene effettuare successivamente la misura poiché, se i riferimenti acquisiti sul territorio sono affidabili, si potrà ritrovare il punto indicato dopo che ci si è mossi lungo il transetto per proseguire con l'analisi, potendone stabilire i parametri di distanza ed angolatura dal transetto.

Il transetto viene così ad esser analizzato in tutta la sua lunghezza finché non si arriva in una zona dove, sempre analizzando le carte topografiche su cui sono segnalati i tracciati dei transetti, si ritiene esser nei pressi del termine del transetto. Anche in questo caso, come per stabilire l'inizio del transetto sul campo, si passa all'impiego del G.p.s., in modo del tutto analogo. Al fine di assicurarsi un ulteriore incremento della precisione può esser d'utilità l'impiego di un contapassi poiché, conoscendo la lunghezza del transetto

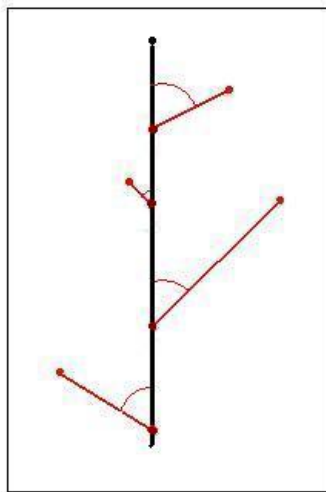
ed ipotizzando di esser su di un tracciato il più possibile corrispondente a quello stabilito sulla carta, ci si può affidare alla lunghezza rilevata dal contapassi per stabilire sul campo la fine del transetto.

Nei casi in cui si ritenga che vi siano dei vizi di forma nello svolgimento dell'analisi, come ad esempio la perturbazione di una sezione di transetto a causa del passaggio di una mandria, o il passaggio a condizioni climatiche avverse, è consigliabile la ripetizione del transetto.

**Fig. 7 Il tracciato nero corrisponde al transetto, percorso dal basso verso l'alto, mentre i punti rossi ai lati corrispondono ai punti dove sono stati individuati degli oggetti. I punti rossi presenti sul transetto corrispondono ai punti dove l'osservatore era collocato quando ha individuato gli animali**



**Fig. 8 I segmenti rossi rappresentano le distanze rilevate, con l'impiego del telemetro, tra l'operatore e le marmotte**



**Fig. 9 Successivamente al calcolo delle distanze si passa alla rilevazione dell'angolo mediante goniometro o bussola**

## **Analisi dei dati**

Una volta che tutti i transetti sono stati portati a termine, i valori di distanze ed angoli acquisiti sul campo possono esser inseriti ed analizzati dal software.

I parametri che andranno ad esser immessi nell'archivio di dati, poi analizzato dal software, sono variabili ed in relazione al tipo di censimento effettuato. Le voci inserite nel caso specifico, ognuna presente per ogni transetto, il quale è identificato con un numero, sono:

- la lunghezza dello stesso (Km)
- le distanze ortogonali al transetto delle osservazioni (m)
- la taglia del frammento (cluster size)

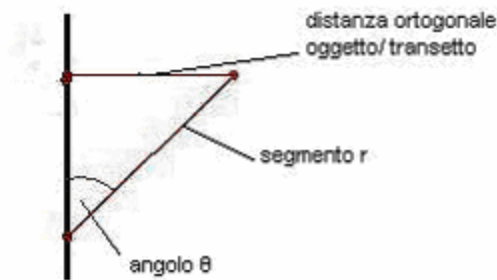
Questi due ultimi parametri necessitano di un approfondimento.

### **Le distanze ortogonali oggetto/ transetto**

Le distanze che venivano rilevate sul territorio con l'impiego del telemetro erano associate ad un angolo misurato con la bussola. L'angolo e la distanza dell'animale erano quindi in relazione al punto di transetto dal quale l'utente aveva individuato l'animale. Tuttavia queste distanze non forniscono un'informazione immediata riguardo l'effettiva distanza dal transetto dell'animale. Un animale che si trovi infatti alla distanza di 50 metri dall'osservatore, può essere più vicino al transetto di uno posto a 40 metri dallo stesso punto di osservazione. Ciò perchè l'informazione della misura della distanza tra osservatore ed oggetto, e quindi anche dal transetto, è vincolata all'angolo al quale s'accompagna. Minore è l'angolo che s'interpone tra il tracciato del transetto ed il segmento connettente l'oggetto all'osservatore, e minore sarà l'effettivo spazio tra il transetto e l'oggetto. Per poter utilizzare un solo dato capace, nella sua interezza, di descrivere l'effettiva distanza dal transetto e quindi il correlato "peso statistico" dell'individuazione, in modo intuitivo ed abbastanza immediato, si ricorre alla conversione delle coppie angolo/ distanza in semplici distanze ortogonali secondo la formula:

$$r \sin\theta = r^{90} \quad \text{dove: } - r = \text{distanza oggetto/ osservatore}$$
$$- \theta = \text{angolo tra l'oggetto e l'osservatore}$$
$$- r^{90} = \text{distanza ortogonale oggetto/ transetto}$$

Riguardo l'unità di misura dell'angolo  $\theta$ , nel caso specifico, poiché la conversione delle distanze ad angolo variabile in ortogonali è stata effettuata in Excel, l'unità impiegata è il radiante e non il grado. Questo perché le funzioni trigonometriche Sen e Cos del software sono automaticamente impostate per agire su angoli con tale unità di misura. Per convertire il valore espresso da gradi in radianti è stato sufficiente impiegare la funzione "RADIANTE" di Excel.



(Fig.10) I componenti alla base del censimento su transetto lineare.

### Cluster size o taglia del frammento campione

Sin'ora si è scritto che durante l'analisi al Distance Sampling si va rilevare la distanza di un individuo dal transetto, con un angolo correlato ad esso, per poi ricavarne, con il metodo appena spiegato, la distanza ortogonale. Si è quindi dato per assunto che gli individui sorpresi sul campo siano sempre singoli. Questa astrazione, soprattutto per animali con un'elevata socialità ed una correlata distribuzione di tipo contagioso sul territorio come le marmotte, è perciò alquanto labile. Se è quindi così probabile che si possano osservare contemporaneamente più individui presenti in un medesimo punto, o comunque a distanza molto ravvicinata (Fig. 11), come fare in questi casi per ricavare i parametri di distanza ed angolo?

Vi sono due possibili risposte:

- individuare i parametri per ogni animale
- estendere i parametri acquisiti per uno degli animali all'intero gruppo

La prima ipotesi, anche se alquanto laboriosa, sarebbe, in via del tutto teorica, la migliore visto che consentirebbe di acquisire, anche in una situazione del genere, dei dati di elevata precisione. L'elevata difficoltà di questa attività, dovuta a molteplici fattori come ad esempio l'elevata mobilità degli animali i quali, già se isolati difficilmente rimangono immobili durante il rilevamento della loro posizione, figurarsi quando, presenti in gruppi di due o tre, magari intenti in qualche attività come il gioco o la sorveglianza di un'area,

intervallano brevissime pause a lunghe fasi di movimento, comporterebbe che, in una situazione del genere, l'utente riesca, con grande abilità, a memorizzare contemporaneamente la posizione di più animali in un tempo molto breve, fa sì che si prediliga la seconda pratica anche se con una lieve, ma significativa, modifica: il gruppo di animali viene ad esser considerato come un'entità unicamente definita con il termine di frammento (o macchia), la cui taglia corrisponde al numero di individui presenti nel gruppo, ed i suoi parametri di angolatura e distanza, vale soprattutto per quest'ultimo, vengono ad esser derivati dalla media tra i valori degli individui all'estremità del frammento. In tale modo si incrementa, anche se di poco, il significato del rilevamento al livello dell'analisi.



(Fig. 11) Un esempio di cluster costituito da più animali. Foto di Radames Bionda

### **L'analisi dei dati e la dinamica di elaborazione del DISTANCE**

Una volta che i parametri saranno stati inseriti si procederà alla loro analisi.

In questo caso il software impiegato è DISTANCE 5.0 versione Beta.

Quella che segue è una breve descrizione dei principi generici di funzionamento del software e delle applicazioni impiegate per l'analisi dei dati acquisiti in campo.

Il software è un tassello essenziale per l'ottenimento della stima finale della popolazione e della correlata densità poiché va, seguendo determinati principi statistici eventualmente configurabili dall'utente, ad agire sui dati ricavando le stime popolazionistiche e densitive desiderate.

L'interfaccia del DISTANCE ricorda, per certi aspetti, quella della serie Windows, difatti si va ad agire su una sequenza di finestre sovrapposte il cui contenuto è posto essere in relazione reciproca.

Al fine di effettuare un'analisi su un archivio di dati è prima di tutto necessario creare un nuovo progetto nel quale inserire i dati raccolti.

Dopo aver creato e rinominato il nuovo progetto seguono una serie di finestre nella quale si va ad effettuare una prima rudimentale configurazione dei parametri successivamente impiegati per il processamento dei dati. Tale setup potrà esser eventualmente modificato successivamente all'inserimento dei dati.

Poiché il software non presenta la funzionalità di database, ossia i dati non possono esser direttamente inseriti nel programma, è necessario che tale funzione sia svolta con l'impiego di una diversa applicazione, nel caso specifico si è impiegato Microsoft Excel 2000, per poi importare il file tabulato in DISTANCE. Per la procedura si rimanda al manuale dell'utente (Anderson D. R., Buckland S.T., Burnham K. P. and Laake J. 1993. Distance Sampling. Chapman & Hall)

Transetto	Lunghezza	Dist. Ortogonale	Individui
1	1,5	98,09	1
1	1,5	91,15	1
1	1,5	6,62	1
1	1,5	70,71	1
1	1,5	38,68	1
1	1,5	27,02	1
1	1,5	84,2	1
1	1,5	36,32	1
1	1,5	6,69	1
1	1,5	26,84	1
1	1,5	33,42	1
1	1,5	10,97	1
1	1,5	19,22	1
1	1,5	31,38	1
1	1,5	41,72	1
1	1,5	8,77	2

**(Tabella 1) Uno stralcio della tabella contenente i dati dalla quale sono state tratte le stime sulla densità. In questo caso tutti i dati, come evidente dalla prima colonna, si riferiscono al solo transetto uno.**

Una volta che la matrice dei dati è stata importata nel progetto si passa alla fase di configurazione approfondita del software e del motore di elaborazione dei dati.

Dopo aver creato una nuova analisi si andranno a configurare i parametri che il software seguirà per estrapolare le stime finali di densità.

Le voci su cui si può agire sono tre: il tipo di osservazione effettuata, le caratteristiche degli eventuali filtri da apporre e quelle del motore di analisi.

Agendo su questi tre parametri si può praticamente configurare appieno il tipo di analisi che il software va ad effettuare sui dati. Grazie a ciò il programma si rivela essere molto



versatile e performante alle caratteristiche del contesto ecologico/ ambientale sul quale si è andati ad effettuare il censimento. Ciò consente di ricavare stime il più aderenti possibile alla situazione naturale reale.

Le voci principali sulla quale si è intervenuti in questa analisi sono:

- la selezione della funzione chiave e della serie di espansione
- la risoluzione del campione
- l'eventuale esclusione di un porzione percentuale di campione

### **Funzioni chiave e serie di espansione**

La selezione della funzione chiave e della sua serie di espansione è uno dei parametri fondamentali. Da esse trae sviluppo il modello statistico dell'elaborazione che si andrà ad effettuare.

Delle quattro funzioni chiave esistenti (Uniform, half – normal, hazard rate e negative exponential) si è impiegata la prima. Per la selezione della funzione chiave ci si è affidati ai criteri di verifica esistenti nel software orientati soprattutto alla valutazione, ed al confronto, del valore del test di Akaike (Akaike 1973 in Anderson D. R., Buckland S.T., Burnham K. P. and Laake J. 1993. Distance Sampling. Chapman & Hall ) per ogni funzione chiave selezionata.

Il test di Akaike (AIC) è un calcolo statistico che va ad indicare quanto buono sia l'adattamento del modello matematico ai dati sui quali deve intervenire.

La scelta del modello statistico da applicare, ossia della funzione chiave e la serie di espansione, viene effettuata valutando svariati parametri tra cui: la “robustezza” del modello, la “robustezza” raggruppativa, il criterio della forma e la stima dell'efficienza finale.

Questi quattro parametri vanno a definire alcune caratteristiche del modello statistico impiegato. I primi due indicano la flessibilità del modello di analisi in relazione alla capacità del modello stesso di agire su una gamma più o meno ampia di funzioni d'individuazione. Il criterio della forma va semplicemente a riguardare la forma della funzione probabilistica d'individuazione la quale dovrebbe, come già detto in precedenza, presentare una “shoulder” a distanza zero, corrispondente a probabilità certa d'individuare un animale se sul transetto. L'efficienza, infine, va a riassumere quanto il modello sia adeguato secondo le tre voci precedenti. Ovviamente un modello molto efficiente è un modello solitamente di valida applicazione. Resta comunque che se i dati sono ben raggruppati, la funzione mostra una buona “shoulder” nei pressi di distanza zero

ed il campione è relativamente ampio non esiste una gran differenza nell'efficacia dei modelli di analisi.

La serie di espansione è un ulteriore strumento incrementante l'adattabilità del sistema d'analisi ai dati ottenuti.

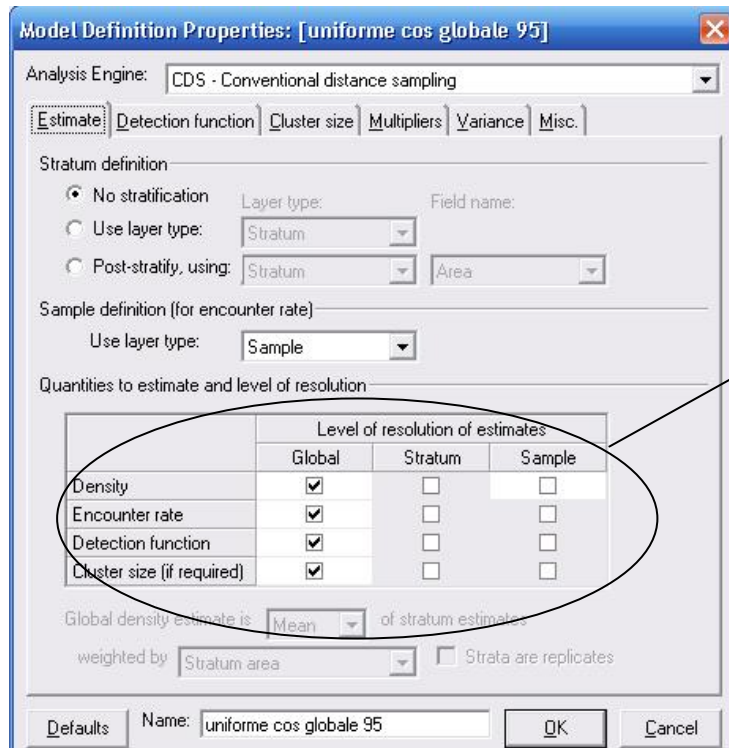
Le serie selezionabili sono: la serie coseno, una serie polinomiale semplice e la serie del polinomio di Hermite. Come nel caso precedente si è lasciato al software il diritto di scegliere quale di queste accoppiare alla funzione chiave. Dai risultati dei test la serie coseno è stata ritenuta la più opportuna. Rispetto alla funzione chiave, che è costantemente operativa e fondamentale affinché l'analisi sia svolta, la serie di espansione può non operare. Ciò perché essa, come sostenuto in precedenza, è un ulteriore strumento per incrementare la qualità dell'elaborazione. Tuttavia, essendo uno strumento non essenziale alla progressione dell'analisi, può venir deselezionato dal software lasciando così che ad operare sui dati sia solo la funzione chiave. Ciò si verifica quando l'aggiunta della serie espansiva alla funzione chiave non comporta un incremento qualitativo dell'analisi. Per verificare ciò il software va ad impiegare il test sulla frequenza di similarità (Likelihood ratio test) attraverso il quale va a confrontare l'efficacia della funzione chiave presa a se stante o con l'aggiunta della serie di espansione. Il test ha buona validità solo quando il campione si presenta abbastanza largo. La funzionalità della serie espansiva risulta quindi essere direttamente proporzionale al volume del campione da analizzare. Nei casi in cui il numero di dati sia esiguo l'aggiunta di una serie di espansione si rivela esser del tutto ininfluenza.

### **La risoluzione del campione**

Una delle applicazioni più interessanti e semplici da impiegare è la possibilità di selezionare la risoluzione alla quale corrisponderanno le stime finali. Impostando la risoluzione a livello globale si avrà l'analisi dei dati a livello unitario. Le rilevazioni nei vari transetti saranno riunite in un unico blocco di dati e le stime da esso derivanti riguarderanno la totalità dell'area di studio. In tal modo si avrà un'unica stima di densità inerente la totalità dell'area di studio in cui erano ubicati i transetti.

Selezionando invece la risoluzione a livello del transetto il software, oltre a dare, come sopra, una stima unitaria per l'area, andrà ad ipotizzare anche l'ammontare della popolazione e la densità degli individui per ogni singolo transetto. In questo modo (vedi figura sottostante) si otterranno quindi una serie di dati riguardanti le diverse distribuzioni degli animali all'interno dell'area, cosa non possibile altrimenti.

Ciò consentirà il confronto tra diverse aree di studio potendo verificare l'incidenza di determinati fattori come quota, copertura vegetale o morfologia della zona, ad esempio, sulle popolazioni.



(Fig. 12) qui sono indicati i parametri sui quali intervenire per modificare la risoluzione delle stime finali di densità. I parametri sono tre: globale, strato, campione; e sono posti in correlazione con le voci sulle quali stabilire la risoluzione stessa ossia: densità, frequenza d'incontro, funzione d'individuazione e taglia del campione.

## Esclusione di una porzione di campione dall'analisi

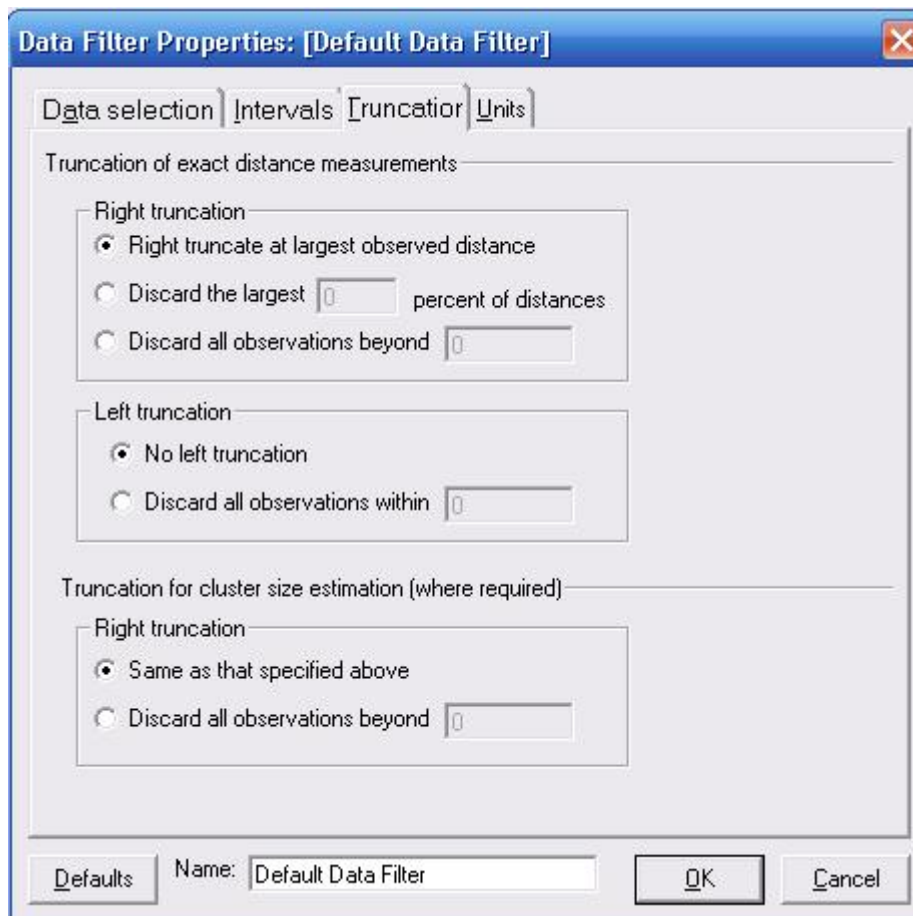
Nei capitoli precedenti si è sottolineato ripetutamente come i valori di distanza dal transetto influiscano notevolmente sul peso delle osservazioni. Maggiore è la distanza dal transetto degli oggetti e minore è la loro influenza nelle stime che si andrà a ricavare. Poiché dati molto lontani dal transetto sono pressoché ininfluenti sull'analisi appesantendo solo il processo elaborativo si consiglia la loro esclusione. Tale meccanismo può effettuarsi tramite due metodologie:

- l'esclusione di una percentuale dei dati più esterni
- l'esclusione di quei tutti quei dati che presentino valori di lunghezza maggiori di  $X$

Nel primo caso, quello solitamente più impiegato, si va a fissare quale percentuale, sul numero totale dei valori inseriti, si va ad escludere. La percentuale consigliata è compresa tra il 5 – 10% dei valori più esterni. Il software opera in automatico l'operazione di scrematura ed una volta che l'analisi verrà lanciata riguarderà solo i dati rimanenti.

Con il secondo metodo invece, l'utente va a selezionare un determinato valore X di distanza dal transetto. Tutti quei rilevamenti con distanze superiori a quella impostata saranno scartati ai fini dell'analisi.

Si ricordi che per distanze s'intendono le distanze ortogonali dal transetto e che l'affidabilità delle stime ricavate con l'impiego del software è in diretta relazione, oltre che alla forma delle due funzioni coinvolte, al numero di osservazioni rilevate. È sconsigliabile quindi scartare un esagerato numero di dati o, nel caso in cui ci si trovi già con un esiguo numero di dati, trascurarne alcuni.



(Fig. 13) Nell'immagine sopra sono mostrate le opzioni di selezione dei dati, nel caso in esame, non si sono effettuate selezioni sui dati e l'intera matrice di dati proveniente dal censimento sarà analizzata dal motore di analisi statistico. Alla voce "Right truncation" corrispondono le tre opzioni di troncamento dei dati:

- nessun troncamento (quella selezionata)
- scarta il x % dei dati più distanti
- scarta tutte le osservazioni con distanza superiore a x

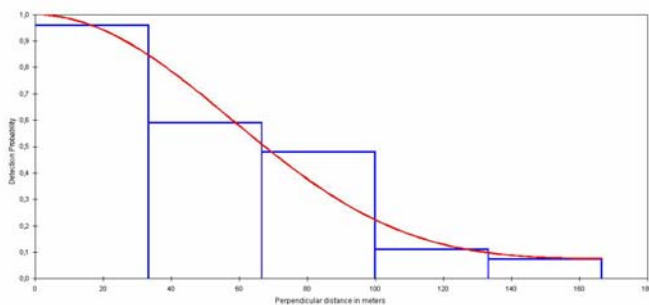
Le voci successive ("Left truncation" e "Truncation for cluster size estimation") sono ulteriori opzioni su cui intervenire riguardo la selezione dei dati inseriti. Nell'analisi svolta non sono state prese in considerazione.

Una volta intervenuti sul settaggio del software si potrà avviare il processo d'analisi cliccando alla voce Run. Il software agirà sui dati effettuando un'ampia gamma di calcoli e verifiche statistiche, come ad esempio il test di Akaike o quello del  $\chi^2$ , attraverso il quale andrà a selezionare, in automatico, il tipo di modello statistico da applicare in

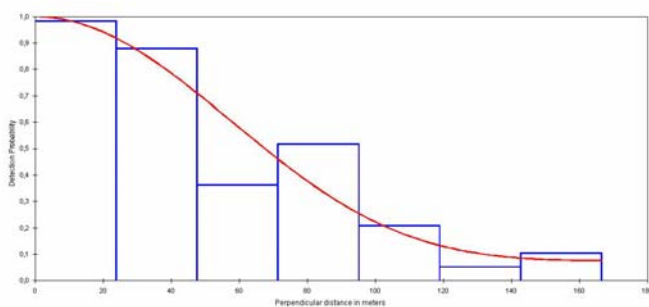
specifico ai dati inseriti attraverso il quale si andranno a ricavare parametri come la forma della funzione probabilistica di individuazione, la varianza, gli intervalli di confidenza e le stime di densità dei cluster e della popolazione.

Questa notevole livello di autoindirizzamento del software verso il tipo di analisi più adatto in relazione ai dati inseriti si rende di notevole utilità soprattutto quando si nutrono forti dubbi sulla scelta da farsi riguardo al modello statistico con il quale agire su di essi. È possibile difatti creare una serie di analisi, ognuna con peculiari caratteristiche a livello delle tre voci configurabili, per poi lanciarle in parallelo. In questo modo il software effettuerà un confronto incrociato tra tutti i modelli statistici impostati a priori andando a selezionare quello che più si confà all'analisi.

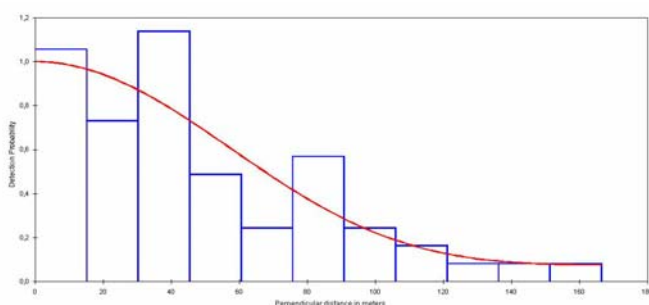
Dopo lo svolgimento dell'analisi si avrà la visualizzazione dei risultati desiderati corredati dai test effettuati per la selezione dei modelli statistici da impiegarsi e dai grafici relativi alla funzione probabilistica di individuazione  $g(y)$ . È interessante rilevare che il software, riguardo quest'ultima, ripete l'analisi tre volte andando ad incrementare progressivamente la risoluzione dei gruppi di dati suddivisi in relazione alla loro distanza dal transetto.



(Fig. 14)



(Fig. 15)



(Fig. 16)

**(Fig. 14, 15, 16) La sequenza d'immagini mostra il progressivo incremento, dalla figura 14 in cui è minima, alla 16 dove è massima, del livello di risoluzione dei dati distanza. Ciò si evince dalla progressiva riduzione della larghezza dei rettangoli rappresentanti i gruppi di dati riuniti per distanza. Si ha una riduzione di distanze comprese in ogni gruppo con il conseguente incremento del numero degli stessi. Ciò consente di ottenere un tracciato di  $g(y)$  più preciso ed in relazione molto più specifica con i dati.**

## Risultati ottenuti

Dall'analisi attraverso l'impiego del Distance le stime di densità ricavate sono comprese tra i 25, 3 ed i 30, 5 individui per Km<sup>2</sup>. L'oscillazione del valore di Densità è da imputarsi ai diversi metodi di selezione dei dati.

Sono difatti state portate a termine dieci simulazioni in cui venivano ad esser modificati i parametri inerenti il numero di dati da non considerare nell'analisi. Ciò ha portato ad una notevole oscillazione nei valori finali di densità stimata come evidente nella tabella sottostante.

ID	Name	# params	Delta AIC	AIC	ESW/EDR	D	D LCL	D UCL	D CV
1	analisi senza filtro globale IC 95	2	5,06	582,19	73,71	27,305	12,622	59,068	0,366
2	analisi senza filtro campione IC95	9	0,00	577,13		25,338	11,068	58,008	0,385
3	tronc10glob95	1	2,03	490,44	66,32	27,132	12,144	60,615	0,383
4	tronc10camp95	4	0,00	488,41		27,409	11,783	63,759	0,393
7	tronc5 glob95	1	3,09	531,12	71,44	26,698	12,089	58,960	0,375
6	tronc5camp95	5	0,00	528,03		28,815	12,837	64,681	0,375
5	tronc+100glob95	1	1,91	502,06	68,43	26,813	12,168	59,085	0,376
8	tronc+100camp95	3	0,00	500,15		25,817	11,004	60,573	0,397
10	tronc+80glob95	1	5,20	427,40	57,42	28,487	13,622	59,573	0,354
9	tronc+80camp95	3	0,00	422,20		30,549	11,849	78,763	0,445

**(Tabella 2) Nella tabella di sinistra sono elencate le diverse analisi portate a termine i cui risultati sono nella corrispondente tabella di destra.**

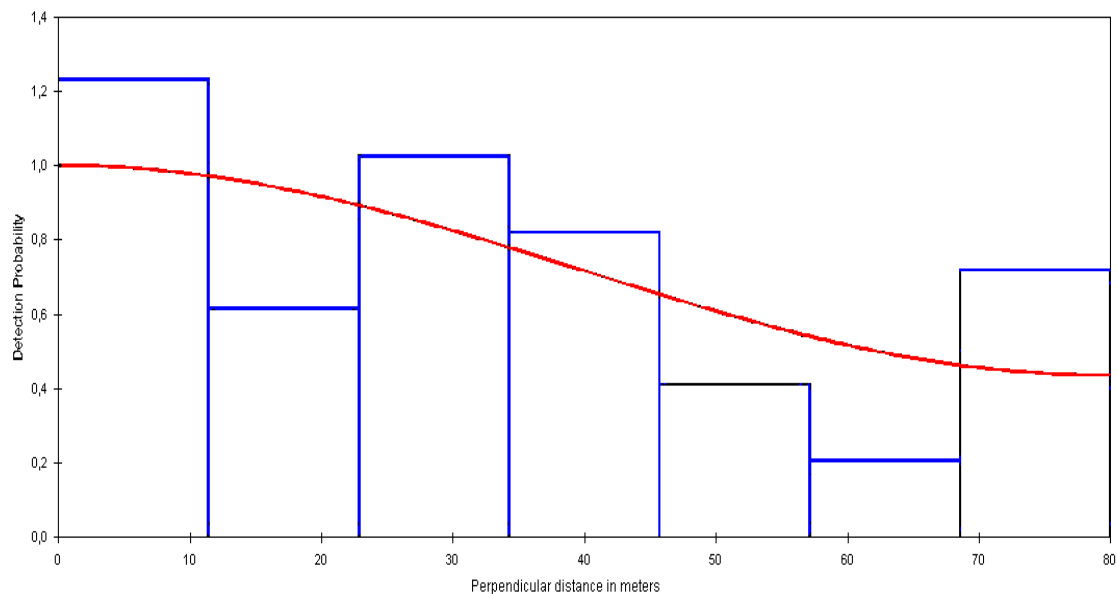
I parametri scelti per ogni analisi non sono visibili contemporaneamente ma sono deducibili da come è stata rinominata l'analisi. Ad esempio, nel caso dell'analisi selezionata sono stati presi in considerazione tutti i dati, la loro risoluzione è a livello del campione e l'intervallo di confidenza è del 95%.

Le voci della tabella di destra sono, da sinistra a destra:

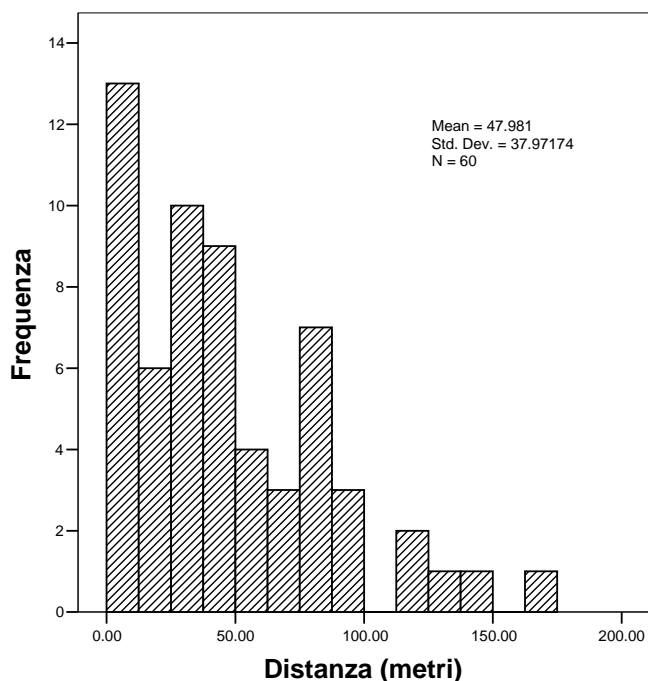
- numero totale di parametri coinvolti nell'analisi
- variazione del valore del test di Akaike tra le due varianti dell'analisi (con o senza serie di espansione)
- valore del test di Akaike per la funzione chiave e l'eventuale serie esponenziale aggiunta
- ampiezza effettiva del transetto
- densità di individui
- minimo valore della densità per l'intervallo di confidenza fissato
- massimo valore della densità per l'intervallo di confidenza stabilito
- varianza della densità

è evidente dai valori tabulati come, escludendo un numero maggiore di dati, si prenda ad esempio il massimo dato di densità presente, corrispondente all'analisi "tronc+80camp95", si abbia un apprezzabile incremento della densità. Questo è dovuto alla strutturazione stessa dei dati acquisiti durante l'attività. Dall'analisi della tabella d'ingresso dati, che sarà poi importata in Distance, si può constatare come la maggior parte dei dati di concentrino, giustamente, nei pressi del transetto.

In ottemperanza al tracciato della funzione probabilistica d'individuazione si osserva una netta diminuzione del numero di osservazioni con l'incremento delle distanze. Questo indica che l'analisi è di buona qualità perchè il decremento probabilistico delle individuazioni, con l'aumento delle distanze, è abbastanza lineare come evidente nelle due figure successive:



**(Fig. 17) In rosso la funzione  $g(y)$  che ha il suo massimo a distanza zero dove descrive una "shoulder" ed il suo minimo a distanza ottanta. Questa è stata stabilita, per l'analisi descritta dal grafico, come la distanza massima accettabile per l'impiego dei dati. Difatti, in questo caso, il tracciato della funzione non raggiunge il valore zero di probabilità poiché comunque, anche se non considerate, vi sono state delle individuazioni oltre la distanza di ottanta metri.**







**(Fig. 18) In figura sono indicate le frequenze delle osservazioni in relazione alla distanza alla quale sono associate. Si può comprendere come la qualità dell'analisi sia abbastanza buona proprio per l'evidente concentrazione di rilevamenti entro la distanza di cinquanta metri. Con l'incremento delle distanze il tasso d'individuazione diminuisce abbastanza linearmente senza che vi siano molte oscillazioni. Ciò è un'ulteriore dimostrazione della buona qualità dei dati impiegati.**

Tuttavia, visto l'esiguo numero di osservazioni generali, il totale dei cluster osservati è di 60 mentre il numero di individui è leggermente superiore (66), ritengo poco produttivo escludere dal processo di analisi una corposa percentuale di osservazioni poiché con la riduzione del volume di dati su cui si articola comporta un incremento tangibile dell'errore sperimentale. Ritengo perciò che la stima di 30, 5 individui per chilometro quadrato, operata escludendo dall'analisi tutti quegli avvistamenti superiori agli 80 metri di distanza dal transetto, sia poco affidabile poiché viene ad esser estrapolata da 51 osservazioni, un volume di dati inferiore al minimo consigliato (60) per stime affidabili. Considerando invece le analisi effettuate coinvolgendo tutti i dati si ricava una densità di circa 27 individui. In questo modo vengono ad esser coinvolti nell'analisi tutti i 60 dati osservazione rilevati sulla totalità dei transetti. In questo modo si rientra, anche se per poco, all'interno del range consigliato. Risulta quindi, nonostante in fin dei conti non vi sia un grosso divario tra le due densità, che la stima di 27 individui circa per chilometro quadrato sia statisticamente più affidabile poiché sviluppatasi da un numero maggiore di dati.

Va tuttavia ricordato che, al fine di usufruire del miglior gruppo di dati possibile qualitativamente parlando, è consigliabile scartare comunque un ridotto numero di dati. La considerazione, al livello del processo di estrapolazione delle stime di densità e popolazione, della totalità dei dati può perciò non esser la miglior soluzione. Per ovviare



a ciò la soluzione migliore è intervenire sull'analisi escludendo una percentuale di dati corrispondenti alle maggiori distanze dal transetto. In tal modo si dovrebbe poter instaurare una buona relazione tra affidabilità della stima e qualità dei dati impiegati.

	3	1	2	1	tronc10glb95	1	2,03	490,44	66,32	27,132	12,144	60,615	0,383
	4	1	2	2	tronc10camp95	4	0,00	488,41		27,409	11,783	63,759	0,393
	7	1	3	1	tronc5 glob95	1	3,09	531,12	71,44	26,698	12,089	58,960	0,375
	6	1	3	2	tronc5camp95	5	0,00	528,03		28,815	12,837	64,681	0,375

**(Tabella 3) Tabella di valutazione delle stime ottenute in relazione ai diversi tipi di analisi svolti**

Le stime ricavate escludendo il 5% o il 10% del volume dei dati si assestano, come evidente in figura, tra i 26,7 ed i 27,1 individui per chilometri quadrati, quando la stima ha risoluzione globale e con un lieve ritocco verso l'alto se la risoluzione passa a livello del transetto.

Confrontando le stime ottenute con un'esclusione percentuale di dati, con quelle effettuate selezionando la totalità dei dati, è evidente la similarità delle densità ricavate, che si assestano all'incirca intorno ai 27 individui per chilometro quadrato.

Questo è da ricercarsi nella strutturazione dei dati che, come già evidenziato da alcune figure precedenti, vanno a concentrarsi, con elevata frequenza, entro distanze non elevate dal transetto per poi decrescere probabilisticamente in modo abbastanza lineare. Ciò implica che, pur operando un'esclusione a livello percentuale dei dati o considerandoli tutti, vi sia una ridottissima oscillazione del valore della densità stimata. Tutto ciò indica che la stima tra i 26 ed i 27 animali per chilometro quadrato sia la più attendibile.

Considerando invece le stime di densità dei cluster, quindi degli avvistamenti e non del numero di animali, si ha abbassamento dei valori che va assestandosi intorno ai 24,6 cluster su chilometro quadrato. Ciò è dovuto al concetto stesso di cluster che va a considerare solo l'osservazione in sé non considerando il numero di animali eventualmente osservati. Ciò sta a dire che, a livello di cluster, il peso di due osservazioni alla medesima distanza ma nella quale sono stati osservati un diverso numero di animali è il medesimo.

Poiché durante lo svolgimento dei transetti vi sono stati alcuni casi in cui ad un'osservazione sono corrisposti più individui osservati, la densità dei cluster sarà obbligatoriamente inferiore a quella degli individui.

		Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
Uniform/Cosine	DS	24.177	37.35	11.52	10.962	53.323
	D	26.698	37.48	11.68	12.089	58.960

**(Tabella 4) Stima di densità individuali e dei cluster per l'analisi "tronc5 glob95" in cui si ha l'esclusione del 5% dei valori più esterni (vedi tabella analisi DISTANCE)**

		Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
Uniform/Cosine	DS	24.673	38.12	12.03	11.060	55.040
	D	27.132	38.26	12.21	12.144	60.615

**(Tabella 5) Stima delle densità d'individui/ Km<sup>2</sup> (D) e di cluster/Km<sup>2</sup> (DS) per l'analisi "tronc10glb95" (vedi tabella analisi DISTANCE)**

		Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
Uniform/Cosine	DS	25.859	35.19	13.42	12.389	53.976
	D	28.487	35.35	13.67	13.622	59.573

**(Tabella 6) Valori di densità per individui e cluster per l'analisi "tronc+80glob95" (vedi tabella analisi DISTANCE)**

Anche in questo caso ritengo che la stima sui cluster della prima analisi sia più affidabile. Come evidente da entrambe le tabelle i valori esterni degli intervalli di confidenza si presentano molto distanti dal valore stimato. Questo è dovuto al numero ridotto di dati immessi.

Analizzando invece i dati con risoluzione a livello del transetto si ricavano le stime delle popolazioni per le aree attraversate dai transetti.

		Estimate	%CV	df	95% Confidence Interval	
Sample: 1. 1						
Uniform/Cosine	DS	97.740	26.87	21.00	56.441	169.26
	D	111.68	27.46	25.94	64.156	194.40
Sample: 2. 1+						
Uniform/Cosine	DS	40.760	44.94	6.00	14.270	116.43
	D	47.799	46.70	8.91	17.476	130.74
Sample: 3. 2						
Uniform/Cosine	DS	17.469	40.82	6.00	6.6839	45.655
	D	17.469	40.82	11.00	7.3615	41.453
Sample: 4. 3						
Uniform/Cosine	DS	29.115	81.10	4.00	4.0443	209.59
	D	40.086	89.66	6.13	6.1789	260.05

Sample: 5. 4						
Uniform/Cosine						
DS	70.818	56.52	5.00	18.294	274.14	
D	70.818	56.52	5.00	18.294	274.14	
Sample: 6. 5						
Uniform/Cosine						
DS	14.557	44.72	5.00	4.8573	43.628	
D	14.557	44.72	9.00	5.5410	38.245	
Sample: 7. 6						
Uniform/Cosine						
DS	0.00000					
D	0.00000					
Sample: 8. 7						
Uniform/Cosine						
DS	0.00000					
D	0.00000					
Sample: 9. 8						
Uniform/Cosine						
DS	2.9115	100.00	1.00	0.74110E-04	0.11438E+06	
D	2.9115	100.00	1.00	0.74110E-04	0.11438E+06	
Sample: 10. 9						
Uniform/Cosine						
DS	2.9115	100.00	1.00	0.74110E-04	0.11438E+06	
D	2.9115	100.00	1.00	0.74110E-04	0.11438E+06	
Sample: 11. 10						
Uniform/Cosine						
DS	8.7344	57.74	3.00	1.5846	48.144	
D	8.7344	57.74	5.00	2.2001	34.675	

**(Tabella 7) In tabella le stime dei singoli transetti ottenute settando la risoluzione a livello del campione.**

Dai dati risulta molto evidente come la densità dei cluster e degli animali sia davvero molto variabile, si passa difatti dai dati del transetto 1 in cui la densità nell'area attraversata (alpe forni) sia stimata in 111,86 animali/ Km<sup>2</sup> ed in 97,7 cluster/ Km<sup>2</sup>, a quelli del transetto 9 (zona Sangiatto) in cui invece le densità sono di 2,9 animali e cluster/ Km<sup>2</sup>.

Le notevoli diversità nella morfologia delle due zone influisce quindi sulla presenza degli animali.

La zona dei forni si presenta come una vasta area di prateria alpina collocata tra i 2000 ed i 2500 metri di quota, ed esposta prevalentemente verso Sud - Ovest. La copertura vegetale è prevalentemente limitata al Nardeto (*Nardus stricta*) senza la presenza di una copertura vegetale superiore. Sono presenti ampi declivi di pendenza variabile che spesso sono colonizzati dalle marmotte. L'area, essendo abbastanza lontana dalla piana di Devero e trovandosi a quote abbastanza elevate, si presenta come molto tranquilla e ciò, in aggiunta alle caratteristiche ambientali, la rende ottimale per l'insediamento degli animali come dimostrato dall'elevata densità individuata.



**(Fig. 19) Vista dell'area dell'alpe Forni.**



**(Fig. 20) Vista satellitare della porzione dell'area dell'alpe Forno inferiore e superiore dove sono presenti quattro transetti (in rosso).**

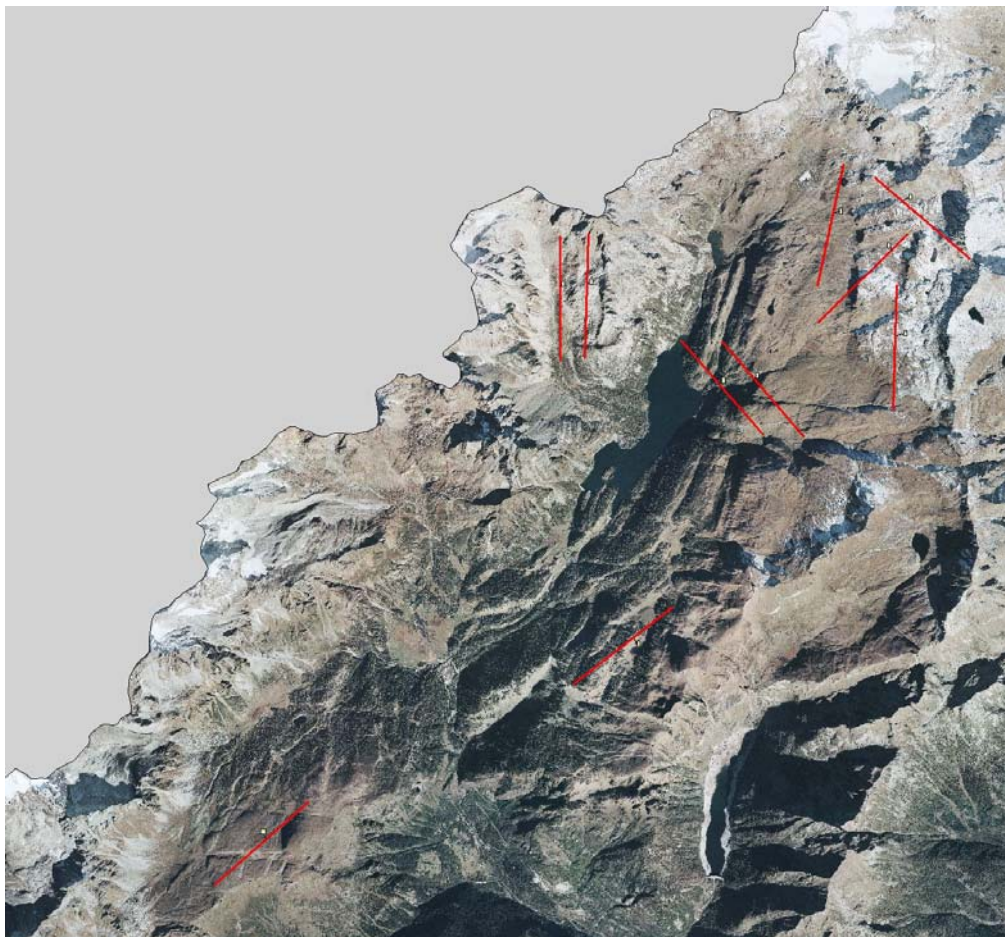
Nella area di Sangiatto invece, la zona è davvero molto discontinua. Il tracciato del transetto attraversa zone alterne di lariceto ad altre di prateria. Nella zona sono anche presenti alcuni specchi d'acqua. L'area inoltre è abbastanza disturbata causa la presenza di mandrie e di un buon flusso turistico. Ciò porta quindi a ridurre la qualità del territorio ai fini dell'insediamento delle marmotte con una corrispondente bassa densità di animali.

### **Problemi riscontrati**

Il censimento si è rivelato esser più ostico del previsto per alcune motivazioni la cui principale è stato il manifestarsi di condizioni meteorologiche sfavorevoli.

L'analisi si sarebbe dovuta svolgere in un mese e mezzo. Ciò avrebbe consentito una prima scansione dei transetti, un'analisi preliminare ed un'eventuale ripetizione della scansione totale o di alcuni transetti in caso di necessità.

Tuttavia le analisi lungo i transetti vanno svolte, al fine di effettuare l'analisi nel miglior modo possibile, in condizioni climatiche favorevoli. Le condizioni ideali sono tempo sereno ed assenza di vento tuttavia, tali situazioni si sono manifestate raramente. Nei mesi di Agosto e Settembre 2006 la zona di Devero fu interessata da frequenti rovesci piovosi che hanno reso impossibile effettuare la analisi per alcune settimane. Ciò ha portato ad una compressione dei tempi utili di svolgimento dell'attività, a circa una settimana e mezza effettiva e non consecutiva, con un conseguente sovraccarico di lavoro che mi ha obbligato, al fine di riuscire a completare in tempi utili l'analisi, a svolgere due transetti all'interno della stessa giornata. Fortunatamente alcuni gruppi di transetti, come evidente nell'immagine sottostante, sono stati ubicati in cinque aree principali:



**(Fig. 21) Vista satellitare di tutta l'area di Devero. I transetti nella zona dell'alpe Forno Inferiore/ Superiore (1, 2, 3, 5) sono all'interno del cerchio blu; quelli nell'area contigua all'alpe della valle (4, 6) nel cerchio rosso; quelli in val Deserta (7, 8) in quello verde. I due transetti singoli sono ubicati uno (10), in basso a sinistra, in val Buscagna, e l'altro (9) nell'area dei laghi di Sangiatto.**

Ciò mi ha consentito, all'interno di queste tre aree, di poter effettuare otto transetti in quattro giorni.

I due transetti restanti, ubicati in val Buscagna e nella zona di Sangiatto, sono stati svolti in due giorni differenti ma ripetuti due volte nello stesso giorno. Questo al fine di verificare due fattori:

- l'effetto di un eventuale disturbo manifestatosi durante lo svolgimento del transetto
- l'effettivo valore delle due fasce orarie in cui si svolge l'analisi

Si è così potuto così constatare l'effettivo valore di entrambe le fasce orarie poiché non vi sono state eccessive differenze nel numero di individuazioni rilevate.

Nel caso del transetto in Buscagna purtroppo l'analisi sul disturbo non ha portato a risultati poiché, sfortunatamente, in entrambe le fasce orarie il fattore di disturbo, costituito dagli spostamenti delle mandrie, è rimasto costante.



Altre problematiche hanno riguardato la morfologia della zona attraversata dal tracciato del transetto. Generalmente i transetti sono stati ubicati in zone abbastanza omogenee. Ciò ha facilitato l'analisi poiché l'area da attraversare era alquanto omogenea, o comunque con ridotte discontinuità geomorfologiche come vallate o creste, facilitando l'attività sul campo.

Ciò non si è verificato per i transetti collocati nell'area dell'alpe della valle e per quello posizionato nella zona di Sangiatto. Mentre in quest'ultimo il transetto era comunque abbastanza semplice da percorrersi, la principale difficoltà stava nel continuo alternarsi di aree di prateria ad altre di lariceto e nell'elevata pendenza da affrontare scendendo lungo il tracciato del transetto; per gli altri due transetti, collocati su tracciati paralleli, le difficoltà sono state notevoli. I due transetti attraversano un'area davvero molto discontinua. Come si evince da un'analisi dettagliata della foto satellitare, si può intuire che l'area è costituita da una sequenza di quattro vallate attraversate quasi ortogonalmente dai transetti.



**(Fig. 22) In figura si mostra l'ubicazione dei transetti 6 (più a sinistra) e 4**

Ciò ha causato notevoli difficoltà nello svolgimento dell'attività per una serie di motivazioni quali:

- la difficoltà nell'orientarsi sul terreno di volta in volta a causa del continuo variare del paesaggio
- le ampie divagazioni dal tracciato del transetto rese necessarie per oltrepassare gli ostacoli naturali
- la perdita di alcune porzioni di transetto poiché del tutto impraticabili
- la stanchezza dovuta al notevole sforzo fisico richiesto per muoversi lungo aree così ostiche

Inoltre le aree ottimali per l'insediamento delle marmotte sono state attraversate da una minima porzione dei transetti. Viceversa, alcuni dei transetti individuati erano meno che ottimali; per esempio, lungo il transetto 6 non si sono avute individuazioni.

L'ultima parte di entrambi i transetti andava a terminare in un'area di lariceto ove v'erano ulteriori problemi per mantenere un orientamento accettabile. Per di più quest'ultima zona si presentava interessata da un notevole livello di disturbo causato dalla presenza di una mandria.

Si è potuto anche potuta confrontare l'efficacia dei dati ricavati con il metodo del Distance Sampling (Tabella 9) con altri dati (Tabella 8) provenienti da un censimento effettuato in parallelo con dei plot di 1 Km x 1 Km svolti, in alcuni casi, in aree lungo cui passava il tracciato dei transetti.

Dai dati (nelle tabelle 8 e 9) si evince come le stime del Distance siano abbastanza simili a quelle dei Plot in condizioni di elevate densità (dal plottaggio dell'area di alpe Forno risultano 99 individui per Km<sup>2</sup>; con il Distance invece 110) nell'area risultano mentre, quando lungo i transetti gli avvistamenti erano ridotti, le stime ricavate tendono a discostarsi molto da quelle effettuate con i plot (nell'area di Sangiatto con i plot si stimano 23 individui per Km<sup>2</sup> mentre con il Distance solo 3).

Località	Stima N° individui
Alpe Forno	110
Alpe Sangiatto	3
Alpe Buscagna	9

Località	Stima N° adulti
Alpe Forno	99
Alpe Sangiatto	23
Alpe Buscagna	25

(Tabella 8) alcune stime di densità di marmotte su km<sup>2</sup> ottenute, per tre diversi transetti, con l'impiego della metodologia Distance Sampling.

(Tabella 9) dati sulla densità del numero di marmotte provenienti da censimento con diversi plot di 1 Km<sup>2</sup> posizionati in tre aree differenti svolto da A.Mosini.



## Conclusioni

Il metodo del Distance Sampling applicato allo studio delle popolazioni di marmotte all'interno del parco Devero ha dato esiti variabili.

A livello di semplice applicabilità in campo il metodo è sufficientemente versatile e ben si adatta all'alta variabilità, sia come copertura che come morfologia, delle superfici attraversate dai transetti.

Tuttavia lo svolgimento delle analisi risente parzialmente della struttura del territorio. Molto spesso, quando il territorio si presenta attraversato da alcune barriere naturali come vallate, creste rocciose o gole, il procedimento di censimento si fa alquanto laborioso e di difficile attuazione. L'impiego dei transetti lineari consente di svolgere l'attività pressoché ovunque ma, come inconveniente, ha l'elevato rischio di non seguire il tracciato del transetto invalidando così l'analisi che si andrà a ricavare, ciò si verifica con un'elevata probabilità proprio quando ci si trova nei pressi di grosse discontinuità. In tali situazioni l'utente può esser obbligato ad allontanarsi dal tracciato del transetto causa il passaggio di questo in zone di difficile, o addirittura impossibile, attraversamento, come ad esempio una parete di roccia verticale, al fine di poter aggirare l'ostacolo per poi riuscire a ricollocarsi lungo il tracciato. Anche in questa situazione l'impiego dei punti di riferimento e della bussola può esser utile ma di massima utilità in tale situazione sono le carte topografiche.

L'impiego della bussola, difatti, si articola sugli eventuali punti di riferimento acquisiti durante la transettatura, tuttavia, proprio a causa delle discontinuità e del continuo sali/scendi che essa comporta, anche i punti di riferimento, causa il continuo cambiamento di punto di vista dell'osservatore, possono farsi inaffidabili e quindi falsare totalmente, o parzialmente, l'impiego della bussola. L'ausilio di una carta topografica esula dai punti di riferimento che, anzi, possono esser scelti già a partire dalla carta stessa. Visionando il tracciato del transetto oltre, e durante, la discontinuità si potranno rilevare dei punti, addirittura sulla discontinuità stessa, da porre in relazione diretta al transetto e con la quale, quindi, potersi orientare. Questa pratica ha trovato riscontro, dimostrando la propria validità, durante lo svolgimento dell'attività sui due transetti collocati nella zona della alpe della valle come già sottolineato precedentemente.

Può rilevarsi di discreta utilità, prima di svolgere l'attività, effettuare una supervisione del territorio lasciando eventuali punti di riferimento come drappi, pile di rocce o altro per esser certi poi, durante lo svolgimento del transetto, di non allontanarsi dal suo tracciato.

Un altro punto del Distance sampling che può esser messo in stretta relazione con le caratteristiche del territorio è il verso di percorrenza del transetto da cui deriva anche la propria orientazione rispetto al Nord magnetico.

Poiché il censimento si basa fundamentalmente sull'attenta osservazione del territorio, è una buona idea stabilire il verso di percorrenza lungo il tracciato del transetto in relazione al dislivello.

Per poter usufruire di un ampio campo visivo, potendo così scorgere in lontananza lungo il tracciato di studio ponendosi della situazione di poter osservare animali, con l'ausilio del binocolo, anche molto lontani dall'osservatore ma nei pressi del tracciato, è preferibile scegliere di muoversi lungo i transetti in maniera tale da, per la maggior parte del percorso da effettuare, compiere un dislivello positivo, ossia scendere quota, andando così, di volta in volta, a trovarsi in punti rialzati rispetto al proseguo del transetto. Ciò consente anche di ridurre il carico di sforzo fisico correlato allo svolgimento dell'attività.

I punti appena descritti analizzano la relazione vigente tra il metodo del censimento su transetto su transetto lineare e le asperità del territorio. Ora passeremo invece all'analisi di problematiche molto più specifiche all'attività svolta, le relazioni tra il metodo di censimento ed i soggetti da censire: le marmotte.

Nel caso dell'applicazione del Distance sulle marmotte il problema principale è dovuto alle minute dimensioni degli animali ed alla loro colorazione che tendono, con molta facilità, ad occultare gli animali all'occhio dell'osservatore. In questi casi è utile, oltre all'impiego del binocolo per sondare eventuali individuazioni dubbie, esser in possesso di una rudimentale esperienza nell'osservazione di questi animali nonché svolgere l'attività con notevole calma ed attenzione, al fine di assicurarsi di censire più animali possibili. Poiché si tratta di animali tutt'altro che goffi e pigri, dotati invece di una sorprendente agilità e capacità di scorgere eventuali pericoli facendo scattare immediatamente un allarme generalizzato che porta ad un esteso stato di allerta in tutti gli individui presenti nell'area, rendendo così davvero ostico effettuare il censimento, è essenziale che l'atteggiamento del operatore sia il più possibile cauto, orientato a manifestare al minimo la propria presenza. Conviene quindi indossare indumenti di colorazioni scure o simili ai colori della prateria alpina (verdone, kaki, marrone...) al fine di rendersi il meno visibili possibile. Va ricordato che in questo tipo di censimento l'utente è in costante movimento quindi la propria possibilità di mimarsi nell'ambiente è davvero limitata al minimo. Tuttavia si può compensare tale problema muovendosi con un andatura costante e molto tranquilla. In tale modo gli animali dovrebbero esser meno allarmati poiché, proprio a causa della lentezza del passo, possono scorgere l'utente in ogni istante. Ciò, probabilmente, riduce il livello di pericolo associato alla sua presenza ed ha consentito,

nel caso specifico, di poter passare vicino ad animali posti a distanze alquanto ridotte, anche una ventina di metri, senza provocarne la fuga.

Altro utile accorgimento è, una volta individuato un soggetto, rilevarlo e mantenere la posizione per qualche tempo osservando attentamente l'area intorno a se. Ciò dovrebbe poter consentire di, se presenti, individuare e rilevare altri animali senza provocarne la fuga.

Nel caso in cui accidentalmente si provochi la fuga di un'animale prima di averne rilevato la posizione o peggio, si individui un animale quando già in fuga, conviene andare a stabilire i parametri di distanza ed angolo in relazione al primo punto nella quale si è visto l'animale. Con ciò, almeno in parte, si dovrebbe poter osservare l'assunto due della teoria del Distance.

Riguardo alle stime ricavate i problemi hanno riguardato soprattutto il basso numero di individui rilevati in totale. Ciò ha portato allo sforzo del modello statistico ricavando delle stime di appena sufficiente affidabilità corredate, però, ad un'elevata incertezza sperimentale evidente dall'ampiezza dell'intervallo di dati interni all'incertezza sperimentale del 95%. Questo è dovuto all'ubicazione di almeno quattro transetti in aree a minima densità che ha portato quindi ad un ridotto numero di osservazioni. Questo fatto però non è da considerarsi come un errore nella fase di preparazione del censimento. Il posizionamento casuale dei transetti è un parametro necessario, come si è sottolineato nei capitoli precedenti, al fine di ottenere stime veritiere.

Il metodo del censimento su transetto lineare ha comunque mostrato delle buone potenzialità. Abbina di fatti una metodologia alquanto semplice e veloce ad un'elaborazione software che, se posta in condizioni ottimali di agire, consente di estrapolare delle stime valide.

La caratteristica più interessante che ho rilevato, oltre all'elevato grado di configurabilità del software, già abbondantemente descritto in precedenza, è la possibilità di avere stime globali e relative ai transetti. Questo consente, con una sola attività censitiva di poter ricavare stime di risoluzione differenti potendo così, in un sol modo, avere un'idea della densità e della distribuzione della popolazione nell'area del parco e, a sua volta, nelle aree campione attraversate dai transetti. Queste a loro volta potrebbero venire ulteriormente suddivise in sotto aree facendole attraversare da un numero variabile di transetti ottenendo così delle stime ancora più sottili e precise riguardo quelle aree ricavando, quindi, dati molto precisi riguardo la distribuzione degli animali nelle aree del parco ponendo quindi le basi per un ulteriore studio che ponga, ad esempio, in relazione

la densità degli animali con la morfologia del territorio ed il livello di disturbo al quale è soggetto.

In conclusione l'applicazione del Distance Sampling ha dato dei buoni risultati. Va ricordato che l'analisi svolta in Devero è da intendersi prioritariamente come un progetto pilota di valutazione dell'applicabilità del metodo del Distance Sampling alle marmotte ed all'area di analisi e quindi molti dei parametri scelti, come ad esempio il numero e la lunghezza dei transetti, sono stati stabiliti senza un effettivo studio preliminare al fine di, dopo aver svolto l'analisi, poter modificarli in relazione ai dati raccolti.

Da tutto ciò si evince che il metodo del censimento su transetto lineare si adatta abbastanza bene alla situazione ambientale/ ecologica di Devero. Tuttavia, al fine di incrementare il numero di osservazioni e la capillarità dei transetti nell'area, ottenendo così delle stime più affidabili e fornenti dati di maggiore applicabilità ed interesse, sarebbe conveniente incrementare il numero di transetti i quali, comunque, andrebbero ad esser collocati sempre secondo il principio di casualità. La lunghezza invece mi è parsa ottimale anche se, forse, potrebbe esser differenziata in relazione alle aree di ubicazione dei transetti. Si potrebbero disporre transetti di lunghezza inversamente proporzionale al tasso probabilistico di individuazioni nelle diverse zone. In tal modo, probabilmente, tutti i transetti porterebbero all'acquisizione di un buon numero di dati consentendo così al software di agire in condizioni ottimali. Questo tipo di approccio non dovrebbe alterare il principio di oggettività dell'analisi poiché il software, durante lo sviluppo dell'analisi, va a valutare, oltre al numero di cluster osservati, ed alla loro taglia, anche la lunghezza del transetto sulla quale sono stati individuati. Ciò dovrebbe consentire quindi di ricavare delle stime, nonostante la variabilità delle lunghezze dei transetti, di buona validità. Potrebbe esser utile procedere alla stratificazione dei transetti quando questi vanno ad attraversare aree con notevoli differenze a livello ambientale (es. passaggio da landa alpina a foresta) e quindi dove esiste una concreta variazione lungo il transetto della funzione probabilistica d'individuazione. Ciò dovrebbe incrementare ulteriormente la raffinatezza e la precisione delle analisi poi andate ad esser sviluppate.

## Publicazioni consultate

Anderson D. R., Buckland S.T., Burnham K. P. and Laake J. 1993. Distance Sampling. Chapman & Hall.

Arnold W., Frey-Roos F., Stephens P.A., Sutherland W.J. 2002. Model complexity and population predictions. The alpine marmot as a case study. *Journal of Animal Ecology*: 343-361.

Arnold W. E Lichtenstein A.V. 1993. Ectoparasite load decrease the fitness of alpine marmot (*Marmota marmota*) but are not a cost of sociality. *Behavioral Ecology* 4: 36-39.

Boero Lenti D. 1999. Population dynamics, mating system and philopatry in a high altitude colony of alpine marmots (*Marmota marmota L.*). *Ethology Ecology & Evolution* 11: 105-122.

Boero Lenti D. 2001. Occupation of hibernacula, seasonal activity, and body size in a high altitude colony of Alpine marmots (*Marmota marmota*). *Ethology Ecology & Evolution* 13: 209-223.

Borgo A. 2003. Habitat requirements of the Alpine marmot (*Marmota marmota*) in re-introduction areas of the Eastern Italian Alps. Formulation and validation of habitat suitability models. *Acta Theriologica* 48: 557-569.

Frangioni G. e Lenz P. C. 2004. Alpe Devero. Edizioni Grossi, Domodossola (Vb).

Herrero J., Graciagonzalez R. e Garciaserrano A. 1994. Altitudinal distribution of alpine marmot (*Marmota marmota*) in the Pyrenees, Spain/ France. *Arctic and Alpine Research* 26: 328-331.

Meriggi, A. 1990. Analisi critica di alcuni metodi di censimento della fauna selvatica (*Aves, Mammalia*). Aspetti teorici ed applicativi. *Ricerche di Biologia della Selvaggina* 83;

## Ringraziamenti

Molte persone ho da ringraziare perchè molte ne ho avute la fortuna di incontrare nella mia vita ed in questi quattro anni...

..Non posso non ringraziare per primi i miei genitori. Hanno sacrificato, dedicato e prodigato l'intera loro esistenza alla mia vita facendo sacrifici su sacrifici, sin da giovanissima età, senza mai arrendersi e senza mai farmi mancare il loro affetto, pur manifestandolo in un maniera così diversa, nonché il loro sostegno anche nei momenti più difficili. Sono continua fonte d'insegnamento e se oggi sono giunto a questo piccolo traguardo è per buona parte grazie a loro...ringrazio mia nonna Ada, mio nonno Tonino e mia zia Lucia. Sin da quando ero piccolo mi hanno amato con tutto il loro cuore e sono stati, e lo sono tutt'ora, nonostante la loro diversità, un esempio di affetto profondo ed immensa generosità d'animo...

...ovviamente ringrazio per i tanti insegnamenti che mi hanno fornito e per la grande disponibilità il prof. Giuseppe Bogliani e Radames...

...vorrei ringraziare molto Siel perché è un decennio che lo conosco ed è un decennio ch'è rimasto, nonostante tutti i cambiamenti di fronte cui la vita pone le persone, un uomo ammirabile ed un buon amico nonché una brava persona...vorrei ringraziare davvero molto Marcello, David ed Alessandro (l'ordine è cronologico) per l'infinita pazienza che hanno avuto nel tollerare una persona a volte difficile, come so di essere, e per aver dimostrato una sensibilità ed una capacità di ascoltare davvero inattesa...

...molto ho da essere grato a Stu: per tutte quelle le volte che mi ha fatto sbellicare dalle risate raccontandomi aneddoti leggendari, mostrando una cronica mancanza di caviglie ed un moderato eccesso, anch'esso cronico, di benessere; per tutti quei chilometri di strada che abbiamo macinato; per il Dottor Hyde, per avermi fatto conoscere i divini Garbage ma, soprattutto, per la disponibilità e la bontà d'animo che, nonostante si ostini a nascondere, si evince da come parla e da come, tante volte, pur sapendo a cosa andasse incontro, abbia voluto trascorrere tante ore in mia compagnia anche se non ero molto incline ad esserlo, sia in macchina, sia a casa, sia sul tavolo da biliardo...debbo debitamente ringraziare il Raffo per le miriadi di volte che ho passato interminabili ore di lezione, sin dalla prima superiore, come che fossero brevi istanti; per le tante buone idee che mi ha fornito, dalla fotografia alla scrittura, ma soprattutto perchè, nonostante negli ultimi anni non sia stato nei suoi confronti un buon amico, quando c'è stato bisogno non s'è tirato indietro pur dovendosene tornare, alle quattro di una fredda mattina d'inverno 2007, a casa da solo attraversando la città sulle sue gambe dandomi un grande

insegnamento...ringrazio Alessandra per esser ricomparsa dopo tanto tempo ed aver subito voluto essermi vicina con la sua dolcissima presenza...

...non posso non ringraziare due bellissimi e diversissimi fiori che ho trovato a Pavia: Elisabetta e Silva. Entrambe, seppur con modi così differenti, mi hanno fatto dono della loro preziosa e duratura amicizia in tanti istanti preziosi. Le ringrazio di questo e delle infinite volte in cui mi hanno porto il loro bel sorriso in cambio di nulla...

...Ti ringrazio con tutto il mio cuore ed il mio animo Barbara. Non conosco parole così grandi che possano compensare le tantissime cose che mi hai voluto dare in dono facendomi vivere appieno; e ti ringrazio infinitamente per avermi fatto capire quali sono le cose davvero importanti facendomi sentire la melodia più dolce che potrò mai udire e percepire: quell'armoniosa vibrazione ch'è stato il tuo amore per me...

