

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Facoltà di Medicina Veterinaria

Corso di Laurea in Medicina Veterinaria



PARASSITI ABOMASALI E QUALITÀ DELLA DIETA:
EFFETTO SUL METABOLISMO DEI CAMOSCI
NELLA PROVINCIA DI LECCO

Relatore: Prof. Paolo LANFRANCHI

Correlatore: Dott. Nicola FERRARI

Tesi di Laurea di:

Antonio Trapani

Matr. 609863

Anno Accademico 2006 / 2007

| | |
|--|---------|
| INTRODUZIONE..... | pag. 1 |
| MATERIALI E METODI..... | pag. 3 |
| 1 AREA DI STUDIO e STATUS DEL CAMOSCIO..... | pag. 3 |
| 2 RACCOLTA DEI DATI ED INDAGINI DI LABORATORIO..... | pag. 6 |
| 2.1 RACCOLTA DEI DATI IN CAMPO..... | pag. 6 |
| 2.2 INDAGINI DI LABORATORIO..... | pag. 7 |
| 2.2.1 QUADRO PARASSITOLOGICO..... | pag. 7 |
| 2.2.2 QUADRO NUTRIZIONALE..... | pag. 8 |
| 2.2.3 QUADRO METABOLICO..... | pag. 9 |
| 2.3 CONSISTENZE NUMERICHE DEL CAMPIONE ANALIZZATO..... | pag. 9 |
| 3 ANALISI STATISTICA DEI DATI: (INTERAZIONE OSPITE- PARASSITA-AMBIENTE)..... | pag. 10 |
| 3.1 ANALISI DELLA COMUNITA' ELMINTICA..... | pag. 11 |
| 3.2 ANALISI DEGLI INDICI DI FITNESS..... | pag. 12 |
| 3.2.1 ANDAMENTO SPAZIO TEMPORALE DEI DATI PARASSITOLOGICI, DI FITNESS E NUTRIZIONALI..... | pag. 12 |
| 3.2.2 ANALISI DELL'INFLUENZA DEL PARASSITISMO E DELLA NUTRIZIONE SULLA FITNESS..... | pag. 13 |
| RISULTATI..... | pag. 15 |
| 4 ANALISI DELLA COMUNITA' ELMINTICA ABOMASALE..... | pag. 15 |
| 5 ANALISI DELLA QUALITA' DELLA DIETA..... | pag. 19 |
| 6 ANALISI DELLA FITNESS..... | pag. 23 |
| 6.1 SELEZIONE PARAMETRI DI INTERESSE..... | pag. 23 |

| | |
|---|---------|
| 6.2 ANALISI DE PARAMETRI BIOMETRICI ED EMATOCHIMICI SELEZIONATI IN RELAZIONE AL CRASH..... | pag. 25 |
| 7 ANALISI DELL'INTERAZIONE OSPITE-PARASSITA-AMBIENTE.. | pag. 32 |
| DISCUSSIONE..... | pag. 46 |
| BIBLIOGRAFIA..... | pag. 49 |

INTRODUZIONE

L'importanza degli elminti nella regolazione delle popolazioni dei ruminanti selvatici a vita libera fino ad oggi non ha avuto un riconoscimento univoco, ma al riguardo sono stati espressi pareri contrastanti. Se a livello teorico non ci sono dubbi sull'effetto dei parassiti (Anderson & May, 1978), nella realtà di campo alcuni autori mettono in dubbio il fatto che essi possano avere un impatto sullo stato di salute delle popolazioni animali a vita libera (Demarais *et al.*, 1983; Perez *et al.*, 2003).

Per esempio, in uno studio svolto negli Stati Uniti, le cariche degli elminti abomasali non sono risultate un indice utile per il monitoraggio delle condizioni di salute del cervo a coda bianca (*Odocoileus virginianus*) (Waid *et al.*, 1985); considerando una popolazione di capriolo (*Capreolus capreolus*) in un contesto alpino si sono avuti dei risultati analoghi (Rossi *et al.*, 1997). Peraltro altre esperienze sempre su ruminanti selvatici riscontrano un impatto anche marcato delle cariche abomasali (e.g., Gulland, 1992; Tompkins *et al.*, 2002; Stien *et al.*, 2002).

Questa disparità di posizioni può essere almeno in parte dovuta alle oggettive difficoltà nel valutare l'impatto degli elminti, che tra l'altro di norma non comportano un'evoluzione clinica conclamata. In effetti sono numerosi i fattori che possono influenzare l'instaurarsi delle infestazioni e l'abbondanza delle specie parassite (Calvete *et al.*, 2003), con la possibilità di quadri complessi e non facilmente definibili. Ne deriva la necessità di un rigoroso approccio metodologico, a partire da un adeguato campionamento (Gulland, 1997).

Va osservato inoltre che di norma le indagini condotte sulla valutazione del ruolo regolatore degli elminti hanno avuto un approccio “unilaterale”, focalizzando l’attenzione sui parassiti, senza arrivare ad un’approfondita valutazione del rapporto parassita-ospite-ambiente, integrando quindi il quadro parassitologico a quello metabolico e nutrizionale dell’ospite. E’ evidente come l’importanza di una valutazione oggettiva del fenomeno parassitismo nelle popolazioni animali a vita libera non debba essere vista solo a livello strettamente scientifico, ma assuma una rilevanza anche gestionale per le implicazioni operative che ne possono scaturire, a prescindere dal fatto che tale fenomeno comporti manifestazioni più o meno conclamate.

La presente tesi si basa sui dati del monitoraggio sanitario sulla popolazione di camosci dell’area di studio dal 1998 al 2005; in particolare sono state svolte raccolta e relative analisi di laboratorio degli abomasia raccolti dal 2003 al 2005, potendo disporre dei dati degli anni precedenti per aumentare il campionamento e consentire un’analisi statistica più esaustiva.

Sulla base di quanto sopra lo scopo della presente tesi è quello di valutare l’eventuale impatto del parassitismo, analizzando la triade parassita-ospite-ambiente in una popolazione di camoscio (*Rupicapra r. rupicapra*) a partire dal ruolo giocato da cariche abomasali e qualità della dieta nell’influenzare i valori dei parametri di fitness.

MATERIALI E METODI

1 AREA DI STUDIO e STATUS DEL CAMOSCIO

Lo studio si svolge nel territorio alpino della provincia di Lecco (46°09' N, 45°46' S, 9°18' W, 9°31' E), che è caratterizzato da un range di altitudini da 300 e 2400 m. sul livello del mare.

Il clima è continentale/suboceanico.

A fini amministrativi l'area è suddivisa in due Comprensori Alpini di Caccia (CAC) "Alpi lecchesi" e "Prealpi lecchesi", ciascuno dei quali è costituito da più settori di caccia (Figura 1).



Figura 1). Cartina dell'area di studio e sua suddivisione in Comprensori e settori di caccia (in azzurro chiaro il Comprensorio Prealpi ed in grigio il Comprensorio Alpi).

Il camoscio, presente in quest'area dall'inizio degli anni Ottanta, proviene dalle contigue valli alpine; solo nei settori delle Grigne Occidentali ed Orientali, per la presenza di barriere naturali ed artificiali che ne hanno impedito la naturale ricolonizzazione, è stato reintrodotta.

La popolazione di camoscio vive dai pendii sovrastanti il lago di Como (300 m. sul livello del mare) fino ai pascoli alpini (tra i 2000 e i 2400 m. sul livello del mare).

Nell'area di studio, in cui l'areale del camoscio ha un'estensione di 253 km² (Pedrotti *et al.*, 2001), al censimento del 2005 sono stati contati 1548 camosci con densità molto variabili tra i settori di caccia e comprese tra 7 e 17 capi/km² (Figura 2).

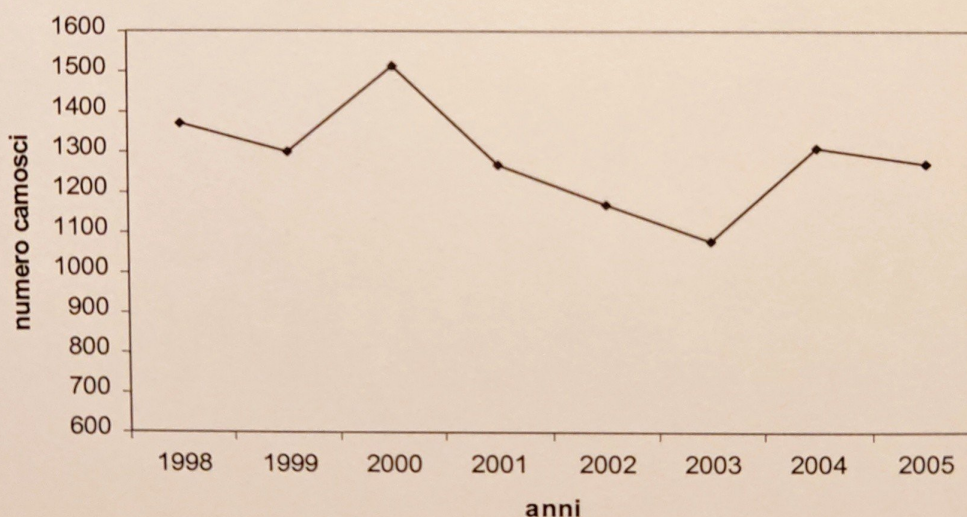


Figura 2. Andamento della popolazione di camoscio nell'area di studio.

Il camoscio viene cacciato da ottobre ad inizio dicembre attraverso la caccia di selezione, ovvero su un prelievo basato sulla numerosità e struttura della popolazione.

L'habitat del camoscio è caratterizzato da prati-pascoli, tipici dell'ambiente alpino, con una tendenza, riscontrata negli ultimi anni, ad una espansione degli arbusteti ai danni di tali pascoli a seguito dei cambiamenti delle abitudini agro-silvo-pastorali (Guastella, dati non pubblicati).

In quest'area è presente una stabile popolazione di caprioli (2112 individui al censimento del 2000), i cui territori sono sovrapponibili in buona parte con quelli frequentati dai camosci; sono presenti anche cervi e stambecchi, anche se in numero inferiore.

Oltre a queste popolazioni a vita libera, il camoscio entra in contatto anche con ruminanti domestici (circa 2000 bovini, 4000 ovini e 2000 caprini) al pascolo durante la stagione estiva. Inoltre piccoli gruppi di ovi-caprini, di fatto lasciati liberi sul territorio, frequentano gli areali del camoscio anche dopo la stagione di pascolo.

A partire dal 1998 la popolazione di camoscio residente in quest'area è oggetto di un monitoraggio sanitario con rilievi biometrici, parassitologici, metabolici e nutrizionali sui capi abbattuti nella stagione venatoria. In particolare nell'inverno 2000/2001 si è verificata un'epidemia di polmonite, la cui mortalità, con picchi dell'80% in alcuni settori, ha provocato una diminuzione dell'effettivo; il numero delle carcasse ritrovate nel corso dell'epidemia è di 194 unità (Citterio *et al.*, 2003).

2 RACCOLTA DEI DATI ED INDAGINI DI LABORATORIO

2.1 RACCOLTA DEI DATI IN CAMPO

I campioni biologici, ai fini del presente lavoro, sono stati prelevati da camosci abbattuti nelle stagioni di caccia dal 1998 al 2005. In particolare sono stati raccolti: abomaso, reni con relative capsule adipose, un campione del contenuto ruminale ed un campione di sangue intero o coagulato dalla cavità cardiaca.

Gli organi raccolti sono stati portati entro poche ore dall'abbattimento ai centri di raccolta presenti in ciascun settore, dove sono stati etichettati e posti in congelatore a -20°C; il contenuto ruminale è stato a sua volta opportunamente numerato ed in seguito congelato; il campione di sangue è stato sottoposto a centrifugazione per la raccolta del siero, successivamente aliquotato in provette da 1,5 ml e congelato.

Per ciascun capo inoltre i cacciatori hanno compilato una scheda riportante segnalamento, data e luogo del prelievo e misurazioni biometriche (peso eviscerato, lunghezza corporea, altezza al garrese, lunghezza del piede, circonferenza toracica, lunghezza del corno destro e sinistro, circonferenza del collo).

Per valutare lo stato di nutrizione del soggetto è stato calcolato l'indice di grasso perirenale (Kidney Fat Index – KFI) attraverso la formula (Anderson *et al.*, 1972):

$$KFI = \frac{gGrassoPerirenale + gTunicaFibrosa}{gReni} 100$$

Questo indice può avere valori maggiori/uguali a 0; valori prossimi allo 0 si manifestano nei soggetti la cui tunica fibrosa è particolarmente esile ed, al progredire del suo peso, il valore dell'indice ha valori sempre più grandi.

2.2 INDAGINI DI LABORATORIO

2.2.1 QUADRO PARASSITOLOGICO

Si è proceduto alla raccolta del contenuto abomasale mediante apertura lungo la grande curvatura ed al lavaggio delle pareti con acqua di fonte. Il materiale ottenuto è stato filtrato su filtri a maglie metalliche del lume di 0,038 mm al fine di concentrarlo e purificarlo. Al termine di queste operazioni, il contenuto abomasale residuo è stato recuperato e conservato in contenitori a tenuta ermetica in soluzione di formalina al 5%. I parassiti sono stati raccolti prelevando dal contenuto di ciascun viscere un'aliquota pari al 10% che è stata osservata allo stereomicroscopio. Si è stimato il numero totale di parassiti abomasali (N) mediante la formula: $N = 10 * n$ (dove n è il numero di parassiti osservati nell'aliquota prelevata).

Successivamente si è provveduto alla divisione degli esemplari di sesso maschile e femminile, al conteggio differenziato secondo il sesso e, previo schiarimento in lattofenolo, al montaggio su vetrino degli elminti di sesso maschile per l'identificazione della specie, utilizzando a quest'ultimo scopo le chiavi di identificazione di Skryabin *et al.* (1961), Drözd (1965), Durette-Desset (1982), Cabaret *et al.* (1986).

Per la nomenclatura si è fatto riferimento a quanto proposto da Durette-Desset (1989). Sono state considerate le morfologie alternative di *Teladorsagia circumcincta*, *Marshallagia marshalli*, *Ostertagia leptospicularis* e *Spiculoptertagia spiculoptera* [rispettivamente *Teladorsagia trifurcata* (Suarez & Cabaret, 1992), *M. occidentalis* (Lichtenfels & Pilitt, 1989), *O. kolchida* (Lancaster *et al.*, 1983) e *Rinadia mathessoviani* (Drösdz & Lachowicz, 1987)] come specie a sè stanti.

2.2.2 QUADRO NUTRIZIONALE

Presso il Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Torino sono state effettuate le analisi relative ai dati nutrizionali, i cui risultati sono stati messi gentilmente a disposizione per la presente tesi.

La valutazione della qualità della dieta è stata eseguita tramite analisi chimiche di laboratorio del contenuto ruminale al fine di quantificare le concentrazioni della sostanza secca, delle proteine e della fibra dei contenuti in questione.

Per la valutazione della proteina è stato utilizzato il sistema Kjeldal.

Per quanto riguarda la fibra sono stati eseguiti due tipi di analisi: una prima per determinare la concentrazione della fibra grezza, costituita da carboidrati strutturali che compongono la parete cellulare (cellulosa, emicellulosa, lignina, cutina, pectina), e quindi una ulteriore per valutare l'NDF (Neutral Detergent Fiber) che rappresenta le fibre ad alta digeribilità.

2.2.3 QUADRO METABOLICO

Le determinazioni sono state effettuate presso il laboratorio di Patologia Generale del Dipartimento di appartenenza e messe gentilmente a disposizione per la stesura della presente tesi.

I sieri sono stati classificati in base al grado di emolisi, suddividendo i campioni mediante una valutazione visiva in quattro classi (classe 0, 1, 2, 3), in ordine crescente per grado di emolisi (Sartorelli *et al.*, 1994). Sul siero, mediante analizzatore automatico EOS BRAVO (Hospitex), sono stati valutati con i kit commerciali (Hospitex Diagnostic) il colesterolo (mg/dl) ed i trigliceridi (mg/dl) per il metabolismo lipidico, le proteine totali (g/dl) e le albumine (g/dl) per il metabolismo proteico. La concentrazione delle globuline è stata valutata per sottrazione dalle proteine totali delle albumine.

Per i trigliceridi, il colesterolo e le proteine totali disponiamo dei valori dal 1998 al 2003, per le albumine dal 1999 al 2003.

2.3 CONSISTENZE NUMERICHE DEL CAMPIONE ANALIZZATO

L'entità dei campioni, che è stato possibile analizzare, è riportata nella tabella 1 relativa alla composizione numerica dei diversi dati raccolti.

Tabella 1. Composizione numerica dei dati biometrici a disposizione e dei campioni raccolti.

| | Dati Biometrici | Abomasi | Contenuti ruminanti | Campioni sierologici |
|----------------------|------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|
| Consistenza numerica | 772 | 253 | 232 | 81 |

3 ANALISI STATISTICA DEI DATI: (INTERAZIONE OSPITE-PARASSITA-AMBIENTE)

L'analisi dell'interazione ospite-parassita-ambiente è stata effettuata attraverso l'analisi prima distinta e poi congiunta delle tre componenti.

In particolare il quadro parassitologico è stato analizzato a livello di comunità elmintica per evidenziarne i tratti principali a livello soprattutto intraspecifico.

Questi dati per una più approfondita valutazione del rapporto parassita-ospite sono stati quindi analizzati in rapporto a quelli nutrizionali, che più in generale sono stati assunti anche come espressione della qualità ambientale.

La compagine dell'ospite è stata analizzata al fine di identificare gli indici di fitness. Nel presente studio con il termine fitness si intende la condizione metabolica dell'ospite, ovvero quella condizione di benessere capace di influire sulla sua futura sopravvivenza.

Le variabili relative a parassiti, dieta e ospite sono state da principio analizzate, utilizzando la totalità del campione disponibile per ciascuna di queste, per verificare eventuali differenze significative tra il periodo prima (1998-2000) e dopo (2001-2005) il crash di popolazione e tra i settori che sono stati coinvolti (Cavallo, Campelli-Maesimo e Marcia) o meno da detto crash.

Infine l'interazione ospite-parassita-ambiente è stata valutata analizzando l'influenza del carico parassitario e della dieta sulla fitness dell'ospite prendendo in considerazione i capi di cui era disponibile il data set completo dei dati (n= 61).

3.1 ANALISI DELLA COMUNITA' ELMINTICA:

Per ogni specie parassita, complessivamente e per ogni singolo anno dell'indagine, sono stati calcolati gli indici di prevalenza (percentuale di ospiti infestati sul totale del campione), abbondanza media (numero medio di parassiti/ospite sul totale del campione), intensità media (numero medio di parassiti/ospite sui soggetti positivi) (Bush *et al.*, 1997) e l'indice di importanza (I) che tiene conto sia della prevalenza sia dell'abbondanza. (Thul *et al.*, 1985). L'indice I esprime la posizione gerarchica di ciascuna specie nella comunità elmintica. Le specie con $I \geq 1$ sono considerate dominanti e fortemente caratteristiche della comunità; le specie con $0.01 \leq I < 1$ sono considerate codominanti, ovvero contribuiscono significativamente alla comunità, sebbene in grado inferiore rispetto alle dominanti; mentre se $0 < I < 0.01$ la specie è subordinata, in genere è poco frequente e, sebbene possa riprodursi e svilupparsi nell'ospite, non contribuisce in modo significativo a caratterizzarne la comunità; infine se $I = 0$ la specie è probabilmente da ritenere un "unsuccessful pioneer", ovvero non è in grado di mantenersi nell'ospite considerato.

Nelle successive analisi l'effetto dei parassiti è stato valutato concentrando l'attenzione sull'influenza della carica totale e sulla carica della specie dominante la comunità elmintica.

3.2 ANALISI DEGLI INDICI DI FITNESS

Attraverso l'Analisi delle Componenti Principali (PCA), tra i parametri morfobiometrici ed ematochimici, sono state selezionate le variabili che meglio potessero descrivere la fitness dell'ospite. La PCA è una analisi statistica multivariata che permette di ridurre il numero delle variabili a quelle più importanti nel descrivere la variabilità totale. In particolare possono essere identificati fattori comuni a più variabili che identifichino o un processo biologico sottostante o, in assenza di una rispondenza reale, il fattore individuato può rappresentare uno strumento statistico di sintesi. Inoltre all'interno di questi fattori è possibile identificare la variabile che maggiormente contribuisce alla determinazione di questo (Crawley, 2002).

Sulla base di ciò, attraverso la PCA eseguita sui parametri morfobiometrici ed ematochimici, sono state identificate le componenti principali che spiegassero il 90% della varianza totale. Successivamente, all'interno di queste componenti principali, le variabili col maggior peso sono state selezionate quali indici rappresentativi della fitness dell'ospite.

3.2.1 ANDAMENTO SPAZIO TEMPORALE DEI DATI PARASSITOLOGICI, DI FITNESS E NUTRIZIONALI

Gli indici di fitness, i carichi parassitari ed i valori nutrizionali sono stati successivamente analizzati per verificare se evidenziassero variazioni temporali e spaziali in relazione al crash di popolazione.

Queste analisi sono state effettuate attraverso Modelli Generalizzati Lineari (GLM), che permettono di analizzare la variabile d'interesse in questione (variabile risposta) in funzione di più variabili indipendenti. Queste analisi forniscono un modello statistico rappresentato da un'equazione che descrive i rapporti tra la variabile

risposta e le variabili indipendenti. Inoltre i GLM permettono l'analisi di dati che non presentano una distribuzione normale permettendo di specificare altre distribuzioni. Nel caso dei dati relativi ai parassiti, che presentano nella quasi totalità dei casi una distribuzione binomiale negativa (Shaw & Dobson 1995, Shaw *et al.* 1998), l'uso dei GLM determina l'incremento della potenza statistica delle analisi (Wilson & Greenfell, 1997).

Le variabili in questione sono state analizzate attraverso GLM, inserendo la variabile temporale "prima/dopo" il crash e la variabile spaziale "area-con/area-senza crash", quali variabili indipendenti. Pur non essendo lo scopo principale dell'analisi, nei modelli sono state inserite quali covariabili sesso, età del camoscio e giorno dell'anno del prelievo, al fine di pesare la diversa composizione dei campioni.

Dal modello massimale di partenza, comprendente tutte le variabili indipendenti, attraverso il metodo stepwise backward deletion è stato ottenuto il modello minimale, ovvero quello che comprende solo i fattori che contribuiscono a spiegare le modificazioni della variabile in esame in misura significativa (McCullagh & Nelder, 1983). Con il modello minimale è stato quindi valutata l'influenza del fattore temporale e spaziale.

3.2.2 ANALISI DELL'INFLUENZA DEL PARASSITISMO E DELLA NUTRIZIONE SULLA FITNESS

L'influenza del carico parassitario e dell'alimentazione sulla fitness dei camosci è stata analizzata attraverso GLM. Gli indici di fitness sono stati inseriti quali variabili risposta, mentre il carico parassitario totale e della specie dominante ed i valori nutritivi sono stati inseriti assieme a sesso, età del camoscio, giorno ed anno del prelievo, quali variabili indipendenti.

L'analisi del modello è stata poi eseguita come descritta al punto 3.2.1..

Tutte le analisi sono state effettuate con il software S-plus 6.1 (Insightful Corp. 2002)

e quale limite di significatività è stato fissato il valore di $p < 0.05$.

RISULTATI

4 ANALISI DELLA COMUNITA' ELMINTICA ABOMASALE

Struttura ed andamento temporale.

L'analisi parassitologica dei 262 abomasi di camosci raccolti dal 1998 al 2005 ha evidenziato 15 specie di nematodi gastrointestinali, tutte appartenenti alla superfamiglia *Trichostrongyloidea* (Tabella 2), con 4 specie dominanti: *Haemonchus contortus*, *Ostertagia circumcincta*, *Trichostrongylus axei* e *Spiculoptertagia spiculoptera*.

Inoltre sono risultate presenti 8 specie con un ruolo di codominanti e 3 con un ruolo di subordinate.

Tabella 2. Valori di prevalenza, abbondanza media, intensità media ed indice di Thul delle specie elmintiche riscontrate sul totale degli abomasi raccolti nel periodo 1998-2005 (n= 253).

| | Prevalenza | Abbondanza media | Intensità media | Indice di Thul |
|---|------------|------------------|-----------------|----------------|
| <i>Haemonchus contortus</i> | 65,6 | 38,5 | 62,8 | 59,6 |
| <i>Ostertagia circumcincta</i> | 45,9 | 21,8 | 46,5 | 25,1 |
| <i>Trichostrongylus axei</i> | 26,9 | 17,9 | 56,5 | 11,3 |
| <i>Spiculoptertagia spiculoptera</i> | 18,0 | 3,6 | 19,7 | 1,9 |
| <i>Ostertagia leptospicularis</i> | 10,0 | 2,1 | 16,8 | 0,8 |
| <i>Trichostrongylus vitrinus</i> | 7,6 | 1,3 | 11,1 | 0,5 |
| <i>Teladorsagia trifurcata</i> | 7,0 | 0,9 | 8,2 | 0,2 |
| <i>Teladorsagia pinnata</i> | 6,1 | 0,9 | 10,1 | 0,2 |
| <i>Rinadia mathevossiani</i> | 4,3 | 0,5 | 6,7 | 0,1 |
| <i>Nematodirus spp</i> | 3,6 | 0,9 | 16,7 | 0,1 |
| <i>Ostertagia kolchida</i> | 3,5 | 0,6 | 7,0 | 0,2 |
| <i>Trichostrongylus colubriformis</i> | 2,9 | 0,4 | 7,1 | 0,1 |
| <i>Trichostrongylus capricola</i> | 1,4 | 0,1 | 3,7 | 0,01 |
| <i>Ostertagia ostertagi</i> | 0,6 | 0,1 | 6,2 | 0,0001 |
| <i>Trichostrongylus longispicularis</i> | 0,4 | 0,01 | 1,2 | 0,0001 |

La carica totale media è risultata di 214.5 elminti/camoscio con una richness media di 2.1 specie parassita/camoscio.

Tra le specie dominanti *H. contortus* è risultata la più diffusa con una prevalenza del 65,6 % e valori di abbondanza ed intensità media rispettivamente di 38,5 e 62,8 elminti/individuo.

Nel corso degli anni di studio la comunità parassitaria ha mantenuto suddetta struttura. In particolare *H. contortus* è sempre risultata la specie dominante, seguita da *T. circumcincta* e *T. axei*, ad eccezione del 2003 in cui *T. circumcincta* ha sopravanzato *H. contortus* (Figura 3).

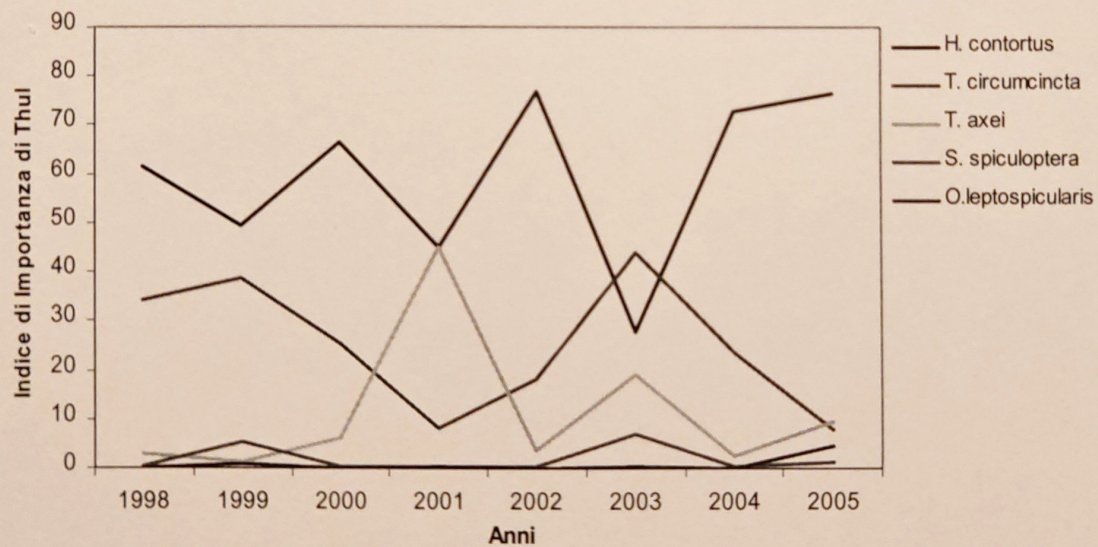


Figura 3. Andamento temporale della struttura della comunità elmintica (i dati riportati sono relativi ai valori dell'indice di Thul delle specie più importanti).

Relativamente invece alle carica parassitaria totale nel corso degli anni di studio tale valore ha registrato il massimo di 411.8 parassiti/camoscio nel 2001 e minimo nel 2004 di 104,3 parassiti/camoscio (Figura 4).

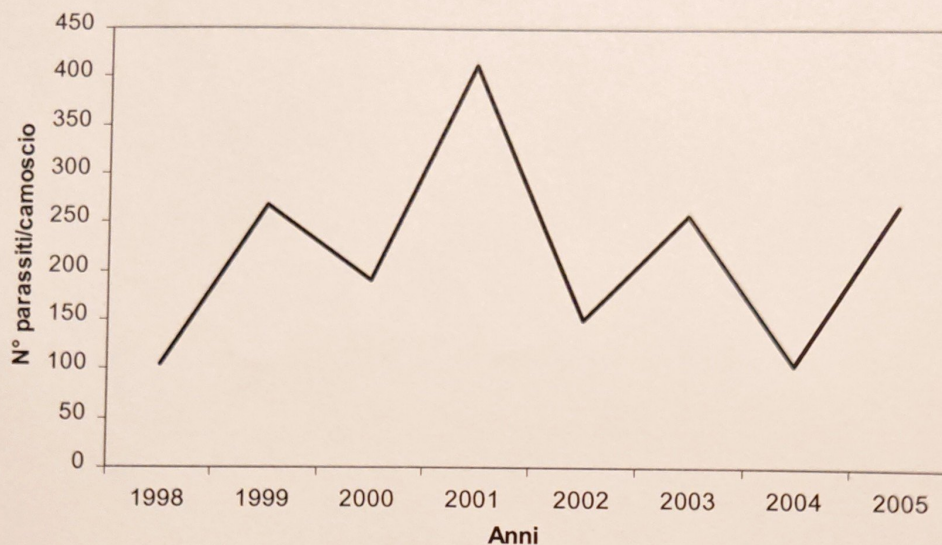


Figura 4. Andamento temporale della carica parassitaria media nei camosci della provincia di Lecco.

La carica parassitaria totale (Tabella 3) ha evidenziato valori differenti nei settori interessati o non dal crash, con valori maggiori nei settori interessati. In particolare la carica parassitaria totale, che mostrava valori maggiori prima del crash nei settori interessati, ha evidenziato valori simili tra tutti i settori nel periodo successivo al crash (Figura 5).

Tabella 3. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di carica abomasale nei camosci (n= 253).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|------------------------------|--------------|------|----------|--------|
| Settore senza crash | 0,171 | 1 | 4,247 | 0,039 |
| Anni pre crash | -0,138 | 1 | 1,950 | 0,162 |
| Giorno dell'anno | -0,014 | 1 | 12,349 | <0,001 |
| Sesso | 0,144 | 1 | 2,980 | 0,084 |
| Settore crash*anni pre crash | 0,216 | 1 | 8,420 | 0,003 |

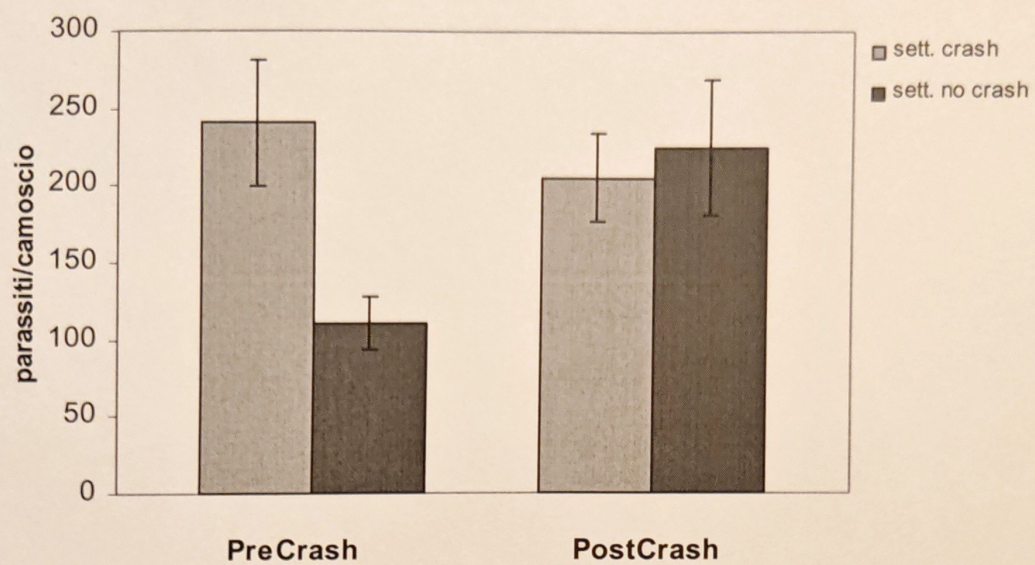


Figura 5. Andamento spazio-temporale della carica abomasale totale in relazione al crash.

5 ANALISI DELLA QUALITA' DELLA DIETA

Sostanza secca:

La sostanza secca ruminale (Tabella 4) presenta valori maggiori nei settori interessati dal crash rispetto agli altri settori (Figura 6).

Tabella 4. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di sostanza secca ruminale nei camosci (n= 63).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------|--------------|------|----------|-------|
| Settore crash | 2,018 | 1 | 2,378 | 0,037 |

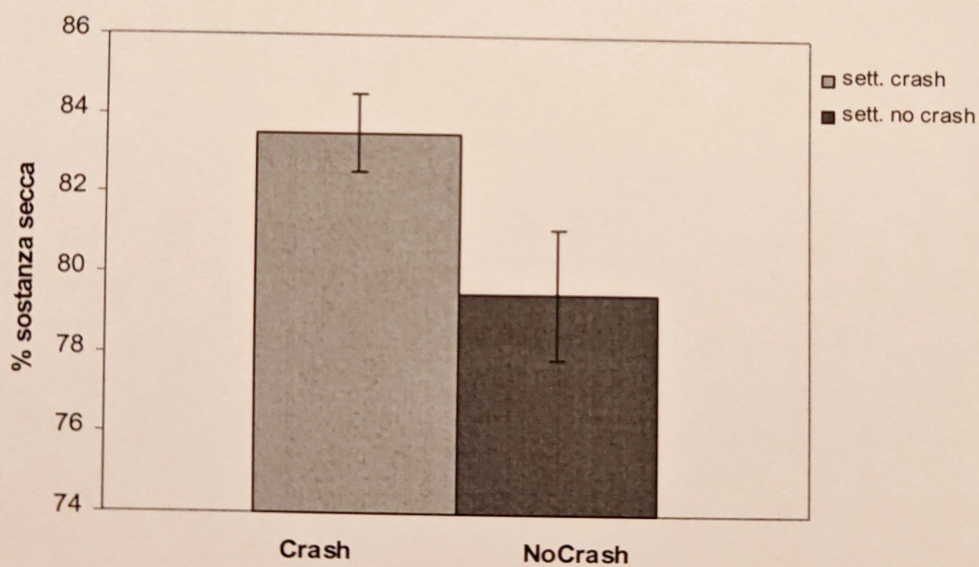


Figura 6. Andamento spaziale del valore di sostanza secca in relazione al crash.

Proteina grezza:

La proteina grezza ruminale (Tabella 5) evidenzia valori minori nei settori in cui si è verificato il crash (Figura 7).

Tabella 5. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di proteina grezza ruminale nei camosci (n= 232).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|------------------|--------------|------|----------|--------|
| Settore crash | -1,482 | 1 | 32,667 | <0,001 |
| Giorno dell'anno | -0,042 | 1 | 7,090 | 0,009 |
| Età | -0,184 | 1 | 5,652 | 0,020 |

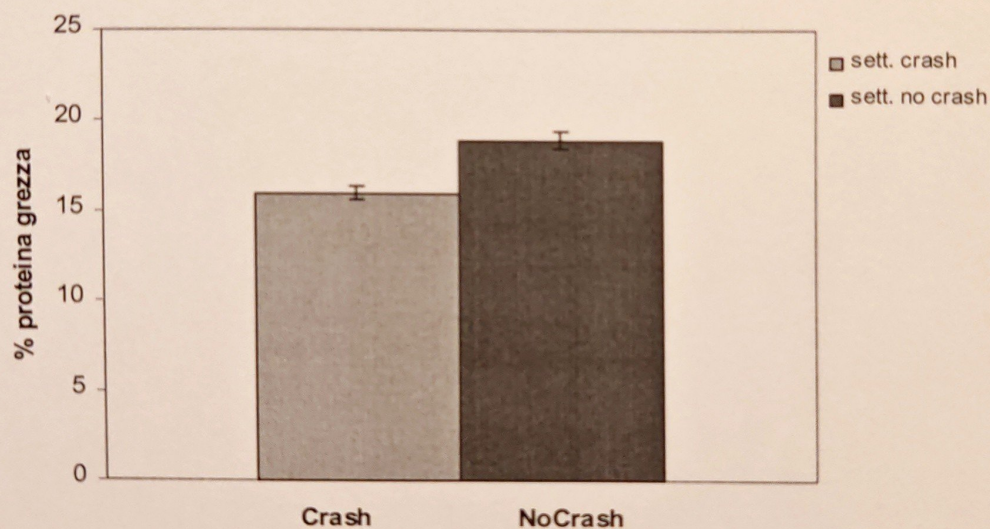


Figura 7. Andamento spaziale dell'andamento del valore della proteina grezza in relazione al crash.

Fibre ad alta digeribilità:

Il valore delle fibre ad alta digeribilità ruminali (Tabella 6) è maggiore nei settori interessati dal crash (Figura 8).

Tabella 6. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni delle fibre ad alta digeribilità ruminali nei camosci (n= 232).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------------|--------------|------|----------|--------|
| Settore crash | 23,037 | 1 | 57,596 | <0,001 |
| Anni pre crash | 4,099 | 1 | 9,237 | <0,001 |
| Giorno dell'anno | 1,814 | 1 | 12,888 | <0,001 |
| Sesso | 0,113 | 1 | 1,423 | 0,147 |
| Età | 0,266 | 1 | 3,077 | 0,033 |
| Settore crash*sesso | -0,963 | 1 | 3,022 | 0,035 |

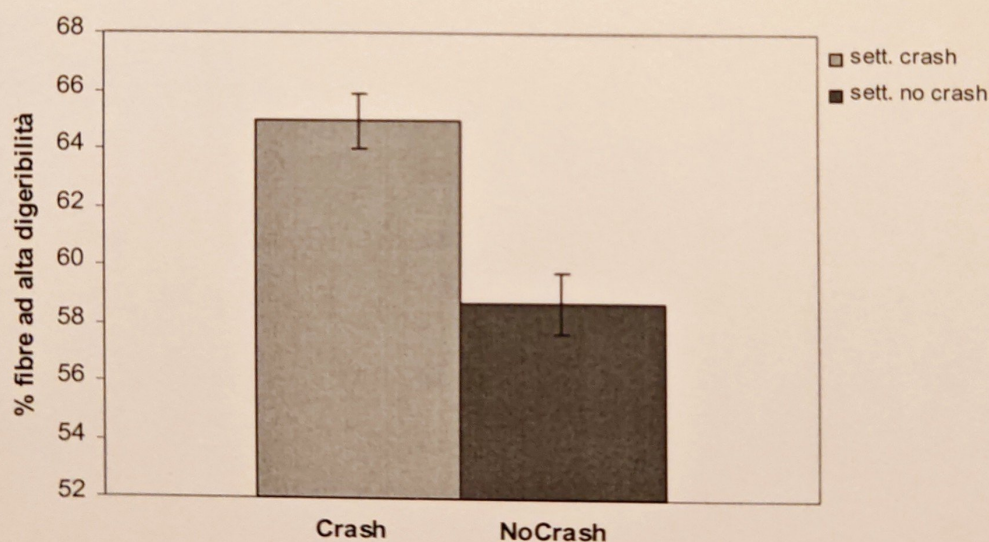


Figura 8. Andamento spaziale delle fibre ad alta digeribilità in relazione al crash.

Fibre a bassa digeribilità:

Il valore delle fibre a bassa digeribilità ruminale (Tabella 7) è maggiore nei settori non interessati dal crash (Figura 9).

Tabella 7. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di Fibre a bassa digeribilità ruminale nei camosci (n= 92).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------|--------------|------|----------|-------|
| Settore crash | -0,277 | 1 | 11,383 | 0,023 |
| Anno | 0,250 | 1 | 11,806 | 0,020 |
| Sesso | -0,225 | 1 | 17,093 | 0,005 |

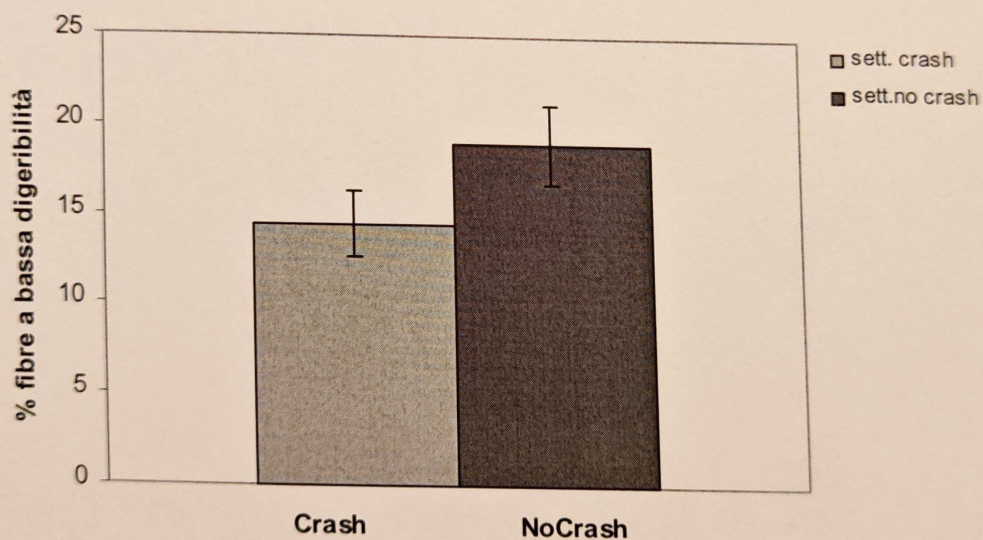


Figura 9. Andamento spaziale delle fibre a bassa digeribilità in relazione al crash.

6 ANALISI DELLA FITNESS

6.1 SELEZIONE PARAMETRI DI INTERESSE

L'analisi delle componenti principali dei dati morfobiometrici ed ematochimici ha individuato sei componenti che spiegano l'88,4% della varianza dell'intero dataset.

(Tabella 8).

Tabella 8. Individuazione delle componenti che maggiormente rappresentano la fitness dei camosci.

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % Varianza | 37.6% | 15,7% | 13,0% | 9,5% | 7,2% | 5,5% |
| Varianza Cumulata | 37.6 % | 53.3% | 66,3% | 75,8% | 82,9% | 88,4% |

L'esame della struttura di questi componenti evidenzia come possano descrivere nell'ordine le seguenti caratteristiche biologiche: dimensioni corporee, metabolismo proteico e metabolismo lipidico (inteso come accumulo lipidico e come lipomobilizzazione).

All'interno di ciascuna di queste categorie i valori più rappresentativi, e che possono essere utilizzati quali indici di fitness, sono: il peso corporeo per le dimensioni corporee, i valori delle proteine ematiche e dell'urea per il metabolismo proteico ed i valori di trigliceridi e colesterolo ematici ed il KFI per il metabolismo lipidico (Tabella 9).

Tabella 9. Identificazione dei valori che spiegano maggiormente i parametri che rappresentano la fitness dei camosci.

| Valori | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Peso | -0,367 | 0,177 | -0,190 | -0,014 | -0,144 | 0,050 |
| Lunghezza totale | -0,368 | 0,217 | 0,014 | -0,140 | -0,001 | -0,102 |
| Altezza al garrese | -0,356 | 0,136 | 0,092 | -0,165 | -0,061 | -0,028 |
| Circonferenza toracica | -0,362 | 0,262 | -0,026 | 0,037 | -0,115 | -0,032 |
| Piede | -0,292 | -0,117 | 0,074 | -0,478 | 0,127 | -0,098 |
| Peso reni | -0,270 | -0,286 | -0,434 | 0,009 | -0,058 | 0,243 |
| KFI | -0,194 | -0,414 | -0,443 | -0,101 | -0,045 | 0,146 |
| Proteine ematiche | -0,249 | -0,414 | 0,378 | 0,103 | 0,051 | -0,049 |
| Albumine | -0,159 | -0,223 | 0,239 | 0,411 | 0,404 | 0,519 |
| Globuline | -0,229 | -0,400 | 0,349 | -0,071 | -0,130 | -0,308 |
| Urea | -0,169 | -0,011 | 0,013 | 0,619 | -0,243 | -0,470 |
| Trigliceridi | 0,158 | -0,242 | -0,095 | 0,077 | -0,707 | 0,158 |
| Colesterolo | 0,021 | 0,100 | 0,484 | -0,220 | -0,440 | 0,434 |

6.2 ANALISI DE PARAMETRI BIOMETRICI ED EMATOCHIMICI SELEZIONATI IN RELAZIONE AL CRASH

Peso corporeo:

Relativamente al peso corporeo (Tabella 10) si evidenzia un peso minore nei settori che hanno sviluppato il crash rispetto a quelle indenni; al contempo è stato evidenziato un aumento del peso corporeo dopo il crash di popolazione nei settori interessati da questo (Figura 10).

Tabella 10. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di peso nei camosci (n= 739).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|--------------------------------|--------------|------|----------|--------|
| Settore senza crash | -0,067 | 1 | 6,748 | 0,001 |
| Anni pre crash | -0,053 | 1 | 6,312 | 0,001 |
| Giorno dell'anno | -0,001 | 1 | 11,868 | <0,001 |
| Sesso | 0,726 | 1 | 37,347 | <0,001 |
| Età | 0,045 | 1 | 256,518 | <0,001 |
| Settore crash * anni pre crash | -0,022 | 1 | 2,752 | 0,035 |
| Giorno dell'anno*sesso | -0,002 | 1 | 13,680 | <0,001 |
| Settore crash*età | 0,004 | 1 | 1,623 | 0,106 |
| Anni pre crash*età | 0,007 | 1 | 5,800 | 0,002 |
| Sesso*età | 0,009 | 1 | 14,245 | <0,001 |

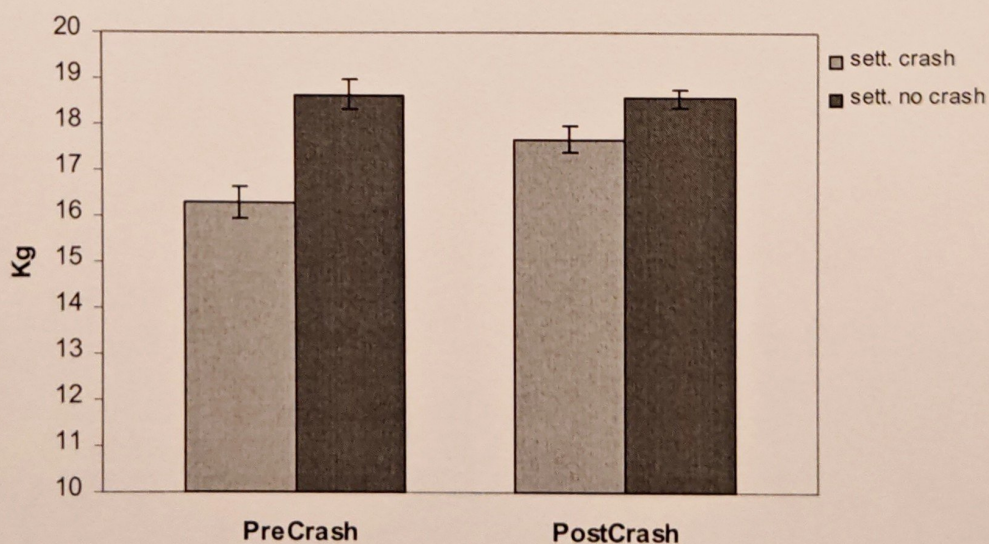


Figura 10. Andamento spazio temporale del peso corporeo in relazione al crash (i valori illustrati sono ottenuti da individui di riferimento di sesso maschile ed età di 4 anni).

Proteine ematiche:

Le proteine ematiche (Tabella 11) nei settori soggetti al crash hanno evidenziato un aumento dopo il crash, viceversa negli altri settori si è registrato un calo (Figura 11).

Tabella 11. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di proteine ematiche nei camosci (n= 80).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------------------------|--------------|------|----------|-------|
| Settore crash | -0,008 | 1 | 0,061 | 0,809 |
| Anni pre crash | -7,445 | 1 | 0,180 | 0,680 |
| Giorno dell'anno | 0,006 | 1 | 1,259 | 0,278 |
| Sesso | -7,929 | 1 | 0,389 | 0,545 |
| Età | 0,038 | 1 | 0,017 | 0,896 |
| Settore crash*anni pre crash | -0,230 | 1 | 5,038 | 0,032 |
| Anni pre crash*giorno dell'anno | 0,024 | 1 | 1,611 | 0,220 |
| Anni pre crash*sesso | -0,236 | 1 | 0,111 | 0,746 |
| Giorno dell'anno*sesso | 0,024 | 1 | 5,625 | 0,024 |
| Anni pre crash*età | -0,091 | 1 | 6,097 | 0,019 |

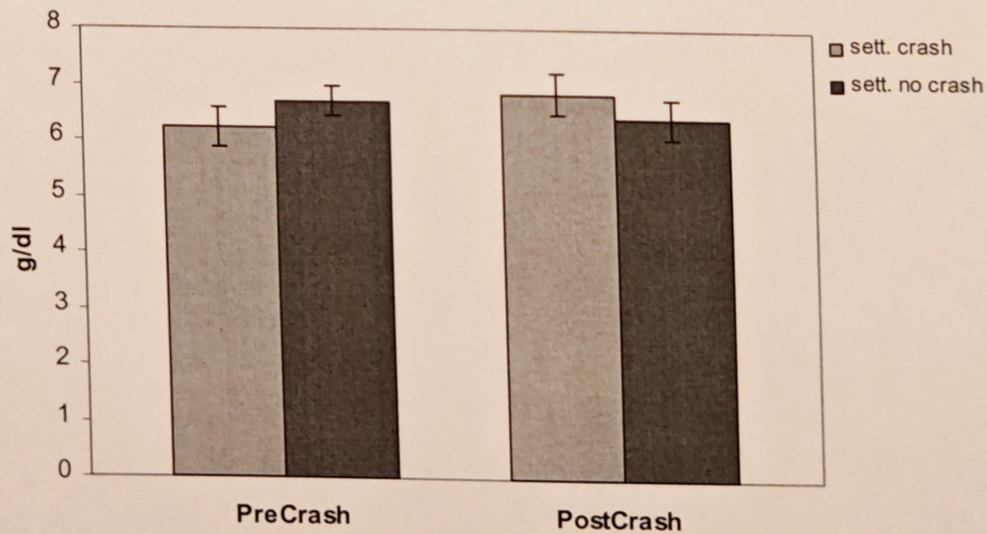


Figura 11. Andamento spazio temporale delle proteine ematiche in relazione al crash.

Negli adulti il valore delle proteine ematiche aumenta dopo il crash, mentre nei giovani tale valore rimane invariato (Figura 12).

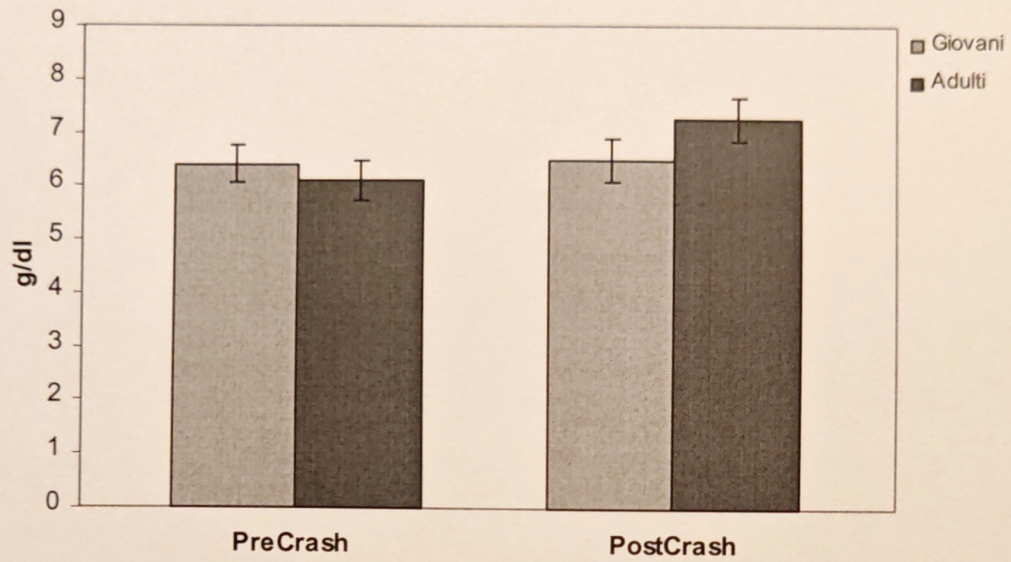


Figura 12. Andamento temporale delle proteine ematiche nelle varie classi d'età in relazione al crash.

Trigliceridi:

Il valore dei trigliceridi (Tabella 12) aumenta tra il periodo antecedente e quello successivo al crash (Figura 13).

Tabella 12. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di trigliceridi nei camosci (n=80).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------------------------|--------------|------|----------|--------|
| Anni pre crash | -502,035 | 1 | 2,877 | <0,001 |
| Giorno dell'anno | -2,482 | 1 | 1,587 | 0,005 |
| Sesso | -10,536 | 1 | 1,099 | 0,019 |
| Età | -73,513 | 1 | 0,649 | 0,068 |
| Anni pre crash*giorno dell'anno | 1,498 | 1 | 2,761 | <0,001 |
| Giorno dell'anno*età | 0,219 | 1 | 0,978 | 0,026 |

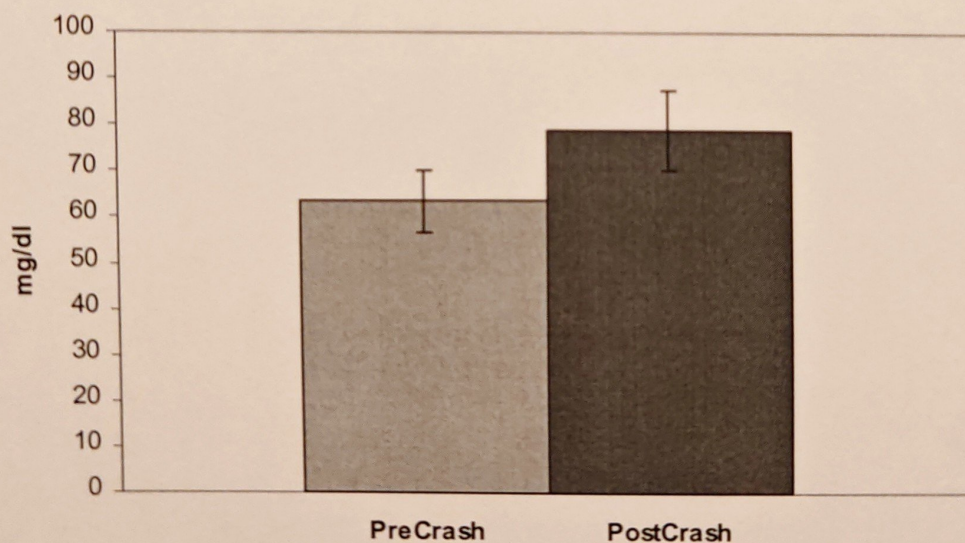


Figura 13. Andamento temporale del valore dei trigliceridi in relazione al crash.

Colesterolo:

Per quanto riguarda il colesterolo (Tabella 13) sono stati registrati valori maggiori nei settori interessati dal crash rispetto a quelli non interessati (Figura 14).

Tabella 13. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di colesterolo nei camosci (n=65).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|------------------------------|--------------|------|----------|-------|
| Settore crash | 0,143 | 1 | 1,643 | 0,002 |
| Anni pre crash | -0,032 | 1 | 0,389 | 0,119 |
| Età | 0,019 | 1 | 0,337 | 0,146 |
| Settore crash*anni pre crash | 0,054 | 1 | 0,452 | 0,093 |
| Anni pre crash*età | 0,026 | 1 | 0,871 | 0,021 |

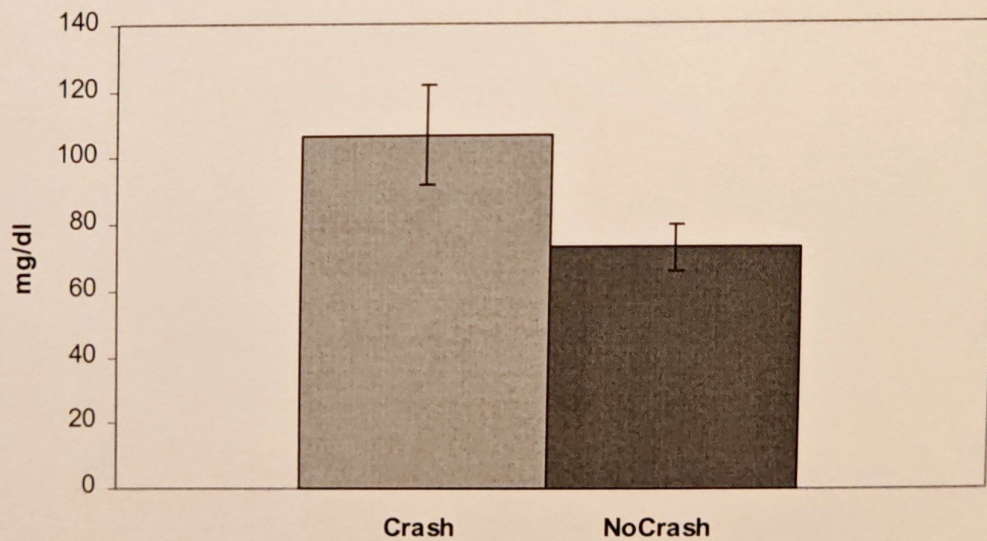


Figura 14. Andamento spaziale del valore del colesterolo in relazione al crash.

KFI:

Nei settori in cui è avvenuto il crash il valore del KFI (Tabella 14) aumenta dopo il crash, mentre si ha una tendenza opposta negli altri settori (Figura 15).

Tabella 14. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di KFI nei camosci (n= 314).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|--------------------------------|--------------|------|----------|--------|
| Settore crash | 2,131 | 1 | 1,199 | 0,234 |
| Anni pre crash | 0,074 | 1 | 1,361 | 0,205 |
| Giorno dell'anno | 0,003 | 1 | 3,660 | 0,038 |
| Sesso | 8,281 | 1 | 0,664 | 0,376 |
| Età | 1,000 | 1 | 1,330 | 0,210 |
| Settore crash*anni pre crash | -0,112 | 1 | 4,433 | 0,022 |
| Settore crash*giorno dell'anno | -0,006 | 1 | 1,617 | 0,167 |
| Giorno dell'anno*sesso | -0,025 | 1 | 34,812 | <0,001 |
| Settore crash*età | 0,024 | 1 | 1,746 | 0,151 |
| Giorno dell'anno*età | -0,003 | 1 | 4,559 | 0,020 |

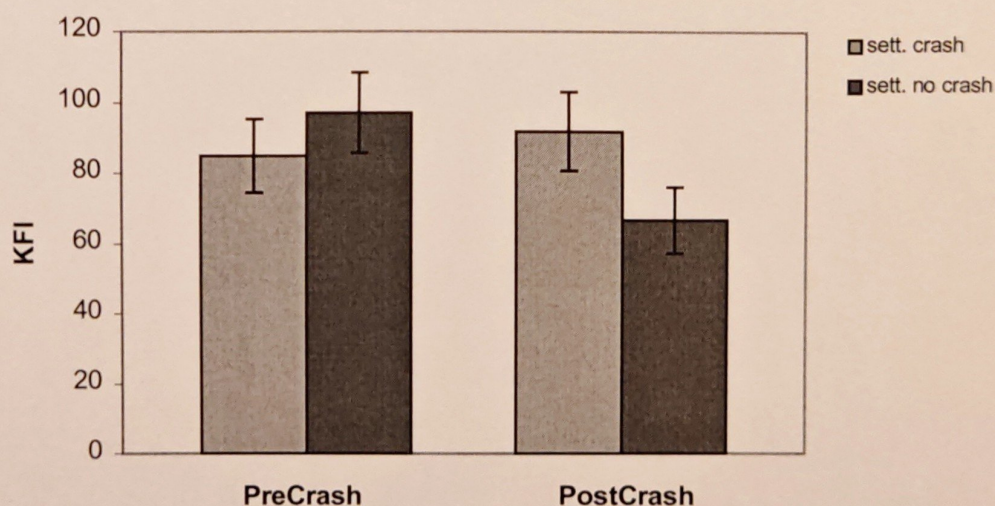


Figura 15. Andamento spazio-temporale dell'andamento del KFI in relazione al crash.

Urea:

L'urea (Tabella 15) ha valori maggiori nei settori in cui non è avvenuto il crash (Figura 16).

Tabella 15. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di urea nei camosci (n= 80).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|----------------|--------------|------|----------|-------|
| Settore crash | -7,613 | 1 | 1,554 | 0,023 |
| Anni pre crash | -0,860 | 1 | 0,271 | 0,336 |
| Sesso | 2,124 | 1 | 2,516 | 0,004 |
| Età | 2,849 | 1 | 1,604 | 0,021 |
| Sesso*età | 1,891 | 1 | 1,155 | 0,049 |

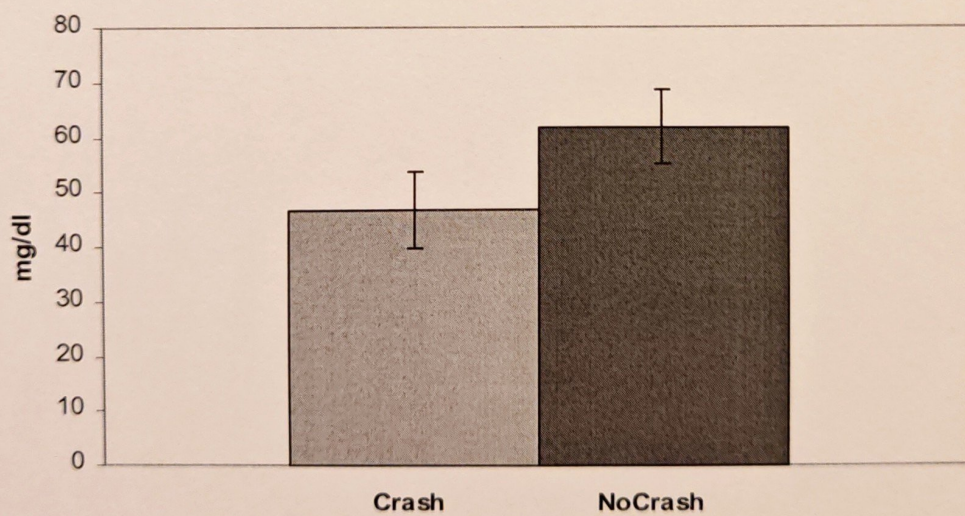


Figura 16. Andamento spaziale del valore dell'urea in relazione al crash.

7 ANALISI DELL'INTERAZIONE OSPITE-PARASSITA-AMBIENTE

Ai fini di questo tipo di analisi abbiamo utilizzato solo i dati relativi ai camosci (n=61) di cui disponevamo il dataset completo.

I parametri di fitness su cui abbiamo valutato l'impatto del parassitismo e della qualità della dieta sono quelli selezionati nelle Tabelle 8 e 9.

Peso corporeo:

Il peso corporeo (Tabella 16) risulta influenzato negativamente dalla carica parassitaria (Figura 17), ma non direttamente da quella di *H. contortus*.

Tabella 16. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni di peso corporeo nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n= 61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------|--------------|------|----------|--------|
| Pg | 2,390 | 1 | 1,676 | 0,101 |
| Anno | 2,152 | 1 | 0,853 | 0,241 |
| Sesso | 1,214 | 1 | 13,778 | <0,001 |
| Età | -2,527 | 1 | 56,034 | <0,001 |
| Carica | -3,053 | 1 | 5,147 | 0,004 |
| Settore crash | -1,108 | 1 | 8,119 | <0,001 |
| Pg*età | 6,941 | 1 | 2,489 | 0,046 |
| Pg*anno | -1,195 | 1 | 2,568 | 0,043 |

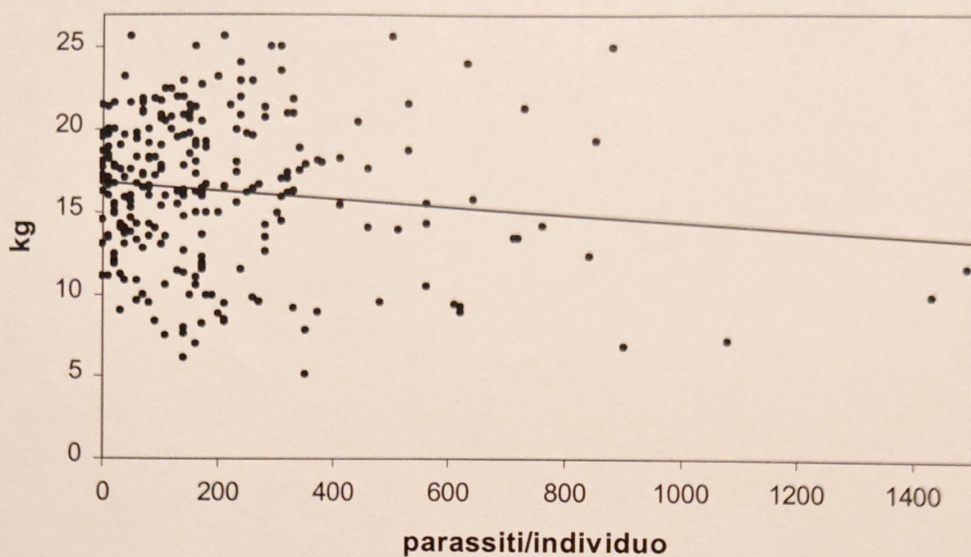


Figura 17. Andamento del peso corporeo in relazione alla carica parassitaria totale.

I parametri nutrizionali non risultano avere alcun effetto diretto sul peso dei soggetti; peraltro gli adulti con una maggior percentuale di proteina grezza nella dieta hanno valori maggiori di peso, mentre un andamento opposto si registra negli individui giovani (Figura 18).

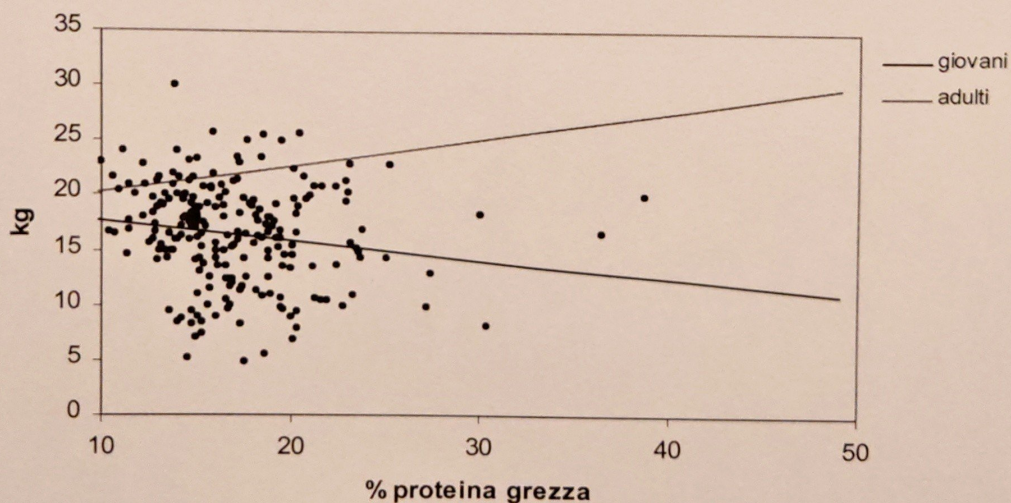


Figura 18. Andamento del peso corporeo in relazione all'età ed alla percentuale di proteina grezza nella dieta.

Proteine ematiche:

La carica parassitaria totale non influenza direttamente la concentrazione delle proteine ematiche (Tabella 17), mentre la carica di *H. contortus* è correlata negativamente ad esse (Figura 19).

Tabella 17. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni del valore delle proteine ematiche nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n=61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|--------------------------|--------------|------|----------|-------|
| Ndf | 0,005 | 1 | 0,100 | 0,713 |
| Età | -0,132 | 1 | 1,542 | 0,162 |
| Sesso | -0,262 | 1 | 0,126 | 0,681 |
| Settore crash | 0,188 | 1 | 0,024 | 0,857 |
| <i>H. contortus</i> | 0,143 | 1 | 5,819 | 0,010 |
| Carica | -0,030 | 1 | 0,077 | 0,748 |
| Pg | -0,143 | 1 | 0,433 | 0,450 |
| Ndf* <i>H. contortus</i> | -0,002 | 1 | 5,535 | 0,012 |
| Età*carica | 0,001 | 1 | 0,077 | 0,748 |
| Sesso*carica | 0,002 | 1 | 5,223 | 0,014 |
| Settore crash*carica | 0,001 | 1 | 0,480 | 0,426 |
| Carica*pg | 0,001 | 1 | 4,726 | 0,019 |

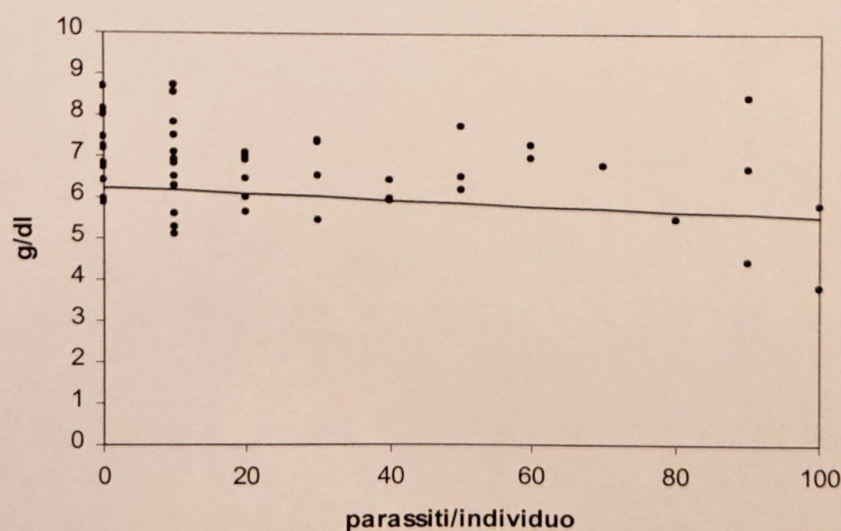


Figura 19. Andamento delle proteine ematiche in relazione alla carica di *H. contortus*.

L'effetto della carica di *H. contortus* sulle proteine ematiche risulta inoltre essere mediato dalla concentrazione di fibre ad alta digeribilità, laddove la concentrazione di queste è maggiore, maggiore è l'effetto di *H. contortus* (Figura 20).

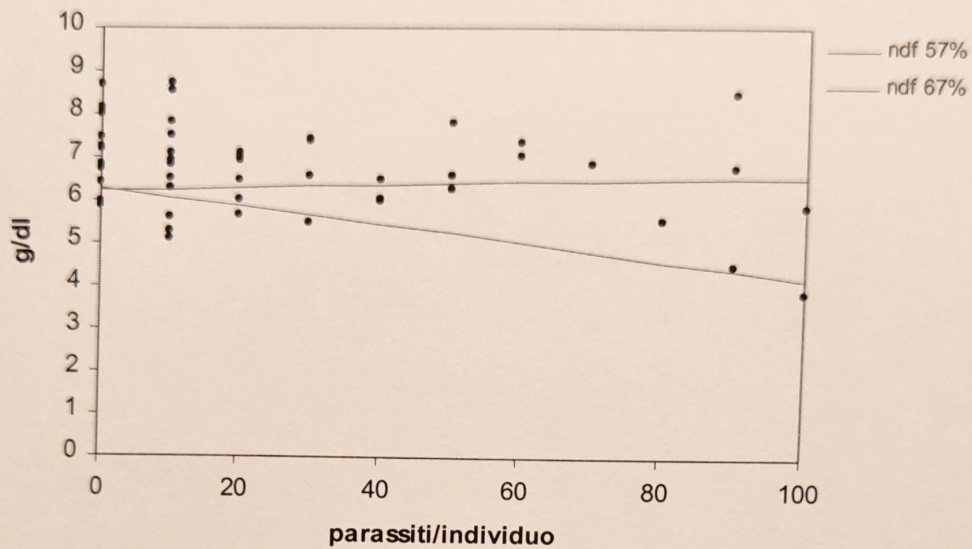


Figura 20. Andamento delle proteine ematiche in relazione alla carica di *H. contortus* ed alla percentuale di fibre ad alta digeribilità nella dieta.

Nelle femmine si registra un impatto maggiore della carica parassitaria totale sul valore delle proteine ematiche rispetto ai maschi (Figura 21).

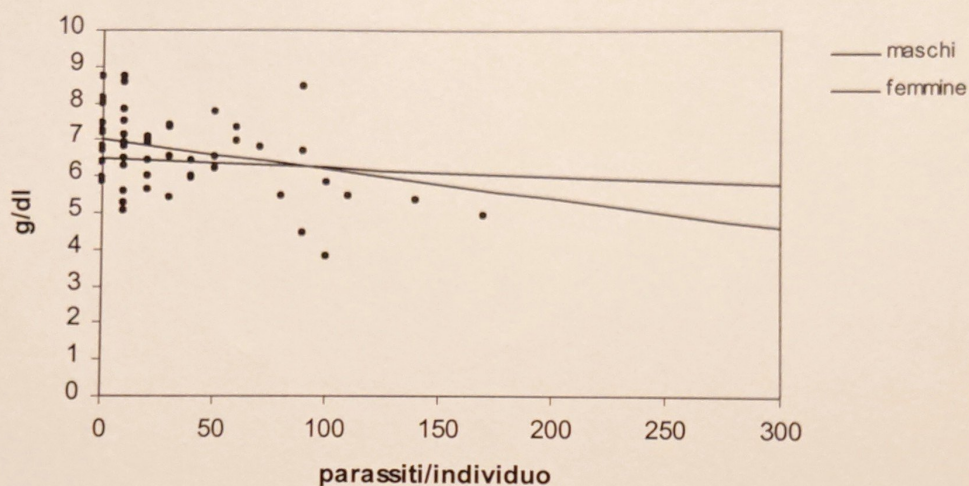


Figura 21. Andamento delle proteine ematiche in relazione alla carica parassitaria ed al sesso.

Infine nei soggetti con una dieta a bassa percentuale di proteina grezza è maggiore l'impatto della carica parassitaria totale sul valore delle proteine ematiche (Figura 22).

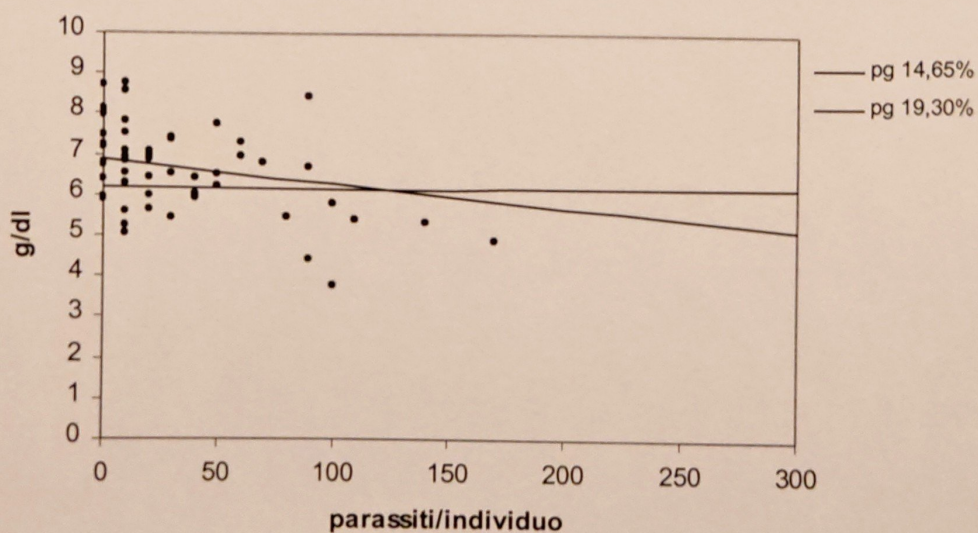


Figura 22. Andamento delle proteine ematiche in relazione a carica parassitaria e percentuale di proteina grezza nella dieta.

Albumine:

Le albumine (Tabella 18) sono risultate influenzate negativamente dalla carica totale di *H. contortus*, sia direttamente sia interagendo con altri fattori (Figura 23).

Tabella 18. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni del valore delle albumine nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n= 61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|----------------------------|--------------|------|----------|--------|
| Ndf | -0,001 | 1 | 0,148 | 0,156 |
| <i>H. contortus</i> | -0,031 | 1 | 0,617 | 0,007 |
| Settore crash | 0,197 | 1 | 0,019 | 0,599 |
| Sesso | 0,138 | 1 | 0,393 | 0,027 |
| Età | -0,128 | 1 | 0,066 | 0,333 |
| Carica | -0,011 | 1 | 0,069 | 0,325 |
| Pg | -0,121 | 1 | 0,190 | 0,111 |
| Ndf* <i>H. contortus</i> | -0,001 | 1 | 1,128 | <0,001 |
| <i>H. contortus</i> *sesso | -0,008 | 1 | 0,065 | 0,339 |
| <i>H. contortus</i> *età | 0,004 | 1 | 0,708 | 0,004 |
| Ndf*carica | <0,001 | 1 | 0,169 | 0,131 |
| Sesso*carica | 0,001 | 1 | 0,212 | 0,093 |
| <i>H. Contortus</i> *pg | 0,004 | 1 | 1,674 | <0,001 |

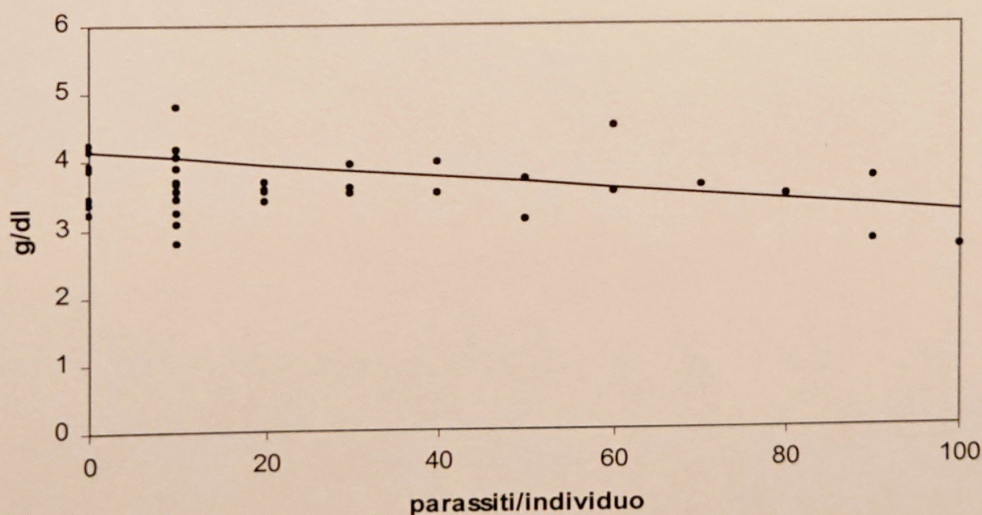


Figura 23. Andamento del valore delle albumine in relazione alla carica di *H. contortus*.

In particolare l'effetto della carica di *H. contortus*, più attenuato nei soggetti con maggiore età e con maggiore percentuale di proteine grezze alimentari, risulta più marcato in quelli con maggiore concentrazione di fibre ad alta digeribilità (Figure 24, 25, 26).

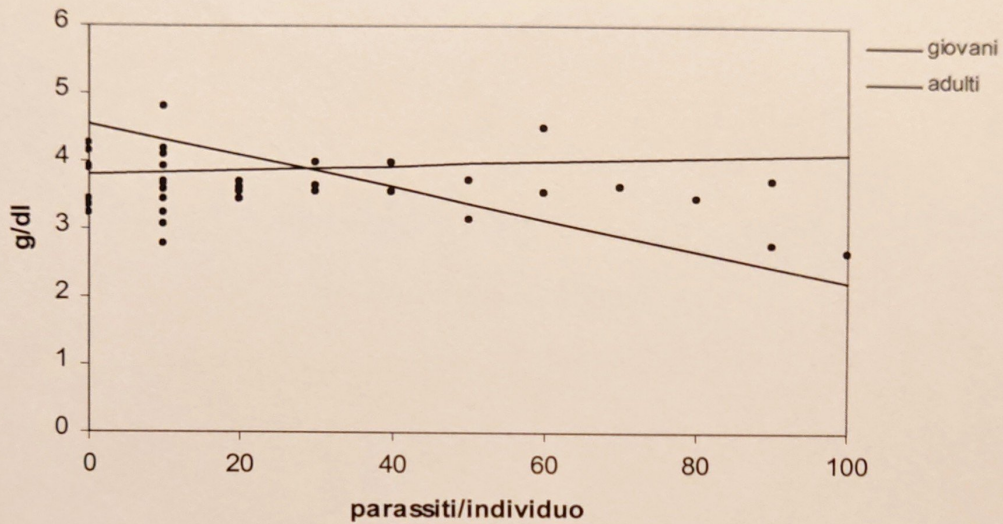


Figura 24. Andamento del valore delle albumine in relazione alla carica di *H. contortus* ed all'età.

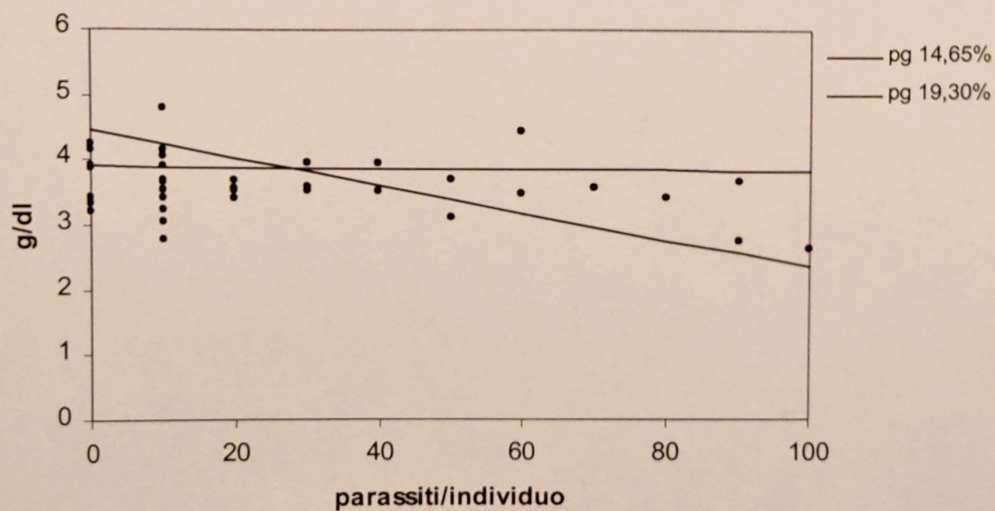


Figura 25. Andamento del valore delle albumine in relazione alla carica di *H. contortus* ed al valore della proteina grezza.

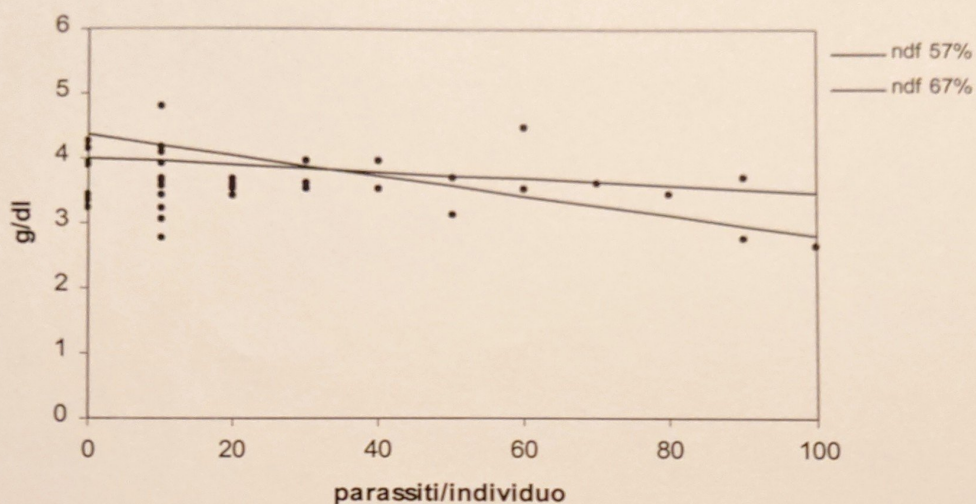


Figura 26. Andamento del valore delle albumine in relazione alla carica di *H. contortus* e del valore delle fibre ad alta digeribilità.

Globuline:

Il valore delle globuline ematiche (Tabella 19) risulta diminuito in relazione alla carica di *H. contortus* (Figura 27).

Tabella 19. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni del valore delle globuline nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n= 61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------------|--------------|------|----------|-------|
| <i>H. contortus</i> | 0,007 | 1 | 4,209 | 0,014 |

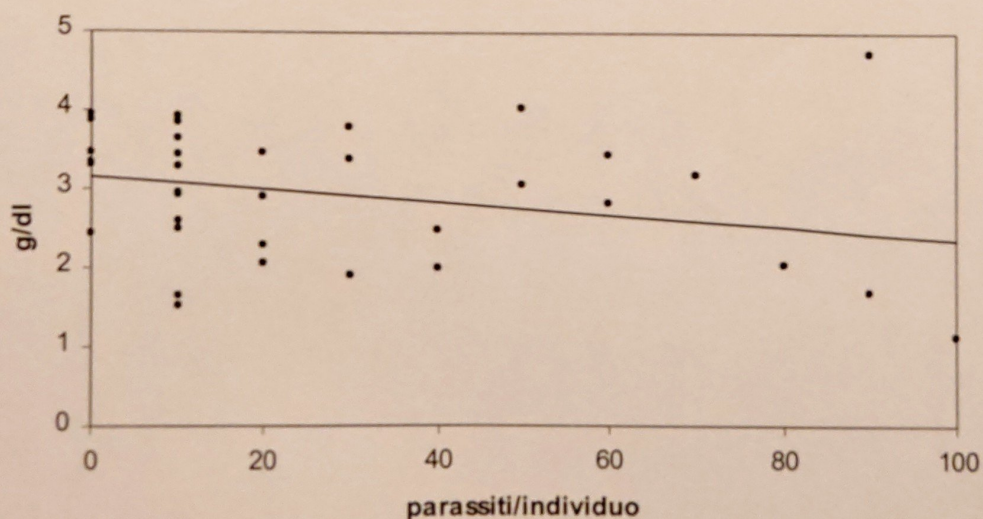


Figura 27. Andamento delle globuline in relazione alla carica di *H. contortus*.

Trigliceridi:

L'analisi dei trigliceridi non mostra alcun effetto diretto della carica parassitaria totale né di *H. contortus* sul valore dei trigliceridi (Tabella 20).

Tabella 20. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni del valore dei trigliceridi nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n= 61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|--|--------------|------|----------|-------|
| Ndf | -2,907 | 1 | 0,363 | 0,306 |
| Settore crash | 5,694 | 1 | 0,363 | 0,306 |
| Anno | 1,622 | 1 | 0,517 | 0,225 |
| Giorno dell'anno | -2,504 | 1 | 2,144 | 0,020 |
| <i>H. contortus</i> | -3,374 | 1 | 0,002 | 0,932 |
| Carica | -1,175 | 1 | 0,512 | 0,227 |
| Settore crash*anno | -2,845 | 1 | 1,064 | 0,089 |
| Anno* <i>H. contortus</i> | 1,660 | 1 | 0,098 | 0,590 |
| Giorno dell'anno* <i>H. contortus</i> | 1,839 | 1 | 0,089 | 0,606 |

Colesterolo:

Per quanto riguarda il valore del colesterolo (Tabella 21) si può evidenziare l'effetto differente della carica di *H. contortus* nei sessi con un maggiore impatto nelle femmine (Figura 28), nei settori colpiti o meno dal crash di popolazione con un'influenza negativa nei settori colpiti dal crash e positiva negli altri settori (Figura 29) ed in funzione di differenti concentrazioni di fibre ad alta digeribilità con un effetto negativo nei soggetti con un'alta percentuale di fibre ad alta digeribilità e positivo nei soggetti con basse percentuali di tali fibre (Figura 30).

Tabella 21. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni del valore di colesterolo nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n= 61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|---------------------------------------|--------------|------|----------|-------|
| Ndf | 0,405 | 1 | 6,395 | 0,282 |
| Sesso | -5,163 | 1 | 11,180 | 0,161 |
| Anno | 3,264 | 1 | 0,050 | 0,922 |
| Settore crash | -83,144 | 1 | 5,768 | 0,306 |
| Età | 6124,147 | 1 | 1,980 | 0,544 |
| Carica | -0,035 | 1 | 0,033 | 0,936 |
| <i>H. contortus</i> | 4,437 | 1 | 19,916 | 0,067 |
| Ndf*settore crash | 1,493 | 1 | 18,488 | 0,077 |
| Sesso*età | -3,844 | 1 | 53,396 | 0,005 |
| Anno*età | -3,061 | 1 | 14,752 | 0,110 |
| Ndf* <i>H. contortus</i> | -0,077 | 1 | 38,346 | 0,015 |
| Sesso* <i>H. contortus</i> | 0,514 | 1 | 63,596 | 0,002 |
| Settore crash* <i>H. contortus</i> | 0,390 | 1 | 40,606 | 0,012 |
| Sesso*carica | 0,024 | 1 | 5,863 | 0,302 |

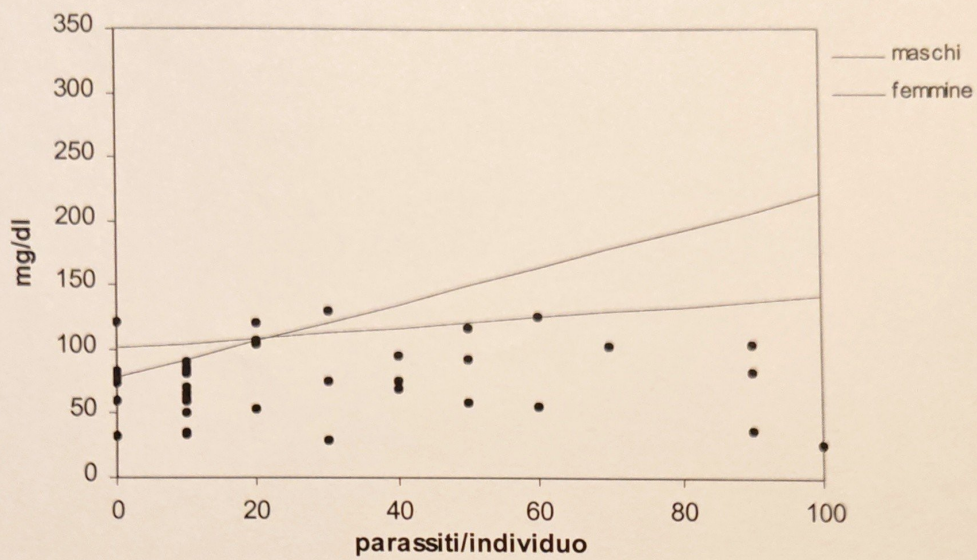


Figura 28. Andamento del valore del colesterolo in relazione alla carica di *H. contortus* ed al sesso.

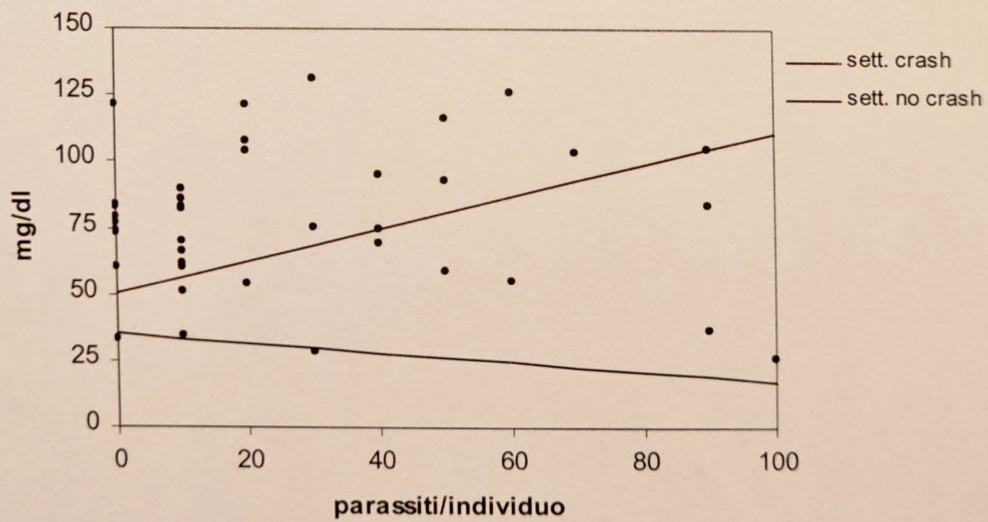


Figura 29. Andamento del colesterolo in relazione alla carica di *H. contortus* ed al settore dell'abbattimento.

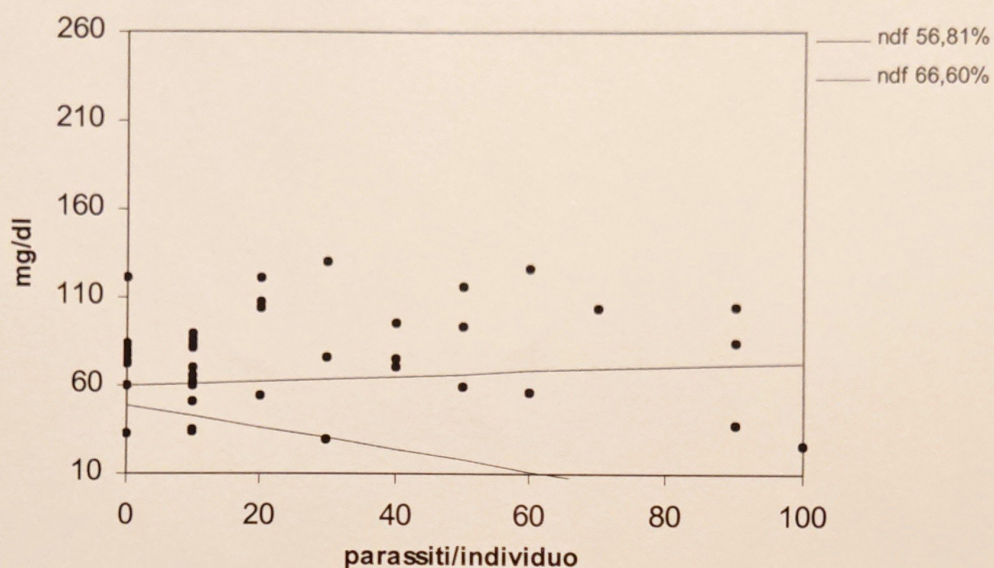


Figura 30. Andamento del colesterolo in relazione alla carica di *H. contortus* ed al valore delle fibre ad alta digeribilità.

KFI:

L'analisi del KFI non mostra alcun effetto diretto della carica parassitaria totale né di quella di *H. contortus* su tale valore (Tabella 22).

Tabella 22. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni del valore di KFI nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n= 61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|--------------------------|--------------|------|----------|-------|
| Adl | 5,853 | 1 | 0,536 | 0,435 |
| Anno | 2,893 | 1 | 0,005 | 0,939 |
| Giorno dell'anno | -2,902 | 1 | 6,335 | 0,009 |
| Sesso | 9,198 | 1 | 0,956 | 0,299 |
| <i>H. contortus</i> | 1,438 | 1 | 1,445 | 0,203 |
| Pg | -3,154 | 1 | 1,950 | 0,140 |
| Giorno dell'anno*sesso | -2,791 | 1 | 8,477 | 0,003 |
| Adl* <i>H. contortus</i> | 1,249 | 1 | 0,321 | 0,545 |
| <i>H. contortus</i> *pg | -5,891 | 1 | 0,130 | 0,699 |

Urea:

L'urea (Tabella 23) risulta aumentata dalla concentrazione di proteine alimentari (Figura 32) e diminuita dalla carica parassitaria totale (Figura 33).

Tabella 23. Fattori analizzati in riferimento alle variazioni del valore di urea nei camosci relativamente all'interazione ospite-parassita-ambiente (n= 61).

| Fattori | Coefficiente | g.l. | Deviance | P |
|--------------------------|--------------|------|----------|-------|
| Ndf | -7,966 | 1 | 0,189 | 0,311 |
| Settore crash | 6,335 | 1 | 1,067 | 0,024 |
| Anno | 3,083 | 1 | 0,191 | 0,307 |
| Giorno dell'anno | 2,052 | 1 | 0,676 | 0,065 |
| Sesso | 2,286 | 1 | 0,544 | 0,094 |
| Età | 8,769 | 1 | 1,568 | 0,008 |
| <i>H. contortus</i> | 3,026 | 1 | 0,074 | 0,521 |
| Carica | -7,278 | 1 | 0,810 | 0,045 |
| Pg | 6,609 | 1 | 1,545 | 0,008 |
| Anno*giorno dell'anno | -1,025 | 1 | 0,752 | 0,053 |
| Ndf* <i>H. contortus</i> | -4,618 | 1 | 0,708 | 0,059 |
| Settore crash*carica | -3,062 | 1 | 0,551 | 0,092 |

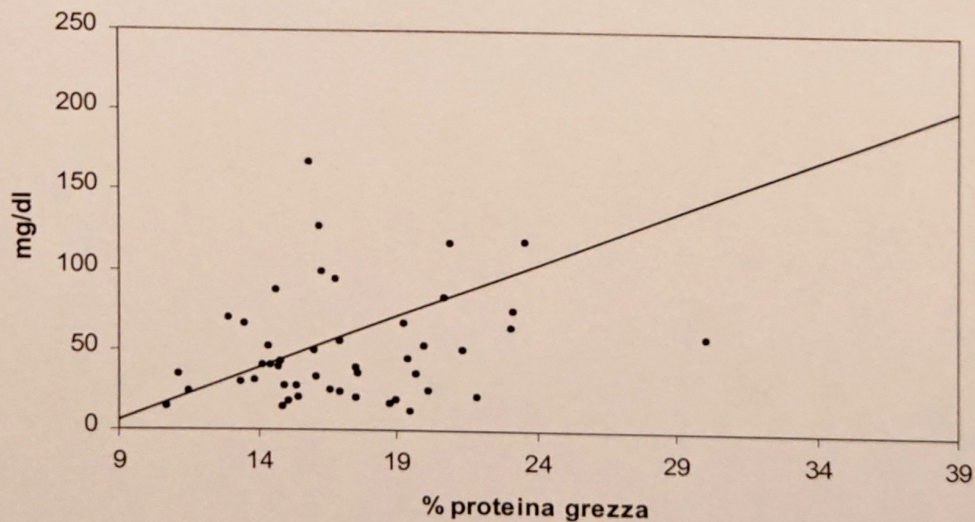


Figura 32. Andamento dell'urea in relazione alla percentuale di proteina grezza.

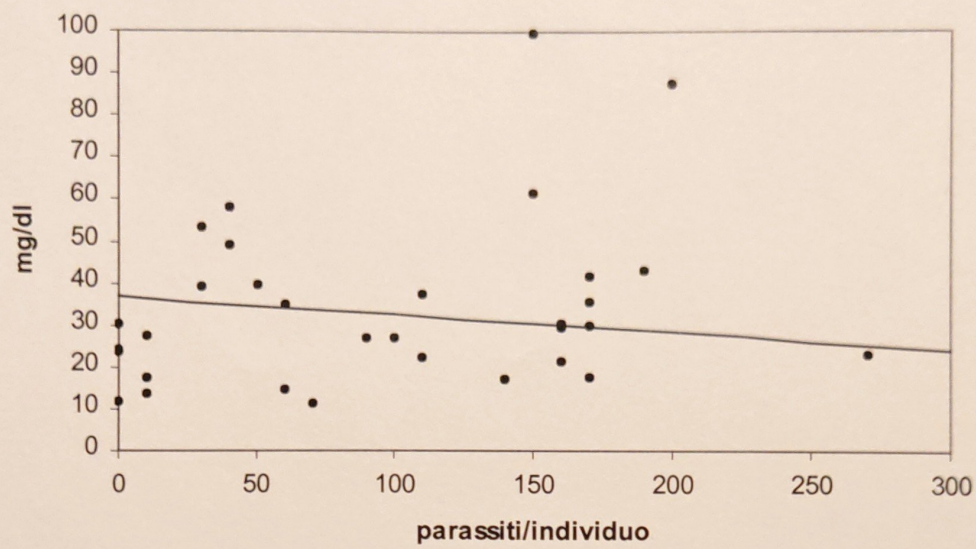


Figura 33. Andamento dell'urea in relazione alla carica parassitaria.

DISCUSSIONE

Relativamente all'elmintofauna il dato più caratterizzante è quello riferito ad *H. contortus*, i cui valori di prevalenza, abbondanza ed intensità, risultano i più elevati tra quelli riportati per l'arco alpino italiano (cfr Rossi *et al.*, 1989; Zaffaroni *et al.*, 2000). Inoltre, a livello di cariche, va sottolineato il diverso andamento sia nel corso degli anni, che rispetto ai settori di provenienza, con i valori maggiori nel 2000, anno precedente al crash, in quelli interessati dall'epidemia. Inoltre nei soggetti monitorati nelle stagioni successive va evidenziata la diminuzione significativa delle cariche nei settori interessati dal crash e, per contro, il loro aumento negli altri.

Altra differenza sostanziale tra i diversi settori è nella qualità della dieta, con la minor quota proteica nei camosci abbattuti nei settori critici. Analogo fattore discriminante si riscontra nell'analisi degli indici di fitness, in particolare peso corporeo, KFI, proteine ematiche e trigliceridi, con valori minori sempre nelle aree interessate dall'epidemia.

Dall'insieme dei dati emerge quindi chiaramente come a cariche maggiori corrispondano quote proteiche nella dieta ed indici di fitness inferiori.

Relativamente all'analisi integrata tra dati parassitologici e nutrizionali e loro ruolo nel determinare i valori degli indici di fitness, una prima considerazione va fatta sull'influenza negativa delle cariche abomasali totali su peso corporeo ed urea e di quelle di *H. contortus* sulle proteine ematiche (albumine e globuline).

Considerando che tale influenza negativa risulta modulata dall'entità della quota proteica nella dieta, appare plausibile una ripercussione delle infestazioni da *H. contortus* sullo stato immunitario. Tale correlazione è indirettamente confermata da

esperienze in ovini infestati sperimentalmente e con dieta controllata, in cui solo con basse quote proteiche si nota un'evidente debilitazione (Coop & Holmes, 1996).

Altro aspetto da sottolineare rispetto alla stretta interazione tra i diversi parametri esaminati è che solo nei soggetti con una bassa quota proteica è stata osservata l'influenza negativa delle cariche di *H. contortus* sul valore delle albumine ematiche.

A prescindere da un approfondimento rispetto all'andamento dei parametri del metabolismo lipidico, l'insieme dei dati emersi depone a favore di un impatto dei parassiti sullo stato di salute della popolazione di camoscio monitorata. La loro azione risulta ancora più evidente considerando le variazioni emerse in relazione all'epidemia ed a questo proposito l'impatto può essere valutato anche in termini di fattore predisponente. Va rimarcato peraltro che a tale evidenza non si sarebbe arrivati valutando semplicemente il quadro parassitologico. E' tuttavia evidente che tali risultati abbiano una loro valenza per lo specifico contesto della popolazione di camoscio studiata e non siano immediatamente trasferibili ad altre realtà.

Concludendo va evidenziata a livello metodologico l'importanza di disporre di un campionamento adeguato, possibilmente su più anni, per poter procedere ad una corretta analisi delle diverse componenti che giocano nelle interazioni ospite-parassita-ambiente. A questo proposito va osservato che un maggior numero di animali con un dataset completo, avrebbe consentito analisi ancora più approfondite. D'altra parte tale limite, intrinseco nella realtà operativa, appare superabile solo attraverso una maggior consapevolezza da parte del mondo venatorio, e quindi attraverso una maggior collaborazione dei cacciatori rispetto alle problematiche di ordine sanitario.

A livello gestionale la stretta correlazione, riscontrata tra cariche parassitarie e qualità della dieta, evidenzia il problema legato al degrado dei pascoli alpini, conseguente alla contrazione delle attività zootecniche tradizionali nelle aree marginali. In questo senso la monticazione con bovini e/o ovicaprini, se da un lato rappresenta un rischio concreto di diffusione di agenti patogeni al patrimonio faunistico, dall'altro, se opportunamente finalizzata, determina un recupero della qualità dei pascoli, con un beneficio quindi anche per le popolazioni selvatiche.

L'utilizzo quindi di mandrie e greggi di servizio, adeguatamente controllate a livello sanitario, appare una via proponibile per un utilizzo sostenibile del territorio alpino.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, A.E., Medin, D.E., Bowden, D.C. (1972). Indices of carcass fat in a Colorado mule deer population. *Journal of Wildlife Management* 36:579-594.

Anderson, R.M. & May, R.M. (1978). Regulation and stability of host parasite population interactions. I. Regulatory processes. *J Anim Ecol* 47: 219-247.

Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *Journal of Parasitology* 83: 575-583.

Cabaret, J., Morales, S., Durette-Desset, M.C. (1986). Caracterisation de *Teladorsagia circumcincta* et *T. trifurcata*. II. Aspects morphologiques. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 61, 55-64.

Calvete, C., Estrada, R., Lucientes, J., Estrada, A. & Telletxea, I. (2003). Correlates of helminth community in the red-legged partridge (*Alectoris rufa* L.) in Spain. *Journal of Parasitology* 89: 445-451.

Citterio, C.V., Luzzago, C., Sala, M., Sironi, G., Gatti, P., Gaffuri, A. & Lanfranchi, P. (2003). Serological study of a population of alpine chamois (*Rupicapra r. rupicapra*) affected by an outbreak of respiratory disease. *Veterinary Record* 153: 592-596.

- Citterio, C.V., Caslini, C., Milani, F., Sala, M., Ferrari, N., Lanfranchi, P., (2006).
Abomasal nematode community in an alpine chamois (*Rupicapra R. Rupicapra*)
population before and after a die-off. *J. Parasitol.* 92, 918-927.
- Coop, R.L., Holmes, P.H., 1996. Nutrition and parasite interaction. *Int. J. Parasitol.*
26, 951-962.
- Crawley, M.J., 2002. *Statistical Computing: An Introduction to data analysis using
S-plus.* Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Demarais, S., Jacobson, H.A. & Guynn, D.C. (1983). Abomasal parasites as a
health index for white-tailed deer in Mississippi. *Journal of Wildlife Management*
47: 247-252.
- Drösz, J (1965). Studies on helminths and helminthiases in Cervidae. I. Revision
of the subfamily Ostertaginae (Sarwar, 1956) and an attempt to explain the
phylogenesis of its representatives. *Acta Parasitologica Polonica* 13:445-481.
- Drösz, J., Lachowicz, J. (1987). Abomasum nematodes in field and forest roe deer
Capreolus capreolus over the year cycle. *Acta Parasitologica Polonica* 32: 339-348.
- Durette-Desset, M.C. (1982). Sur la divisions generiques des Nematodes
Ostertagininae (Trichostrongylidae). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*
64:375-381.

Durette-Desset, M.C. (1989). Nomenclature proposée pour les especes decrites dans la sous famille des Ostertaginae (Lopez Neyra, 1947). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 64:356-373.

Gulland, F.M.D. (1992). The role of nematode parasites in Soay sheep (*Ovis aries* L.) mortality during a population crash. *Parasitology* 105: 493-503.

Gulland, F.M.D. (1997). The impact of parasites on wild animal populations. *Parassitologia* 39: 287-291

Lancaster, M.B., Hong, C., Michel, J.F. (1983). Polymorphism in Trichostrongylidae. In "Concepts in nematode Systematics" Editors: Stone, E.R., Platt, H.L., Khalil, L.F.. Academic Press, London, New York: 292-302.

Lichtenfels, J.R., Pilitt, P.A. (1989). Cuticular ridge patterns of *Marshallagia marshalli* and *Ostertagia occidentalis* (Nematoda: Trichostrongyloidea) parasitic in ruminants of North America. *Proceedings of the Helminthological Society Washington*, 56:173-182.

McCullagh, P. & Nelder, J.A. (1983). *Generalized linear models*. London. Chapman & Hall.

Pedrotti, L., Duprè, E., Preatoni, D. & Toso, S. (2001). Banca Dati Ungulati: status, distribuzione, consistenza, gestione, prelievo venatorio e potenzialità delle popolazioni di Ungulati in Italia. *Biologia e Conservazione della Fauna* 109: 7-128.

Perez, J.M., Granados, J.E., Perez, M.C., Marquez, F.J., Ferroglio, E. & Rossi, L. (2003). A survey of the gastrointestinal nematodes of Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) in a high mountain habitat. *Journal of Parasitology* 89: 315-318.

Rossi, L., De Meneghi, D., Meneguz, P.G. & Lanfranchi, P. (1989). Elmintofauna del camoscio (*Rupicapra rupicapra*) nel Parco Naturale Argentera. *Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Torino* 33: 3-15.

Rossi, L., Eckel, B. & Ferroglio, E. (1997). A survey on the gastrointestinal nematodes of roe deer (*Capreolus capreolus*) in a mountain habitat. *Parassitologia* 39: 303-312.

Sartorelli, P., Lanfanchi, P., Agnes, F. (1994). Parametri ematochimici nello stambecco: influenza dei fattori fisiologici e di errori preanalitici. *Argomenti di Patologia Veterinaria* 36: 331-337.

Shaw, D.J. & Dobson, A.P. (1995). Patterns of macroparasite abundance and aggregation in wildlife populations: a quantitative review. *Parasitology*. 111, S111-S133.

Shaw, D.J., Grenfell, B.T. & Dobson, A.P. (1998). Patterns of macroparasite aggregation in wildlife host populations. *Parasitology*. 177, 597-610.

Skryabin, K.I., Shikhobalova, N.P., Schulz, R.S., Popova, T.I., Boev, S.N., Delyamure, S.L. (1961). Key to parasitic nematodes. Vol 3, Strongylata. Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem.

Stien, A., Irvine, R.J., Ropstad, E., Halvorsen, O., Langvatn, R. & Albon, S.D. (2002). The impact of gastrointestinal nematodes on wild reindeer: Experimental and cross-sectional studies. *Journal of Animal Ecology* 71: 937-945.

Suarez, V.H., Cabaet, J. (1992). Interbreeding in the subfamily Ostertagiinae (Nematoda: Trichostrongylidae) of ruminants. *Journal of Parasitology* 78:402-405.

Tarantola, M., Citterio, C.V., Bassano, B., Lanfranchi, P., 2005. Assessment of the qualità of alpine chamois (*Rupicapra rupicapra*) diet in different zones of the Pre-Alps and Alps area of the Lecco district. Proceedings of the 9th Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition. Grugliasco (TO), Italy, 22-24 September 2005, p. 108.

Thul, J.E., Forrester, D.J., Abercrombie, C.L. (1985). Ecology of parasitic helminths of wood ducks, *Aix Sponsa*, in the atlantic flyway. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 52: 297-310.

Tompkins, D.M., Dobson, A.P., Arneberg, P., Begon, M.E., Cattadori, I.M., Greenman, J.V., Heesterbeek, J.A.P., Hudson, P.J., Newborn, D., Pugliese, A., Rizzoli, A.P., Rosà, F. & Wilson, K. (2002). Parasites and host population dynamics. In the ecology of wildlife diseases, P.J. Hudson, A.P. Rizzoli, B.T. Greenfell, H. Heesterbeek, and A.P. Dobson (eds). Oxford University Press, Oxford, U.K., p. 45-62.

Waid, D.D., Pence, D.B. & Warren, R.J. (1985). Effects of season and physical condition on the gastro-intestinal helminth community of white-tailed deer from the Texas Edwards Plateau. *Journal of Wildlife Diseases* 21: 264-273.

Wilson, K. & Grenfell, B.T. (1997). Generalized Linear Modelling for Parasitologist. *Parasitology Today*. 13. 33-38.

Zaffaroni, E., Manfredi, M.T., Citterio, C., Sala, M., Piccolo, G. & Lanfranchi, P. (2000). Host specificity of abomasal nematodes in free ranging alpine ruminants. *Veterinary Parasitology* 90: 221-230.