



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

GERONTICUS EREMITA (CHORDATA, AVES), UNA SPECIE
MINACCIATA DI ESTINZIONE: UNA REVISIONE SISTEMATICA

GERONTICUS EREMITA (CHORDATA, AVES), AN ENDANGERED
SPECIES: A SYSTEMATIC REVIEW

Studente:
Edoardo Serini

Relatore:
PROF. STEFANIA PUCE

Correlatore:
PROF. MARIA FEDERICA
TROMBETTA
DOTT. CAMILLA ROVETA

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

Dedico questa tesi ai miei nonni
e ai miei zii, Claudio e Santino

INDICE

Capitolo 1 Introduzione.....	4
1.1 Morfologia di <i>Geronticus eremita</i>	4
1.2 Aspetti tassonomici e filogenetici.....	6
1.3 Alimentazione e predazione.....	6
1.4 Riproduzione.....	8
1.5 Distribuzione e habitat.....	9
1.6 Migrazione.....	12
1.7 Conservazione.....	15
1.8 Informazioni e curiosità storiche.....	18
1.8.1 <i>Geronticus eremita</i> nella storia egiziana.....	18
1.8.2 <i>Geronticus eremita</i> in Europa.....	19
Capitolo 2 Scopo della tesi.....	21
Capitolo 3 Materiale e Metodi.....	22
Capitolo 4 Risultati e Discussione.....	25
4.1 Cause del declino delle popolazioni di <i>Geronticus eremita</i>	40
4.2 <i>Geronticus eremita</i> e altre specie in natura e in cattività.....	42
4.3 Censimento degli individui di <i>Geronticus eremita</i> ospitati nei parchi zoologici.....	44
Conclusioni.....	49
Bibliografia e Sitografia.....	51

Capitolo 1

INTRODUZIONE

1.1 Morfologia di *Geronticus eremita*

Geronticus eremita, comunemente noto con il nome di ibis eremita, è un uccello di medie dimensioni, lungo 70-80 cm, con un'apertura alare di 120-130 cm, e un peso che varia da 1 kg a 1.5 kg. Le femmine hanno dimensioni poco inferiori rispetto ai maschi (Janàk., 2013). Questo uccello possiede un becco rosso molto lungo che tende ad essere ricurvo nella parte terminale e che viene usato principalmente per scavare il terreno in cerca di cibo (Fritz et al., 2016). Il capo è di colore rossastro e privo di una copertura di piume, con una specie di calotta grigia (Baschieri Salvadori et al., 1997); gli occhi sono posizionati molto lateralmente (Fritz et al., 2016). La pelle nuda del capo è altamente vascolarizzata e svolge una funzione termoregolatrice, cioè favorisce la dissipazione del calore (Galvàn et al., 2017). Questo è possibile grazie all'elevata densità di vasi sanguigni, che possono determinare anche un cambiamento dell'intensità del colore rosso del capo, utilizzato come segnale durante le interazioni agonistiche (Galvàn et al., 2017). L'evoluzione di questa caratteristica si osserva in tutti gli uccelli (come avvoltoi, tacchini selvatici e struzzi) che vivono in ambienti caldi e che sono caratterizzati da un piumaggio scuro (Galvàn et al., 2017). Anche, le zampe sono di colore rosso e sono di aspetto robusto (Fritz et al., 2016).

Il piumaggio di *G. eremita* è nero, con sfumature viola e verde, visibili sulle ali e sul dorso quando l'uccello è colpito dalla luce solare (Janàk., 2013). Le piume sono particolarmente lunghe alla sommità del capo, pertanto, in presenza del vento sono spesso sollevate e la specie viene soprannominata anche "ibis dal ciuffo" (Baschieri Salvadori et al., 1997). I pulcini di *G. eremita* fino all'età di due anni sono caratterizzati da un piumaggio grigiastro, presente soprattutto sul capo e sul collo (Armesto et al., 2015). Durante il secondo e terzo anno, le piume presenti sul capo cominciano a cadere facendoli rimanere calvi, rispetto alle piume presenti ai lati della testa e della gola che sono più durature (www.iagnbi.org). I giovani ibis eremita raggiungono la maturità sessuale durante il loro terzo-quarto anno di vita (www.iagnbi.org).



Figura 1- Esempio di *Geronticus eremita*.



Figura 2- Esempio di *Geronticus eremita* in cui è ben visibile il capo nudo e il piumaggio di colore metallizzato.

1.2 Aspetti tassonomici e filogenetici

Geronticus eremita è un uccello che appartiene alla famiglia Threskiornithidae all'interno dell'ordine dei Pelecaniformes (Ramirez et al., 2013). La famiglia Threskiornithidae comprende 13 generi e 32 specie e si divide a sua volta in due sottofamiglie che si differenziano per la morfologia del becco. La sottofamiglia Plataleinae è caratterizzata da un lungo becco con una punta piatta e larga, mentre la sottofamiglia Threskiornithinae (i cui componenti sono denominati comunemente ibis) è caratterizzata da un becco lungo, stretto e curvo (Ramirez et al., 2013). Attraverso l'utilizzo di marcatori mitocondriali è stato possibile ricostruire le relazioni filogenetiche della famiglia Threskiornithidae ed evidenziare la monofilia delle sottofamiglie.

I generi *Eudocimus*, *Phimosus*, *Theristicus* della sottofamiglia Threskiornithinae sono raggruppati in un clade chiamato “Endemico del Nuovo Mondo”, mentre i restanti generi di questa sottofamiglia (*Geronticus*, *Bostrychia*, *Nipponia*, *Pseudibis*, *Threskiornis*, *Plegadis*) e tutta la sottofamiglia Plataleinae fanno parte del clade denominato “Ampiamente distribuito”. La sottofamiglia Plataleinae risulta monofiletica e si riscontra solo nel “Ampiamente distribuito”, al contrario la sottofamiglia Threskiornithinae è parafiletica poiché è presente in entrambi i cladi. I risultati, infatti, suggeriscono che la famiglia Threskiornithidae includa due cladi: il primo che comprende specie endemiche del Nuovo Mondo (clade “Endemico del Nuovo Mondo”) ed il secondo che comprende specie del Nuovo e del Vecchio Mondo (clade “Ampiamente distribuito”). Questi due gruppi filogenetici si sono separati circa 39-42 milioni di anni fa, quindi prima della separazione tra il Sud America e l'Antartide, con una vicarianza iniziale dovuta alla rottura del Gondwana, con la successiva colonizzazione delle specie del Vecchio Mondo verso il Nuovo (Ramirez et al., 2013).

1.3 Alimentazione e predazione

La dieta di *Geronticus eremita* è molto varia e comprende artropodi (ad es. coleotteri, cavallette, ragni, scorpioni, crostacei), molluschi (ad es. chioccioline), anellidi (lombrichi) e anche vertebrati (ad es. lucertole, serpenti, giovani rospi, oppure piccoli uccelli sia vivi che morti). Possono far parte dell'alimentazione anche cibi di origine vegetale come bacche lenticchie d'acqua e germogli (Hancock et al., 1992). Il foraggiamento di *G. eremita* è spesso relazionato al tipo di lavorazione del suolo, che favorisce la presenza di alcune prede a discapito di altre (Bowden et al., 2008).

Geronticus eremita cattura la maggior parte dei macro-invertebrati sui terreni in cui pascolano bovini e ovini. I giovani rospi rappresentano la preda più redditizia per questa specie, e sono

reperiti nei bacini paludosi ed idrici delle aree sorvolate dall'uccello. Il buprestide (*Julodis distincta*) che si trova solo in Siria, costituisce un'altra preda molto ricercata grazie alle sue grandi dimensioni, specialmente durante il periodo primaverile che va da maggio a giugno (Serra et al., 2008). Nel Parco Nazionale di Souss-Massa (Marocco), le lucertole costituiscono la preda principale di *G. eremita* in relazione alla presenza di terreni coltivati su larga scala e lo sfalcio di qualsiasi vegetazione naturale. Al contrario, a Tamri (Marocco), le coltivazioni su piccola scala e la presenza di vegetazione spontanea favoriscono la presenza di insetti che sono diventate, quindi, la preda più comune di questa specie (Bowden et al., 2008).

Geronticus eremita non ha molti predatori naturali noti, ma sicuramente il corvo dal collo bruno (*Corvus ruficollis*) rappresenta un pericolo costante durante il periodo di riproduzione degli ibis eremita della popolazione siriana (Serra et al., 2009). Infatti, i corvi tendono a cibarsi degli esemplari più giovani o appena nati. Altri presunti predatori sono rappresentati dal gufo reale (*Bubo bubo*) che si trova nella stessa area di riproduzione di *G. eremita* e dal capovaccaio (*Neophron percnopterus*). Il pericolo maggiore è comunque rappresentato dall'uomo, e in particolare dall'attività di caccia e dall'uso di pesticidi (Serra et al., 2009).



Figura 3- *Geronticus eremita* in cerca di cibo.

1.4 Riproduzione

Geronticus eremita presenta un sistema di accoppiamento monogamo e le colonie possono ospitare fino a 40 coppie (Szipl et al., 2014). La maturazione sessuale è tardiva e avviene verso i 3-4 anni (Kiliç, 2015) tuttavia sono presenti rari casi di individui di due anni che sono già in grado di riprodursi (www.iagnbi.org).

Gli accoppiamenti iniziano nel mese di marzo e si svolgono prevalentemente nell'orario di mezzogiorno o nel pomeriggio. Durante l'accoppiamento maschio e femmina esibiscono dei rituali di corteggiamento e possono accoppiarsi fino a 5 volte in un'ora e ciascuno ha una durata che va da 15 a 60 secondi (Kiliç, 2015). Nella fase di accoppiamento, sono utilizzati richiami o vocalizzi importanti nella selezione intrasessuale (Szipl et al., 2014). Dopo l'accoppiamento, sia il maschio che la femmina rimangono insieme per pulirsi a vicenda le penne oppure le zone che non possono raggiungere da soli come, ad esempio, il capo (Kiliç, 2015). In seguito, le coppie costruiscono il loro nido insieme (Kiliç, 2015). Sebbene molto rari, si possono osservare comportamenti agonistici tra coppie che hanno nidi vicini e che quindi competono fra loro per un maggiore spazio. Le coppie generano da 2 a 4 uova e il periodo di incubazione, di cui si occupano entrambi i genitori, dura 28 o 29 giorni. Le prime uova sono deposte verso la fine di marzo (Kiliç, 2015). Durante questo periodo, i genitori si alternano al nido per cercare del cibo o per scongiurare che ci siano pericoli nelle vicinanze; il cambio tra i genitori si verifica ogni 2-4 ore (Serra et al., 2009).

Come già descritto in precedenza, alla schiusa i pulcini si presentano con delle piume corte e grigie che rivestono il capo e il collo. Questo piumaggio persiste fino all'età di due anni (Armesto et al., 2015). Tra le prime attività che i pulcini imparano a svolgere è rilevabile la cooperazione con i genitori nella pulizia del nido per mantenerlo in condizioni ottimali (Kiliç, 2015) e, già solo dopo 40 giorni dalla schiusa, i pulcini sono in grado di volare (Baschieri Salvadori et al., 1997).

Durante il periodo riproduttivo è stato osservato che questa specie è sottoposta a stress e questo comporta un aumento di infezioni ed un'elevata produzione di ormoni; in particolare, nel periodo dell'accoppiamento il numero di escrementi contenenti prodotti di endoparassiti, come uova di nematodi ed oocisti di coccidi è molto più elevato rispetto al periodo successivo, così come i livelli di metaboliti del corticosterone. Questo probabilmente rappresenta un compromesso tra lo sforzo riproduttivo e la funzione immunitaria; infatti, gli alti livelli di metaboliti del corticosterone tendono a sopprimere la risposta immunitaria e tale fenomeno è particolarmente evidente nei maschi (Puehringer-Sturmayr, 2018).



Figura 4- Uova di *Geronticus eremita*.

1.5 Distribuzione e habitat

Fino al XVII secolo l'areale di *Geronticus eremita* si estendeva da tutto il Nord Africa fino al Medio Oriente e questa specie era diffusa nelle aree europee, quali Alpi, Danubio, Rodano e Cantone Svizzero Giura, che usava come siti di riproduzione.

Successivamente, l'areale si è molto ristretto. Come riportato da Baschieri Salvadori et al. (1997), questa specie, infatti, è scomparsa in Europa e risultava presente solo in Marocco Turchia, nello specifico a Birecik, sull'Eufrate che rappresentava l'ultima località certa di nidificazione e in Siria (Baschieri Salvadori et al., 1997).

Attualmente sono note due popolazioni distinte di questa specie (Armesto et al., 2015; Böhm et al. 2020):

- la popolazione occidentale residente in Marocco e Algeria,
- la popolazione orientale residente in Siria e Turchia.

Analisi recenti mostrano gli individui di queste due popolazioni differiscono a livello comportamentale, ma anche genetico; le due popolazioni, infatti, sono diverse per la presenza di una mutazione nel gene che codifica per il citocromo b. Il significato funzionale di una mutazione in questo gene rimane ancora incerta, sebbene costituisca un primo indicatore della necessità di approfondire gli studi sul genoma che potrebbero rivelare altre differenze tra le due popolazioni (Pegoraro, 2001).

La presenza in Marocco è documentata nel Parco Nazionale di Souss-Massa e nella città di Tamri (tra i due siti avviene un regolare scambio naturale di individui). Nel 1995 questa popolazione contava 300 individui con 74 coppie certe che deponevano le uova. Nel 1998 le

coppie erano scese a 59 a causa della scomparsa non ancora chiarita di 40 uccelli avvenuta nel 1996. Più recentemente, nel 2015, il numero di coppie presenti era di 116, con una presenza di 205 individui giovani ed un totale di 580 uccelli al termine della stagione riproduttiva. Nel 2018, sono state identificate 147 coppie e, al termine della stagione riproduttiva, la popolazione era costituita da oltre 700 individui (Oubrou El Bekkay, 2018). Questi dati inducono ad un certo ottimismo e a sperare che gli individui presenti nel Parco Nazionale di Souss-Massa possano ripopolare anche altre zone del Marocco (Böhm et al., 2020). Le colonie algerine erano storicamente stimate attorno a 300-400 individui, ma negli anni '80 gli individui erano già calati a meno di 80 a causa della caccia e della perdita di habitat. Tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90 questa specie è stata dichiarata estinta in questa zona, ma nell'autunno 2004 sono stati nuovamente avvistati 2 individui; non ci sono state osservazioni successive (Böhm et al., 2020).

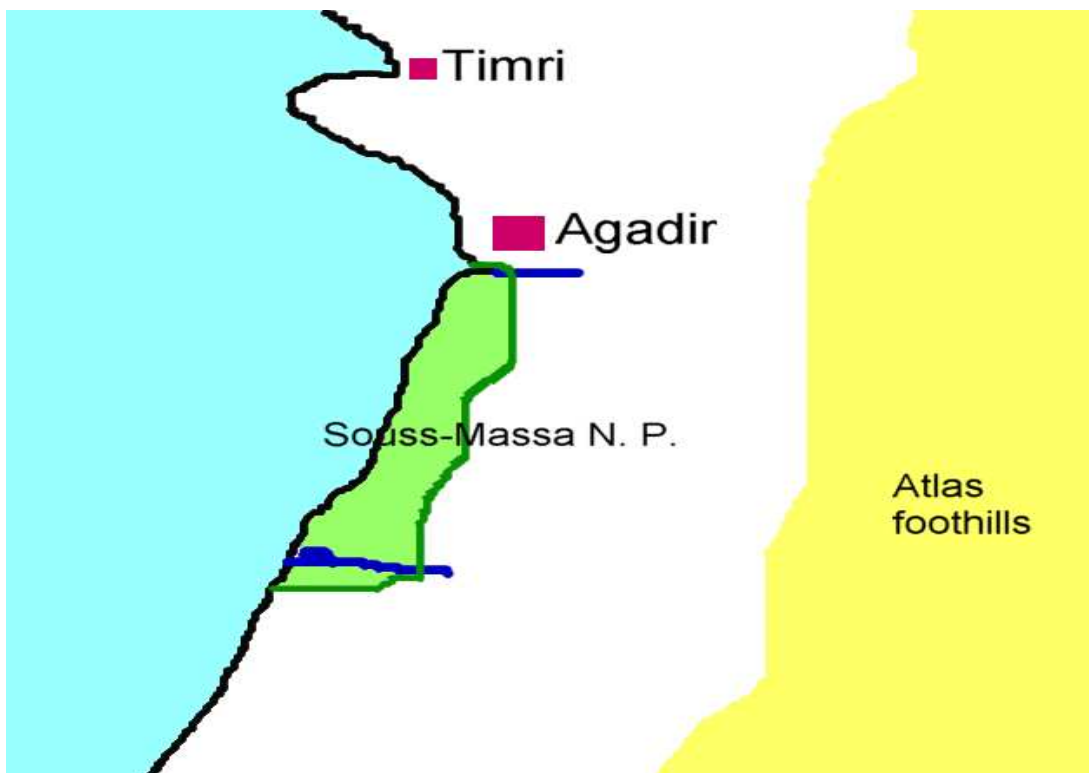


Figura 5- Localizzazione delle colonie di *Geronticus eremita* in Marocco (2008).

La popolazione orientale in Turchia, all'inizio dell'900 contava cinque colonie localizzate nella parte sud-orientale che ammontavano ad un totale di 3000 esemplari. Un forte calo è avvenuto negli anni '50 a causa dell'uso di DDT contro gli insetti. Come conseguenza, la popolazione riproduttiva nel 1973 contava solo 23 coppie. In seguito a questi eventi, nel 1977

è stato avviato un progetto per salvare gli individui selvatici residenti a Birecik. Alcuni ibis eremita sono stati catturati e messi in condizione di semi-cattività, mentre altri sono stati lasciati liberi. Gli esemplari in semi-cattività sono stati rilasciati dalle voliere ogni primavera (in coincidenza con il periodo di ritorno dalla migrazione) e incoraggiati a riprodursi nei luoghi vicini alla voliera (principalmente su sporgenze rocciose). Questa pratica di rilascio primaverile è ancora in uso e gli individui sono ricatturati ogni luglio prima della migrazione. Gli ibis eremita selvatici, invece, hanno continuato a subire un declino, per estinguersi del tutto nel 1989. La popolazione semi-selvatica ha continuato a crescere e a Dicembre 2018 contava 263 individui, sia giovani che adulti. Si sta lavorando per aumentare ancora l'allevamento della popolazione semi-selvatica in modo da ristabilire una popolazione migratoria a Birecik.

In Siria, questa specie era comune nelle aree desertiche, ma poco è noto della sua distribuzione e del suo declino in questo territorio, poiché si riteneva che fosse estinto. Nel 2002, invece, è stata scoperta una colonia di 7 ibis nella regione di Palmira. Nel 2006, attraverso monitoraggio satellitare è stato osservato che questi individui compivano una migrazione invernale verso l'Arabia (i più giovani) e l'Etiopia (gli adulti). Seppur protetto, il sito di Palmira ha visto ridursi il numero di ibis eremita a causa di fattori antropici (caccia e folgorazione dovuta alle linee elettriche), passando da 7 a 5 esemplari nel 2009. L'alta mortalità (85%) degli individui (soprattutto giovani) tra il 2009-2010 ha portato ad avere una sola coppia di ibis eremita e un'altra femmina. Nell'estate del 2012, durante la guerra civile in Siria, solo una coppia è ritornata al sito, senza riprodursi. La popolazione siriana oggi risulta estinta, anche se dal 2015 il monitoraggio dei siti è estremamente difficile a causa dei problemi di sicurezza (Böhm et al., 2020)

Per quanto riguarda l'habitat, *G. eremita* predilige zone rocciose o scogliere o addirittura grotte in prossimità di zone semiaride. Questa specie predilige anche suoli dove ci sia una vegetazione sparsa e piuttosto scarsa, con piante che non superano 15-20 cm di altezza. Possono vivere anche in zone vicine a pascoli e a terreni agricoli, sebbene il cambio di coltivazioni possa indurli ad abbandonare quell'area (Baschieri Salvadori et al., 1997; Armesto et al., 2015).

È noto che a Birecik (Turchia), in Siria e in Marocco gli individui di questa specie costruiscano i nidi tutti insieme nelle grotte poiché, in questo modo, godono di alcuni vantaggi: i predatori sono individuati più facilmente, lo spazio è equamente diviso da tutti gli esemplari sia giovani che anziani, gli individui possono aiutarsi durante il periodo di accoppiamento ed apprendere le tecniche di corteggiamento contribuendo quindi ad avere un maggiore successo riproduttivo.

In generale, il 60% degli individui nidifica in grotta, mentre il 40 % degli individui sceglie di non nidificare nelle grotte preferendo costruirsi nidi di legno isolati. I vantaggi dei nidi di legno comprendono un maggiore spazio e la possibilità per i pulcini di muoversi con maggiore libertà. Inoltre, essi offrono una maggiore difesa contro le temperature elevate, evitando il surriscaldamento (Kiliç, 2015).



Figura 6- *Geronticus eremita* che riposano su una parete rocciosa.

1.6 Migrazione

La popolazione orientale di *Geronticus eremita* è essenzialmente migratoria. Ad inizio luglio abbandona le zone di riproduzione per poi farvi ritorno verso febbraio-marzo. Le aree di svernamento non sono conosciute con esattezza, ma molto probabilmente comprendono gli stati del Nord Africa, come Etiopia, Eritrea e Sudan o in Asia come l'Arabia Saudita (Böhm et al., 2020). I giovani durante la migrazione seguono i genitori sebbene, durante il viaggio, molti tendano a disorientarsi a causa dell'inesperienza e non trovano più la propria colonia oppure a causa della stanchezza effettuano una migrazione più corta.

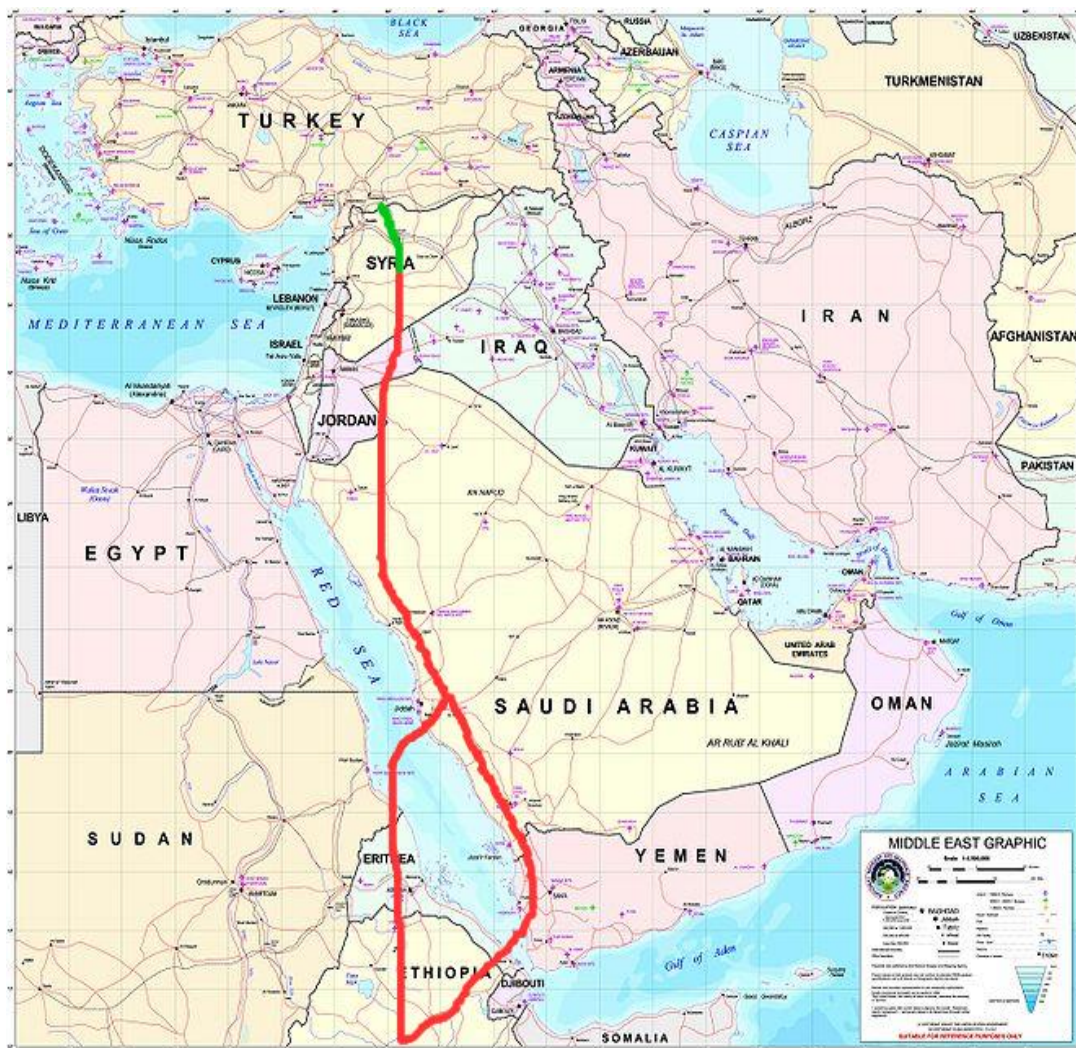


Figura 7- Rotta migratoria della popolazione siriana di *Geronticus eremita*.

La migrazione degli individui della popolazione occidentale, invece, è prettamente dispersiva ed erratica. I luoghi che questi uccelli occupano durante il periodo di svernamento vanno dalla Mauritania al Mali, attraversando addirittura il deserto del Sahara. Alcuni, invece, lasciano le proprie aree di riproduzione in Marocco per stabilirsi nel medesimo stato, ma in un'area differente, compiendo una migrazione a corto raggio. La dispersione della popolazione occidentale si verifica nel periodo tra settembre e gennaio mentre il ritorno avviene verso marzo (Armesto et al., 2015).

I viaggi migratori affrontati dalla popolazione orientale sono molto lunghi e per questo stancanti. Gli individui possono incontrare enormi rischi durante il viaggio e il tasso di mortalità è molto alto. I problemi più comuni riguardano la mancanza di cibo, la disidratazione, ma soprattutto il grande sforzo fisico richiesto, che i giovani esemplari non sempre riescono a sopportare, morendo durante il tragitto. Per fare fronte al problema dell'elevato costo

energetico, gli ibis eremita volano in formazione a V (Voelkl et al., 2015). Durante il volo in formazione, l'aria ad alta pressione presente sotto le ali fluisce attorno alla punta delle ali spostandosi verso una regione di aria a bassa pressione presente sopra le ali. Questo flusso forma due vortici nella scia dell'uccello, prodotti da regioni di corrente verso l'alto all'esterno delle ali e da una regione centrale di corrente verso il basso subito dietro l'uccello. I flussi prodotti in questo modo permettono all'individuo che segue di risparmiare circa il 50% del costo energetico rispetto al volo solitario. In questo modo, però, l'individuo primario che conduce lo stormo migratorio non può beneficiare di questo vantaggio, ed è stato quindi osservato che gli individui si alternano nella posizione di leadership del gruppo. Tuttavia, il cambiamento di posizione durante il tragitto non sembra essere effettuato solamente per favorire tutti gli individui, ma può basarsi anche su fattori legati al grado di parentela che esiste tra gli individui dello stormo, o alle condizioni fisiche (es. se sono stanchi, se sono in sovrappeso, ecc.), in modo da mantenere una struttura in volo che minimizzi i costi energetici. Il volo in formazione a V fornisce un esempio di altruismo reciproco (Voelkl et al., 2015).



Figura 8- Stormo di *Geronticus eremita* in volo.

1.7 Conservazione

Geronticus eremita è una specie considerata in via d'estinzione, sebbene sia passato recentemente dallo stato "Gravemente minacciato (CR)" a "Minacciato (EN)" nella lista rossa della IUCN (International Union for Conservation of Nature), grazie alla stabilità degli individui presenti nella popolazione occidentale. Negli zoo europei membri dell'E.A.Z.A. (Associazione Europea di Zoo ed Acquari) nel 2016 erano presenti approssimativamente 1150 esemplari originari della popolazione marocchina, mentre negli zoo extraeuropei erano presenti 350 esemplari (Spiezio et al., 2018). Successivamente, Böhm et al. (2020) riportano la presenza di 1700 esemplari in cattività nel 2018.

Le cause principali che hanno condotto questa specie all'estinzione in Europa e alla diminuzione in Africa sono identificabili negli abbattimenti di individui, soprattutto i piccoli che venivano prelevati dai nidi (costituivano una pietanza raffinata nei banchetti dei signori europei del XVI secolo), e dal lento degrado ecologico con la conseguente perdita di habitat (Perco, 2013). Nella prima metà del XVII secolo scomparvero da tutta la fascia alpina e molto probabilmente da tutta l'Europa. L'intensa caccia portò alla scomparsa di *G. eremita*, tanto che fu considerato negli anni seguenti una creatura mitologica (Grzimek., 1974).

Dato che questa specie preferisce cercare il cibo in ambienti aridi ed aperti caratterizzati da una vegetazione che non superi i 20 cm di altezza (Perco, 2013), essa era, quindi, legata alla pratica della pastorizia, dello sfalcio ed anche all'incendio di vaste aree che permettevano di mantenere gli ambienti aperti. Il graduale abbandono di queste pratiche agricole ha consentito una conseguente riforestazione che ha costretto la specie ad abbandonare tali luoghi (Perco, 2013). Infine, in Europa un altro fattore rilevante sono stati i cambiamenti climatici: risulta infatti, che tra il 1550 e il 1570, il continente europeo abbia attraversato un periodo particolarmente freddo, noto anche come "piccola era glaciale", che sembra avere avuto un'influenza negativa su numerose specie meridionali, la cui presenza nell'area alpina era stata fino a quel momento possibile (Perco.,2013).

Il recente decremento registrato in Marocco e Turchia sarebbe da imputare all'uso in agricoltura di pesticidi e insetticidi contenenti DDT e DDE (Perco, 2013), all'inquinamento acustico provocato dall'edilizia illegale vicino alle scogliere e dal turismo. In Italia la caccia illegale risulta un enorme problema poiché sono spesso uccisi individui reintrodotti dai progetti di conservazione (www.iucnredlist.org).

L'impegno nella conservazione di questa specie da parte di zoo e privati ha condotto alla nascita di progetti aventi come obiettivo il reinserimento in natura di individui allevati in cattività. Nel 1999 è nato il IAGNBI (International Advisory Group for the Northern Bald

Ibis), un gruppo di consultazione internazionale che ha lo scopo di coordinare gli sforzi di conservazione di questa specie (Böhm et al., 2020). Un piano d'azione per conservare *G. eremita* è stato reso pubblico nel 2006, mentre nel 2012 è stato istituito un gruppo di lavoro internazionale che si occupa degli uccelli migratori afro-euroasiatici e nel 2015 l'AEWA (The Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds) ha approvato il piano d'azione per la salvaguardia di questa specie.

Gli obiettivi che devono essere raggiunti entro il 2025 riguardano l'aumento del successo riproduttivo, la riduzione della mortalità giovanile, la creazione di nuove colonie e una maggiore divulgazione scientifica su questo problema (Bowden.,2015).

Un programma di allevamento in situ per mantenere elevato il numero di esemplari è già in atto a Birecik, ed un altro è stato avviato ad Ain Tijja-Mezguitem nel nord-est del Marocco, utilizzando uccelli allevati negli zoo dai primi anni duemila. Quest'ultimo, nel corso degli anni, ha prodotto ottimi risultati: nel 2007, la voliera conteneva 19 esemplari, 13 adulti e 6 giovani. Con la chiusura di questo centro d'allevamento nel 2016, gli esemplari sono stati trasferiti allo zoo di Rabat, dove è stata pianificata una reintroduzione in natura, una volta che la popolazione abbia raggiunto i 40 esemplari.

Anche in Turchia sono presenti progetti che hanno come obiettivo l'incremento delle popolazioni di *G. eremita* semi-selvatiche attraverso una migliore zootecnia e maggiori sforzi di sensibilizzazione della popolazione locale, soprattutto gli agricoltori sull'uso dei pesticidi che rappresentano un serio rischio (Hatipoglu 2009, C. Bowden in litt. 2015).

In Europa tra i più famosi progetti di conservazione e reintroduzione presenti si annoverano il Proyecto Eremita in Spagna e il Reason for Hope – Reintroduction of Northern Bald Ibis, progetto LIFE+ congiunto Austria, Germania e Italia coordinato dal Waldrappteam (fondato nel 2002) con lo scopo di creare nuove colonie riproduttive di ibis eremita (Spiezio et al., 2018).

In particolare, il progetto del Waldrappteam intende reintrodurre l'animale in tutti i territori d'Europa dove era presente in passato (Perco, 2013). Il metodo consiste nel prelevare i pulcini appena nati dalle colonie presenti nei vari zoo europei (principalmente Germania ed Austria) aderenti al progetto, e l'allevamento da parte dei nuovi genitori umani in modo che subiscano il cosiddetto "imprinting" che Lorenz definì essere "l'apprendimento in fase precoce e sensibile", attuabile solamente dopo un breve periodo dalla schiusa delle uova. L'idea di questo progetto non è nuova, ma prende spunto da Konrad Gesners che nei suoi scritti del XVI secolo, riporta che in Svizzera fosse diffusa l'abitudine di allevare giovani ibis eremita e poi lasciarli liberi di volare. Dopo un mese in cui sono stati allevati dai genitori umani, i giovani

G. eremita, infatti, sono portati in campo dove iniziano a volare ed imparano a seguire i loro genitori adottivi che si spostano a bordo di un velivolo. Così i giovani imparano la rotta migratoria che li porta principalmente all'area di svernamento che si trova in Toscana, nell'Oasi WWF della Laguna di Orbetello, scelta appunto per le sue condizioni climatiche favorevoli, per poi ritornare nell'area di riproduzione (Perco, 2013). Gli esemplari, una volta diventati adulti, dovranno ripercorrere la tratta imparata in età giovanile, tramandandola ai propri pulcini, completando così il ciclo.



Figura 9- *Geronticus eremita* all'interno di una voliera nello zoo di Leipzig (Germania).

L'obiettivo di questo progetto è quello di reinserire *G. eremita* in Europa come specie totalmente libera e di sensibilizzare e informare il mondo venatorio allo scopo di eliminare la caccia illegale attuata nei confronti di specie a rischio come questa (Perco, 2013).

1.8 Informazioni e curiosità storiche

1.8.1 Geronticus eremita *nella storia egiziana*

Geronticus eremita era anticamente presente in Egitto e ci sono dati che indicano che rivestisse un ruolo importante nella cultura egiziana (Janàk, 2010). La sua figura veniva infatti collegata con la parola egiziana Ahk, termine che indicava “splendore luminoso” ed “energia sprigionata”, cioè la potenza divina espressa attraverso la lucentezza del suo aspetto. L’Ahk poteva essere raggiunto dagli egiziani morti, solo dopo la mummificazione, eseguendo riti di sepoltura che conducevano l’anima del defunto alla lucentezza finale. La connessione della terminologia Ahk con l’ibis eremita sta proprio nella sua rappresentazione, cioè nei geroglifici che ritraevano proprio questo uccello. Secondo gli studiosi il significato di Ahk era in relazione alle piume colorate (viola, verde, rame) delle ali di *G. eremita* che coincidevano con le idee di luce, splendore e brillantezza. Nell’Antico Egitto, le rappresentazioni di questa specie sono presenti nel tardo Periodo Predinastico. Esso era raffigurato su oggetti d’avorio, su piccole “etichette” poste sulle tombe, su piccoli decori a forma di cilindro ed altri oggetti risalenti anche al primo Periodo Dinastico.

A partire dal Vecchio Regno, *G. eremita* è stato continuamente utilizzato come segno geroglifico per la parola Ahk, trovandolo quindi nei testi sacri che parlavano della vita e della morte. Nel periodo della V dinastia del Vecchio Regno, l’ibis eremita era raffigurato in diversi stili, ma erano tutti quanti fedeli all’immagine originale dell’uccello. Successivamente, invece, ad esempio nella XII dinastia, è stato raffigurato in modo totalmente diverso, con colori e forme non realistiche.

Nel Nuovo Regno, *G. eremita* era inserito in un rituale ancora non del tutto chiarito. Le rappresentazioni mostrano il faraone che corre verso una divinità femminile (Hathor, Bastet, Satet, Isis o Uerethekau) o il dio creatore (Amon o Ra) tenendo sulla mano sinistra un ibis eremita e in quella destra tre scettri della vita e un bastone. In alcuni casi vengono raffigurati oltre a questo uccello anche un gufo e un avvoltoio. Il testo di questa rappresentazione resta ignoto, così come il significato dell’uccello che, probabilmente, ha un valore solamente simbolico.

Geronticus eremita all’epoca nidificava sulle rocce e scogliere del fiume Nilo, arrivando nel mese di marzo e rimanendovi fino a luglio per poi migrare verso Sud, in Etiopia. Gli Egizi associavano l’arrivo della primavera, il periodo del raccolto, all’arrivo di questa specie in Egitto. Durante il III millennio, vari eventi condussero all’abbandono del territorio egiziano

da parte di animali, tra cui *G. eremita*. Tra le cause principali, si annoverano l'estrema siccità che cambiò morfologicamente il paesaggio egiziano, soprattutto le valli del Nilo che rappresentavano l'habitat riproduttivo di questa specie e le monumentali strutture architettoniche costruite in quel periodo con la pietra estratta da cave di calcare scavate nelle zone di nidificazione di ibis eremita. Per questo motivo le rappresentazioni egiziane dell'uccello, dal Regno di Mezzo in poi mostreranno degli errori significativi e deviazioni dal modello naturale. *G. eremita* è stato sicuramente presente in Egitto fino alla fine del III millennio, ma è molto dubbia la sua presenza nei periodi successivi. È quindi probabile che questa specie dal III millennio in poi non abbia più nidificato in Egitto e che la rotta migratoria che li porta dall'Etiopia alla Siria evitando lo stato egiziano sia iniziata in quel periodo (Janák, 2010).

1.8.2 *Geronticus eremita* in Europa

Le prime testimonianze storiche relative a questa specie in Europa risalgono al XV secolo; infatti, in due chiese situate in Slovenia, sono stati rinvenuti affreschi che sembrano riferirsi a ibis eremita, una nel villaggio di Hrastovlje e l'altra a Skocian. Le prime documentazioni cartacee su *Geronticus eremita* risalgono al XVI secolo, esattamente nel 1555 grazie all'opera di Konrad Gesners, dove l'ibis eremita veniva identificato con il nome di "Corvus sylvaticus", e successivamente nel 1599 all'interno dell'opera del naturalista bolognese Ulisse Aldrovandi (Grzimek, 1974; Perco, 2013). Inoltre, nel XVI secolo fu emanato per la prima volta dall'arcivescovo Leonardo di Salisburgo un decreto con lo scopo di salvaguardare questa specie dai principi dell'epoca che avevano l'usanza di cibarsi dei piccoli di questa specie (Baschieri Salvadori et al., 1997). Con la scomparsa di questi uccelli in Europa, nei secoli successivi alcuni naturalisti dubitarono dell'esistenza di tale specie e l'opera di Gesners venne considerata di pura invenzione (Grzimek., 1974).



Figura 10- Illustrazione di *Geronticus eremita* tratta dall'opera di Konrad Gesners (1555).



Figura 11- Illustrazione di *Geronticus eremita* (1731).

Capitolo 2

SCOPO DELLA TESI

Lo scopo di questo lavoro è la revisione bibliografica delle informazioni attualmente disponibili sulla specie *Geronticus eremita* innanzitutto per mettere in evidenza l'evoluzione nel tempo dello studio di questa specie ed eventuali gaps di conoscenze, ma anche per rispondere alle seguenti domande:

- 1: quali sono i fattori che rappresentano le cause principali del declino delle popolazioni di questa specie?
- 2: Quali specie interagiscono con *G. eremita* in natura e in cattività? Che tipo di interazioni si osservano?
- 3: Quanti individui sono attualmente presenti in cattività?

Capitolo 3

MATERIALI E METODI

3.1 Ricerca bibliografica e raccolta dati

Per questo studio è stata svolta una revisione sistematica attraverso una estesa ricerca bibliografica sul database Scopus della casa editrice Elsevier utilizzando diverse parole chiave e selezionando l'operazione di ricerca "Titolo Articolo, Abstract, Parole Chiave", cercando ogni tipo di documento (Articoli scientifici, Note, Revisioni, Articoli presentati a Congressi, ed Erratum) e non immettendo nessuna restrizione sulla cronologia temporale. La ricerca è stata effettuata inserendo prima il nome scientifico della specie "*Geronticus eremita*" e poi il nome in lingua inglese "Northern bald ibis". I criteri fondamentali che sono stati applicati successivamente alla raccolta di tutti i file scaricati da Scopus comprendevano l'essere scritti in lingua inglese o italiana, l'essere reperibili attraverso banche dati online e il trattare effettivamente argomenti relativi a *Geronticus eremita*. I documenti tra loro identici sono stati considerati una sola volta nel conteggio totale (Figura 13). La data ultima della ricerca bibliografica corrisponde al 16 Giugno 2020.

Una volta scaricata tutta la bibliografia, i documenti scientifici sono stati inseriti in una tabella riportando in colonne diverse: l'anno di pubblicazione, gli autori, nazione di affiliazione del primo autore, provenienza degli individui studiati, argomento trattato (suddiviso in sette categorie: Comportamento, Conservazione, Ecologia, Fisiologia, Paleontologia-Tassonomia-Morfometria, Patologia e Riproduzione), condizione degli individui studiati (suddiviso in tre categorie: selvatici, semi-selvatici o in cattività). Un singolo documento può ricadere in diverse categorie, soprattutto prendendo in considerazione gli argomenti e la condizione degli individui studiati.

Nei documenti analizzati sono, inoltre, state cercate le informazioni relative alle possibili cause del declino delle popolazioni di *G. eremita* e quelle relative alle specie con cui condivide l'habitat o l'exhibit rispettivamente in natura e in cattività.

Per quanto riguarda gli esemplari in cattività esiste un programma internazionale chiamato International Species Information System (Species360), che consiste in un'organizzazione senza scopo di lucro creata negli Stati Uniti nel 1973 per raccogliere e immagazzinare

informazioni sugli animali appartenenti a specie selvatiche mantenuti in cattività. Species360 mobilita una rete di oltre 1.200 acquari, zoo, università, ricercatori e membri governativi in sei continenti in 99 paesi per migliorare il benessere degli animali e la conservazione delle specie. I membri dell'organizzazione affrontano i problemi più urgenti della fauna selvatica di oggi, compresa la definizione delle migliori pratiche in materia di allevamento, arricchimento, cure mediche, benessere, riproduzione, gestione della popolazione e biodiversità. Insieme, i membri di Species360 curano lo Zoological Information Management System (ZIMS), il database di conoscenza più completo al mondo su oltre 22.000 specie. ZIMS aumenta notevolmente ciò che è noto su migliaia di specie ed è determinante nell'identificare strategie di sostenibilità per molte delle specie valutate come vulnerabili, minacciate ed estinte in natura. Species360 facilita la collaborazione internazionale nella raccolta, condivisione e analisi delle conoscenze sulla fauna selvatica. Insieme, i membri aiutano a migliorare la cura e il benessere degli animali e informano la conservazione delle specie.

I dati relativi agli individui di *G. eremita* in cattività sono stati ricavati da questo database.

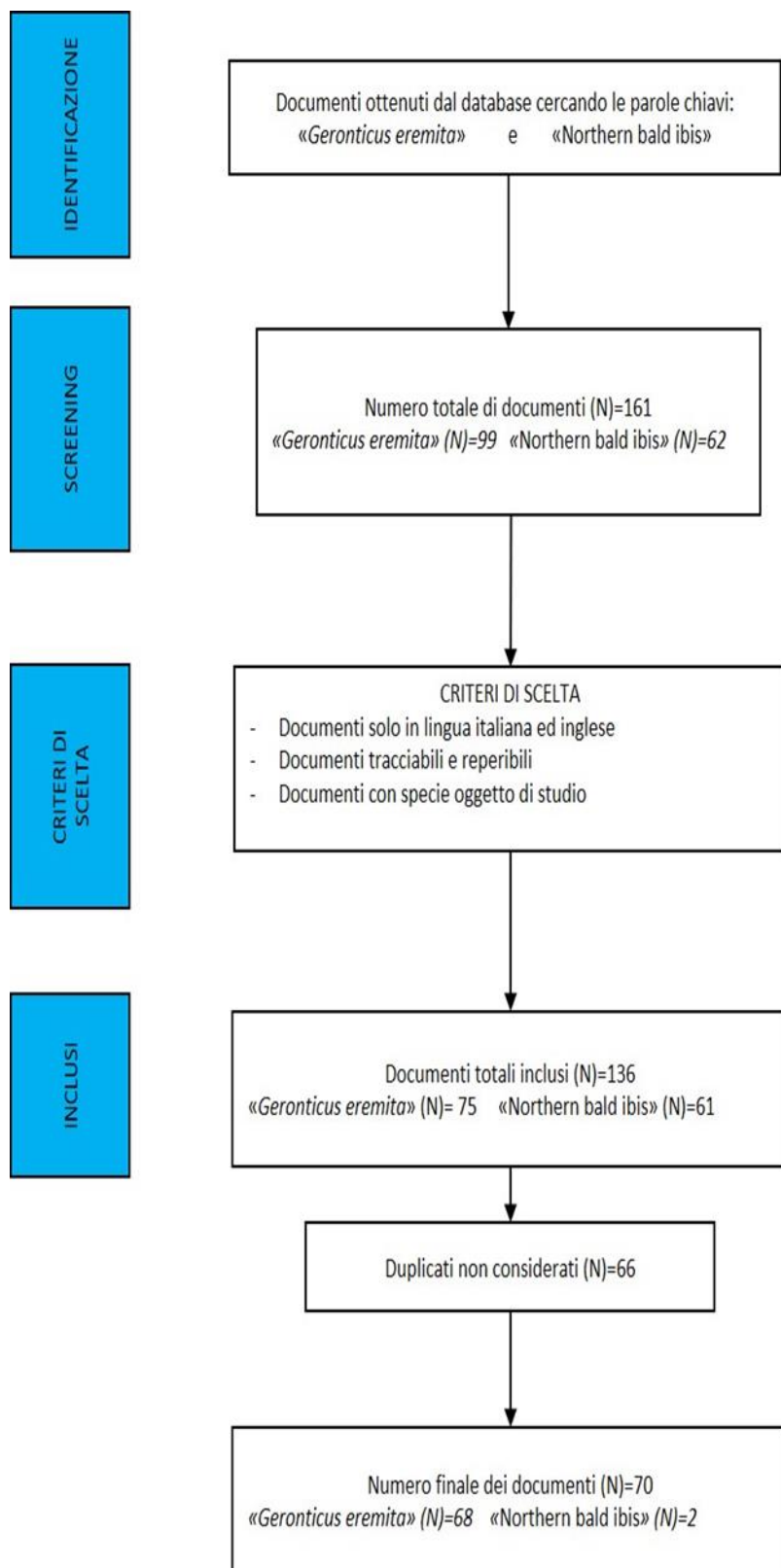


Figura 12- Diagramma di flusso che illustra i passaggi effettuati per ottenere gli articoli scientifici riguardanti *Geronticus eremita*.

Capitolo 4

RISULTATI E DISCUSSIONE

Dalla ricerca bibliografica condotta, inizialmente sono risultati 161 articoli, ai quali sono stati applicati i criteri di scelta stabiliti, riducendo il numero a 136 articoli. Successivamente, sono stati eliminati i duplicati (66) e si è arrivati al numero finale di 70 articoli presi in considerazione per questo studio (Figura 12). Da questi articoli sono state poi estratte le informazioni di nostro interesse riportandole in una tabella generale (Tabella 1), utilizzata per ottenere i seguenti risultati.

Analizzando la distribuzione temporale degli articoli (Figura 13) emerge che il primo articolo relativo a *Geronticus eremita* è stato pubblicato nel 1976. Da allora il numero di articoli riguardanti questa specie è aumentato esponenzialmente nelle decadi successive e nel periodo 2011-2020, il numero di documenti pubblicati (39) è più che raddoppiato rispetto alla decade precedente (17). L'aumento di pubblicazioni scientifiche sembra andare di pari passo con l'aumento di interesse per questa specie a rischio di estinzione, il cui declino è iniziato diversi secoli fa e ha portato alla sua scomparsa già nel 1650 in tutta l'Europa (Tomlinson, 1994). Come sottolineato da Böhm et al. (2020), a tre secoli di distanza dall'estinzione, è iniziata infatti, l'attività di allevamento di questa specie da parte degli zoo europei e la prima riproduzione di successo è avvenuta negli anni '60. A partire dalla fine degli anni '70 la migliore capacità di allevamento ha portato il numero di individui in cattività a 1745.

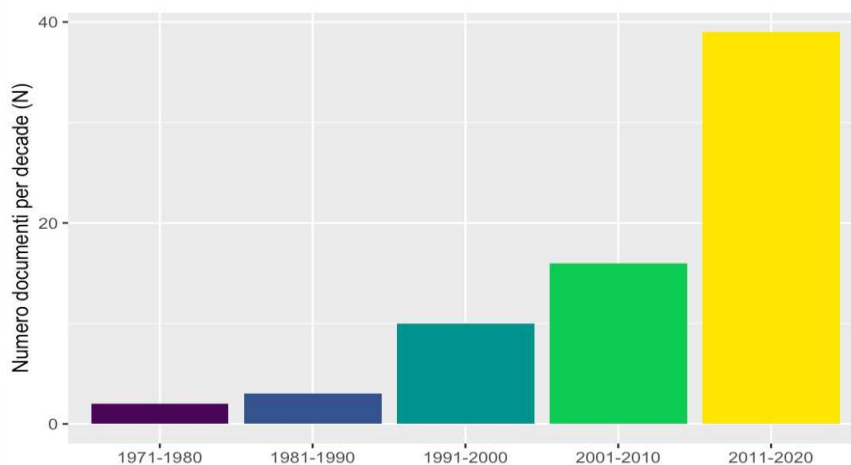


Figura 13-Numero di articoli riguardanti *Geronticus eremita* pubblicati in decenni successive dal 1971 al 2020.

Tabella 1- Lista degli articoli analizzati divisi per anno, comprendente tutte le informazioni estrapolate dai documenti stessi.

ANNO	AUTORI	PAESE AFFILIAZIONE PRIMO AUTORE	PROVENIENZA INDIVIDUI STUDIATI	ARGOMENTO	CONDIZIONE DEGLI INDIVIDUI STUDIATI
1976	Mallet,M.	Regno Unito	Baliato di Jersey	Conservazione	Zoo
1980	Safriel,U.N.	Israele	–	Conservazione	–
1982	De Boer,L.E.M., Van Brink,J.M.	Paesi Bassi	–	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	–
1984	Kumerloeve,H.	Germania	–	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria Conservazione	–
1990	Reşit Akçakaya,H.	Stati Uniti	Turchia	Conservazione	Semi-Wild
1992	Schulz,H.,Schulz,M.	Germania	Arabia Saudita	Conservazione	Wild
1993	Signer, E.N.,Jeffreys, A.J.	Regno Unito	Svizzera	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	Zoo
1994	Signer,E.N.,Schmidt,C.R.,Jeffreys, A.J.	Regno Unito	Germania	Conservazione Comportamento Riproduzione	Zoo
1994	Mendelssohn,H.	Israele	Israele	Conservazione	Zoo
1994	Pegoraro, K.,Thaler, E.	Austria	Austria	Conservazione Comportamento	Zoo Wild
1994	Tomlinson, C.	Regno Unito	–	Conservazione	–
1996	Marco, A.S.	Spagna	Spagna	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	–
1997	Tomás Gimeno, F.J.	Spagna	Spagna	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	–

1999	Touti, J., Oumellouk, F., Bowden, C.G.R., Kirkwood, J.K., Smith, K.W.	Marocco	Marocco	Conservazione	Wild
2001	Pegoraro, K., Föger, M., Parson, W.	Austria	Austria	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	Zoo
2002	Dutton, C.J., Allchurch, A.F., Cooper, J.E.	Stati Uniti	Turchia Baliato di Jersey	Fisiologia	Zoo
2002	Tintner, A., Kotschal, K.	Austria	Germania Austria	Comportamento	Zoo
2003	Bowden, C.G.R., Aghnaj, A., Smith, K.W., Ribí, M.	Regno Unito	Marocco	Conservazione Riproduzione	Wild
2004	Villegas, A., Sanchez Guzman, J.M., Corbacho, C., Corbacho, P., Vargas, J.M.	Spagna	Spagna	Fisiologia Conservazione	Zoo
2004	Sánchez-Guzmán, J.M., Villegas, A., Corbacho, C., Morán, R., Marzal, A., Real, R.	Spagna	Spagna	Fisiologia	Zoo
2004	Serra, G., Abdallah, M., Assaed, A., Abdallah, A., Al Qaim, G., Fayad, T., Williamson, D.	Italia	Siria	Conservazione	Wild
2006	Sorato, E., Kotschal, K.	Austria	Austria	Fisiologia Riproduzione	Semi-Wild
2006	Düzler, A., Özgel, Ö., Dursun, N.	Turchia	Turchia	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	–
2006	Mourer-Chauviré, C., Philippe, M., Guillard, S., Meyssonnier, M.	Francia	Francia	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	–
2007		Regno Unito	Regno Unito	Comportamento	Zoo

	Vargas-Ashby, H.E.,Pankhurst, S.J.			Conservazione	
2008	Bowden, C.G.R.,Smith, K.W.,Bekkay, M.E.,Oubrou, W.,Aghnaj, A. Jimenez-Armesto, M.	Regno Unito	Marocco	Conservazione Ecologia	–
2008	Smith, K.W.,Aghnaj, A.,El Bekkay, M.,Oubrou, W.,Ribi, M. Armesto, M.J.,Bowden, C.G.R.	Regno Unito	Marocco	Riproduzione Ecologia Conservazione	Wild
2008	Serra, G.,Abdallah, M.S.,Qaim, G.a.	Italia	Siria	Comportamento Ecologia	Wild
2009	Serra, G.,Peske, L.,Abdallah, M.S.,Al Qaim, G.,Kanani, A.	Italia	Siria	Comportamento Riproduzione Ecologia	Wild
2009	Lindsell, J.A.,Serra, G.,Peške, L.,Abdullah, M.S.,Al Qaim, G.,Kanani, A.,Wondafrash, M.	Regno Unito	Giordania Arabia Saudita Yemen Etiopia	Comportamento	Wild
2010	Loretto, M.C.,Schloegl, C.,Bugnyar, T.	Austria	Austria	Comportamento	Semi-Wild
2011	Serra, G.,Bruschini, C.,Lindsell, J.A.,Peske, L.,Kanani, A.	Italia	Siria	Riproduzione Ecologia	Wild
2011	Martin, G.R.,Portugal, S.J.	Regno Unito	Regno Unito	Fisiologia Ecologia	Zoo
2011	Lindsell, J.A.,Shehab, A.H.,Anderson, G.Q.A.	Regno Unito	Siria	Ecologia	Wild

2012	Ozturk, M.,Kebapci, U.,Gucel, S.Cetin, E.E.,Altundag, E.	Turchia	Turchia	Ecologia	–
2012	Gönenç, B.,Öge, H.,Öge, S.,Emir, H.,Özbakiş, G.,Aşti, C.	Turchia	Turchia	Patologia	Semi-Wild
2012	Tel, Y.,Keskin, O.	Turchia	Turchia	Patologia	Semi-Wild
2012	Clark, J.A.,Haseley, A.,Van Genderen, G.,Hofling, M.,Clum, N.J.	Stati Uniti	Stati Uniti	Comportamento Riproduzione	Zoo
2013	Serra,G.,Bruschini, C.,Peske, L.,Kubsa, A.,Wondafrash, M. Lindsell, J.A.	Italia	Etiopia	Conservazione Ecologia	Wild
2013	Laing, S.T.,Weber III, E.S.,Yabsley, M.J.,Shock, B.C.,Grosset, C. Petritz, O.A.,Barr, B.,Reilly, C.M.,Lowenstine, L.J.	Stati Uniti	–	Patologia Conservazione	Zoo
2013	<i>Tel, O.Y., Bozkaya, F., Keskin, O.</i>	Turchia	Turchia	Patologia	Semi-Wild
2014	Dorn, S.,Wascher, C.A.F.,Möstl, E.,Kotrschal, K.	Austria	Austria	Fisiologia Comportamento	Semi-Wild
2014	Szipl, G.,Boeckle, M.,Werner, S.A.B.,Kotrschal, K.	Austria	Austria	Comportamento Riproduzione	Semi-Wild
2014	Portugal, S.J.,Hubel, T.Y.,Fritz, J.,Heese, S.,Trobe, D.,Voelkl, B. Hailes, S.,Wilson, A.M.,Usherwood, J.R.	Regno Unito	Austria	Comportamento	Zoo
2015	Serra, G.,Lindsell, J.A.,Peske, L.,Fritz, J.,Bowden, C.G.R. Bruschini, C.,Welch, G.,Tavares, J.,Wondafrash, M.	Italia	Siria Turchia	Conservazione	Wild Semi-Wild

2015	Voelkl, B.,Portugal, S.J.,Unsölde, M.,Usherwood, J.R.,Wilson, A.M.,Fritz, J.	Regno Unito	Austria	Comportamento	Zoo
2015	Bairlein, F.,Fritz, J.,Scope, A.,Schwendenwein, I.,Stanclova, G. Van Dijk, G.,Meijer, H.A.J.,Verhulst, S.,Dittami, J.	Germania	Austria Repubblica Ceca Svizzera	Fisiologia	Zoo
2016	Wirtz, S.,Böhm, C.,Fritz, J.,Hankeln, T.,Hochkirch, A.	Germania	Turchia Siria Svizzera Austria	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	Zoo Semi-Wild Wild
2016	Nakajima, Y.,Fukuda, H.,Onuma, M.,Murata, K.,Ueda, M.,Sunaga, E.,Shiraishi, T.,Tajima, A.	Giappone	Giappone	Fisiologia	Zoo
2016	Frigerio, D.,Cibulski, L.,Ludwig, S.C.,Campderrich, I.,Kotrschal, K. Wascher, C.A.F.	Austria	Austria	Comportamento Patologia Riproduzione	Semi-Wild
2017	Fritz, J.,Kramer, R.,Hoffmann, W.,Trobe, D.,Unsöld, M.	Austria	Austria	Conservazione	-
2017	Yeniyurt, C.,Oppel, S.,Isfendiyaroglu, S.,Ozkinaci, G.,Erkol, I.L. Bowden, C.G.R.	Turchia	Turchia	Fisiologia Riproduzione Ecologia	Semi-Wild
2017	Voelkl, B.,Fritz, J.	Svizzera	Austria Italia	Comportamento	Zoo
2017	Galván, I.,Palacios, D.Negro, J.J.	Spagna	Spagna	Fisiologia	Zoo

2017	Stanclova, G.,Schwendenwein, I.,Merkel, O.,Kenner, L.,Dittami, J. Fritz, J.,Scope, A.	Austria	Austria Germania	Fisiologia	Zoo
2018	Saidala, R.K.,Devarakonda, N.	India	–	Comportamento Ecologia	–
2018	Wirtz, S.,Böhm, C.,Fritz, J.,Kotrschal, K.,Veith, M.,Hochkirch, A.	Germania	–	Conservazione Ecologia	Zoo
2018	Spergser, J.,Loncaric, I.,Tichy, A.,Fritz, J.,Scope, A.	Austria	Austria Repubblica Ceca Svizzera	Fisiologia	Zoo Semi-Wild
2018	Spiezio, C.,Valsecchi, V.,Sandri, C.,Regaiolli, B.	Italia	Italia	Comportamento	Zoo
2018	Puehringer-Sturmayer, V.,Wascher, C.A.F.,Loretto, M.C.,Palme, R. Stoewe, M.,Kotrschal, K.,Frigerio, D.	Austria	Austria	Fisiologia Patologia Riproduzione Comportamento	Semi-Wild
2019	Kiliç, A.,Uysal, E.	Turchia	Turchia	Riproduzione Comportamento	Semi-Wild
2019	Hans-Jürgen, B.,Kleinhagauer, T.,Glaeser, S.P.,Spergser, J.K. Ampfer, P.,Rückert, C.	Austria	–	Patologia	–
2019	Hirschenhauser, K.,Frigerio, D.,Leithinger, V.,Schenkenfelder, I. Neuböck-Hubinger, B.	Austria	Austria	Conservazione	–
2019	Dinç, H., Yiğın, A.,Bozkaya, F.	Turchia	Turchia	Fisiologia Conservazione	Semi-Wild

2019	Frigerio, D., Puehringer-Sturmayr, V., Neuböck-Hubinger, B., Gegendorfer, G., Kotrschal, K., Hirschenhauser, K.	Austria	Austria	Conservazione	–
2019	<i>Mirzaeinia, A., Bradfield, Q., Bradley, S., Hassanalian, M.</i>	Stati Uniti	–	Paleontologia-Tassonomia-Morfometria	–
2019	Loncaric, I., Lepuschitz, S., Ruppitsch, W., Trstan, A., Andreadis, T., Bouchlis, N., Marbach, H., Schauer, B., Szostak, M.P., Feßler, A.T., Schwarz, S., Spargser, J.	Austria	Austria	Patologia	–
2020	Puehringer-Sturmayr, V., Loretto, M.C.A., Hemetsberger, J., Czerny, T., Gschwandegger, J., Leitsberger, M., Kotrschal, K., Frigerio, D.	Austria	Austria	Fisiologia Comportamento	Semi-Wild
2020	Schenker, A., Cahenzli, F., Gutbrod, K.G., Thevenot, M., Erhardt, A.	Svizzera	–	Ecologia Conservazione	–
2020	Monclús, L., Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Quevedo, M.A., Lopez-Bejar, M.	Spagna	Spagna	Fisiologia Riproduzione Conservazione	Zoo

Inoltre, a partire dagli anni '70 questa specie ha destato l'interesse di ornitologi e ambientalisti (Safriel, 1980) con attività che hanno visto la partecipazione di associazioni come il WWF e la nascita dei primi progetti di conservazione (Kumerlove, 1984). La decade 1991-2000 ha visto la formazione nel 1997 della prima colonia europea sedentaria di *G. eremita* presso Grünau im Almtal in Austria, grazie al lavoro della Konrad Lorenz Research Station (Università di Vienna). Inoltre, come riportato in precedenza, nel 1999 è nato il IAGNBI (International Advisory Group for the Northern Bald Ibis) (Böhm et al., 2020). Durante la decade successiva (nel 2002) è stato fondato il *Waldrappteam* che ha iniziato uno studio di fattibilità della durata di 12 anni per sviluppare i metodi necessari per ripristinare la presenza in Europa di colonie di questa specie in grado di migrare autonomamente. Nel 2014, poi, i risultati di questo studio hanno condotto al progetto finanziato dall'Unione Europea *Reason for Hope – Reintroduction of Northern Bald Ibis*. Quasi contemporaneamente, nel 2013, in Spagna il Ministero dell'Ambiente ha approvato formalmente il lavoro svolto dal *Proyecto Eremita* (istituito nel 2004) come progetto di reintroduzione dell'ibis eremita. Questa stessa decade è stata anche teatro dell'istituzione nel 2012 di un gruppo di lavoro internazionale sugli uccelli migratori afro-euroasiatici e nel 2015 dell'approvazione da parte dell'AEWA (The Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds) del piano d'azione per la salvaguardia di *G. eremita* (Böhm et al., 2020).

L'analisi degli argomenti trattati ha evidenziato che l'aspetto della conservazione di ibis eremita è stato preso in considerazione fin dalla fine degli anni '70 ed è risultato costantemente studiato in tutte le decadi con un picco nel periodo 2011-2020 (Figura 14). Dalla decade 1981-1990 iniziano anche a comparire documenti riguardanti la paleontologia, la tassonomia e la morfometria, rimanendo piuttosto costanti sebbene ci sia un piccolo incremento nella decade 1991-2000 (Figura 14). A partire da questa stessa decade si osservano anche documenti relativi al comportamento e alla riproduzione, ed entrambi presentano un andamento in crescita nelle decadi successive. Studi sull'ecologia e sulla fisiologia di questa specie sono più recenti e si rilevano a partire dalla decade 2001-2010 con un aumento nella decade successiva. Nel periodo 2011-2020 si riscontrano per la prima volta anche documenti su aspetti relativi alla patologia di *G. eremita*. Questi dati suggeriscono che l'aspetto della conservazione sia stato fin dall'inizio una tematica prioritaria, affiancata successivamente dagli aspetti comportamentali e riproduttivi. Probabilmente, questi studi sono stati di supporto all'intento di ricostruire all'interno di parchi zoologici l'habitat della specie e di mantenere e promuovere nuove colonie semi-libere (Mallet, 1976) e la reintroduzione in natura di individui allevati in cattività, dopo che i giovani individui abbiano appreso da quelli più anziani in cattività i

comportamenti riproduttivi attuabili poi nella vita selvatica (Akçakaya,1990). Inoltre, fin dalla prima decade si riscontrano anche articoli che analizzano le cause del declino di questa specie e valutano il numero di esemplari presenti (Safriel,1980). Nel periodo 1991-2000 si osservano anche studi volti a identificare markers genetici per comparare direttamente variazioni genetiche tra differenti popolazioni, contribuendo quindi ai programmi di conservazione (Signer et al.,1993). Questa stessa decade, inoltre, vede anche uno studio pilota di rilascio in natura di ibis eremita nati in cattività e che hanno subito “imprinting” da parte dell’uomo a scopo di reintrodurre questa specie in nuove aree (Pegoraro et al., 1994). Durante la decade si riscontra anche l’analisi del contributo di studi ecologici a supporto di progetti di conservazione, soprattutto relativi a siti di nidificazione e foraggiamento, al monitoraggio e alla riduzione del disturbo antropico (Bowden et al., 2008). Nell’ultima decade ciascuna delle tematiche emerse nei 40 anni precedenti risulta maggiormente approfondita e con l’aggiunta di indagini sulla presenza di parassiti e patogeni per valutare i rischi di infezione di questa specie (e.g., Laing et al., 2013; Tel et al., 2013; Frigerio et al., 2016).

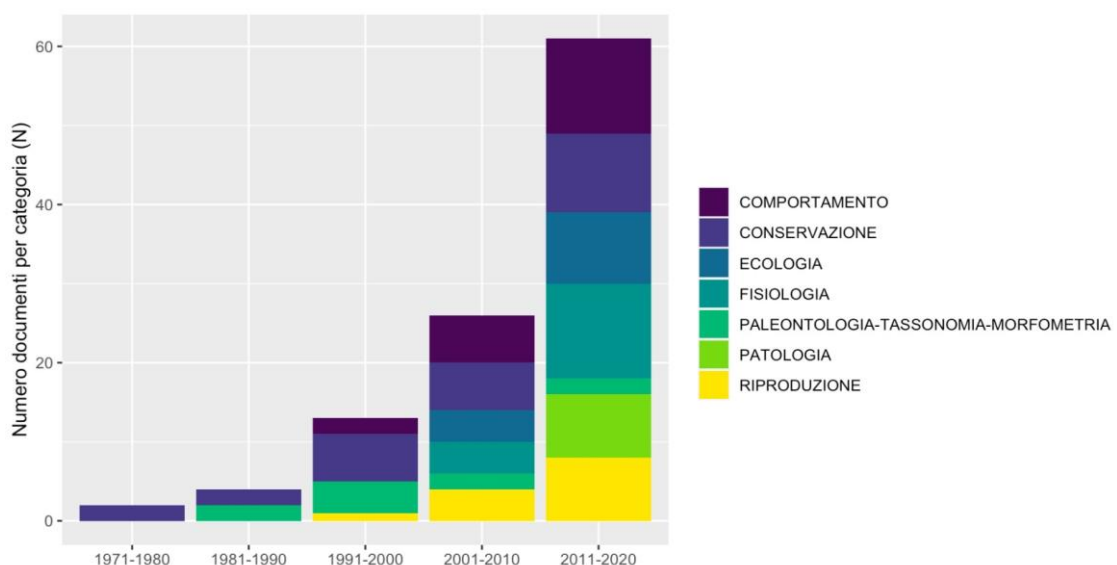


Figura 14- Numero di documenti per ciascuna categoria di argomento trattato in decenni successive.

Nel complesso, la categoria che comprende il maggiore numero di documenti è quella relativa alla Conservazione (37.1%), seguita da Comportamento (28.6%) e Fisiologia (22.9%). Un po’ meno investigate risultano essere le tematiche di Ecologia e di Riproduzione (entrambe 18.6%), mentre gli aspetti di Patologia sono i meno studiati (11.4%) appena preceduti da quelli relativi a Paleontologia, Tassonomia e Morfometria (14.3%) (Figura 15).

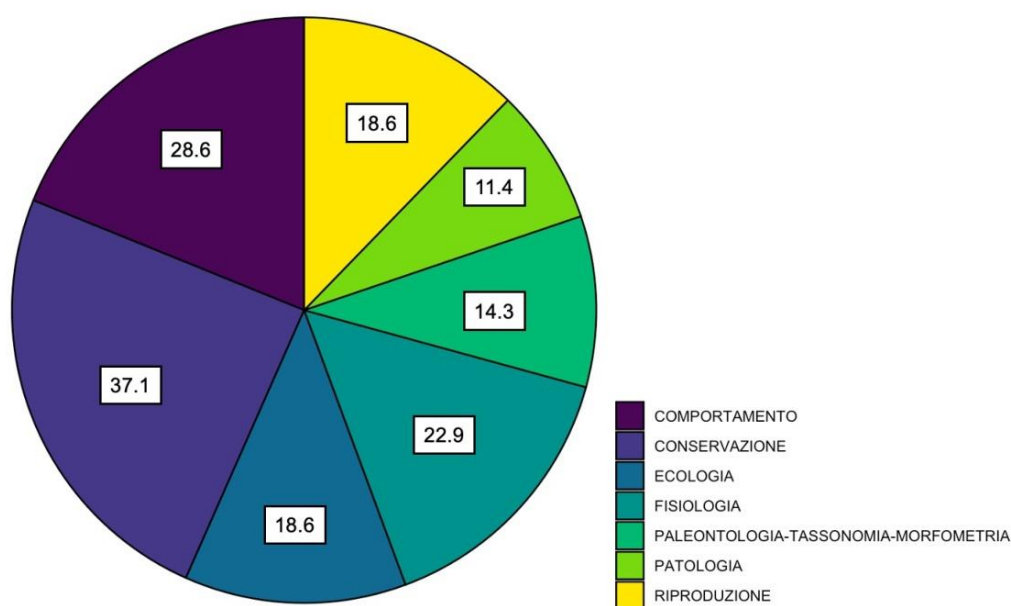


Figura 15- Percentuale di documenti che trattano ciascuna categoria di argomenti.

Non per tutti i documenti è stato possibile reperire informazioni sulla localizzazione geografica degli individui studiati né se fossero in cattività, semi-selvatici o selvatici. In assenza di questi dati, i documenti sono stati esclusi dalle analisi relative o inseriti solo per le informazioni disponibili. Nel complesso, emerge che tutti gli argomenti trattati nei documenti sono stati affrontati, almeno in parte, o del tutto nel caso di Paleontologia-Tassonomia-Morfometria, studiando individui allevati negli zoo (Figura 16). Il maggior numero di studi condotti su individui selvatici riguarda la conservazione e l'ecologia di questa specie, seguiti da quelli sulla riproduzione e il comportamento (Figura 16). Molti studi sono anche stati svolti su individui semi-selvatici, in particolare quelli che ricadono nelle categorie Comportamento, Fisiologia, Patologia e Riproduzione (Figura 16).

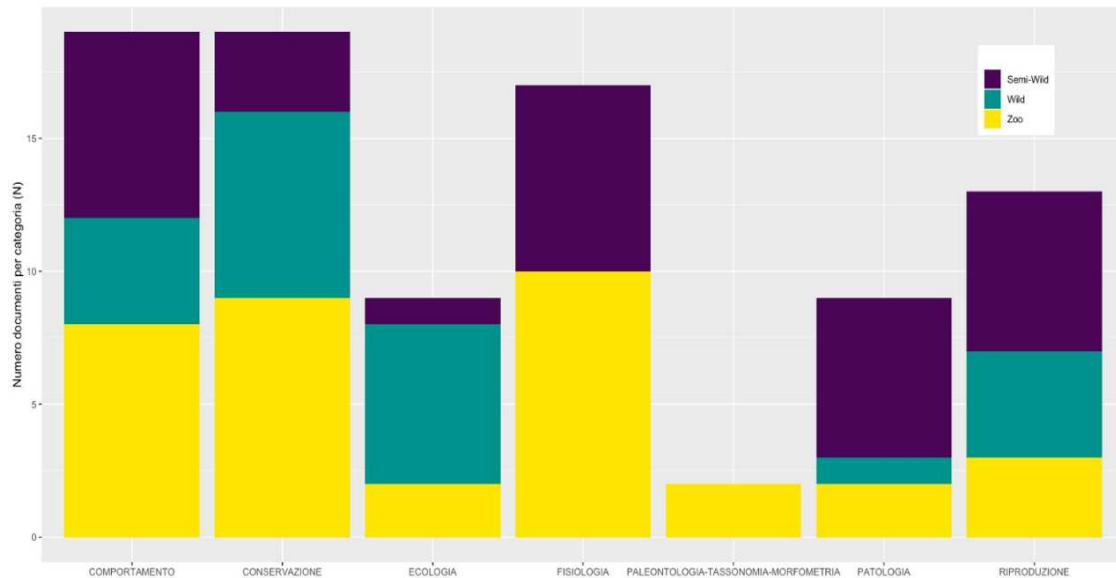


Figura 16- Numero di documenti relativi a ciascun argomento che riguardano studi su individui selvatici (Wild), semi-selvatici (Semi-Wild) e in cattività (Zoo).

Considerando le categorie alle quali è ascrivibile il maggior numero di documenti (Comportamento, Conservazione, Fisiologia) (vedi anche Figura 16) risulta che mentre gli studi sul comportamento e conservazione sono stati svolti anche su individui selvatici, quelli relativi agli aspetti fisiologici sono stati svolti solo in cattività e in condizioni semi-selvatiche. Solo 4 documenti hanno analizzato il comportamento di individui selvatici indagando da un lato il comportamento riproduttivo, alimentare e la rotta migratoria della popolazione siriana (Serra et al., 2008; 2009) e dall'altro diversi aspetti delle cure parentali di individui della popolazione marocchina e confrontandoli con il comportamento di individui semi-selvatici (Pegoraro e Thaler, 1994). In condizioni semi-selvatiche, sono stati invece studiati l'abilità di utilizzare l'orientamento visivo di altri individui (Loretto et al., 2010), i cambiamenti ormonali valutandone cause ed effetti (Dorn et al., 2014; Frigerio et al., 2016; Puehringer-Sturmayer et al., 2018), il riconoscimento del partner e le cure parentali (Szipl et al., 2014; Kilic e Uysal, 2019). Inoltre, è stato anche studiato l'effetto dei bio-logger, usati per il monitoraggio, sul comportamento e la fisiologia degli individui allo scopo di evidenziare eventuali cambiamenti rilevanti per la conservazione di questa specie (Puehringer-Sturmayer et al., 2020). Le ricerche comportamentali condotte su individui ospitati all'interno di strutture zoologiche si sono indirizzate, in particolare, sul comportamento sociale e sugli effetti di arricchimenti alimentari e acustici (Tintner e Kotrschal, 2002; Vargas-Ashby e Pankhurst, 2007; Clark et al., 2012; Spiezo et al., 2018) con lo scopo di valutare e migliorare lo stato di benessere animale.

L'utilizzo di segnali acustici di conspecifici (sotto forma di vocalizzazioni), ha portato ad un aumento del comportamento riproduttivo di ibis eremita in cattività, ed è stato suggerito che questo stimolo possa essere utilizzato anche nelle popolazioni selvatiche come uno dei metodi per far fronte al declino del numero di individui (Clark et al., 2012). Inoltre, nell'ottica della reintroduzione in natura e del ripristino del comportamento migratorio sono state condotte osservazioni sul volo e sulla migrazione (Portugal et al., 2014; Voelkl et al., 2015; 2017).

Gli studi di conservazione svolti su individui selvatici sono i più numerosi (insieme a quelli ecologici) se paragonati alle altre categorie. Indagini a scopo di conservazione sono state condotte in parte sulla popolazione siriana riportando nuovi avvistamenti e valutando la mortalità migratoria (Schulz e Schulz, 1992; Serra et al., 2004; Serra et al., 2015) e in parte sulla popolazione marocchina investigando il suo stato, la riproduzione, la mortalità e l'effetto di arricchimento di acqua (Touti et al., 1999; Bowden et al., 2003; Serra et al., 2009). Inoltre, solo più recentemente, è stata effettuata una ricerca sulle condizioni ecologiche della popolazione etiopica e le minacce alle quali è sottoposta (Serra et al., 2013). Pochi sono i documenti che riportano studi sulla conservazione effettuati in ambiente semi-selvatico, sono stati tutti effettuati in Turchia e si sono occupati del successo riproduttivo della popolazione di Birecik (Reşit Akçakaya, 1990), della sopravvivenza alla migrazione (Serra et al., 2015) e della valutazione di elementi in traccia e metalli nelle penne come possibili contaminanti (Dinc et al., 2019). Gli studi in cattività si sono, invece, focalizzati soprattutto sul successo riproduttivo (e.g. Mallet, 1976; Monclús et al., 2020) e su differenti aspetti legati ai tentativi di reintroduzione in natura (e.g. Mendelssohn., 1994; Wirtz et al., 2018). Come sottolineato, infatti, da Kumerloeve (1984), la riproduzione è stata studiata in cattività nel tentativo di fronteggiare il declino della specie in natura, soprattutto alla luce del successo riproduttivo riscontrato negli zoo, grazie ad una ricostruzione fedele di un ambiente adatto (voliera, nidi) e di una dieta volta a ridurre al minimo lo stress (Mallet, 1976).

Nessuno studio sulla fisiologia di *Geronticus eremita* è stato condotto su individui selvatici. In cattività alcune indagini sono state svolte sui valori ematologici in differenti condizioni (Dutton et al., 2002; Villegas et al. 2004; Sánchez-Guzmán et al., 2004; Stanclova et al., 2017). Inoltre, è stato studiato il campo visivo di questa specie in relazione al foraggiamento (Martin e Portugal, 2011), il dispendio energetico durante la migrazione (Barlein et al., 2015) e il ruolo del capo calvo nella termoregolazione (Galván et al., 2017). Su individui semi-selvatici sono state testate differenze ormonali tra sessi e in relazione a fattori abiotici (Sorato e Kotschal,

2006; Dorn et al., 2014). Infine, nel 2018 è stato studiato per la prima volta il microbiota di questa specie su individui sia in cattività sia semi-selvatici (Spergser et al., 2018).

Considerando la nazione in cui sono localizzati gli individui in cattività sui quali sono state condotte le ricerche e quindi pubblicati documenti, risulta che erano ospitati negli zoo di 12 nazioni (su un totale di 19 che hanno contribuito alla letteratura scientifica relativa a *G. eremita*), in particolare Austria, Spagna e Germania (Figura 17). Gli individui semi-selvatici studiati erano, invece, soprattutto localizzati in Turchia, dove si trova la colonia di Birecik e in Austria presso la Konrad Lorenz Forschungsstelle (Figura 17). Gli studi su individui selvatici sono stati soprattutto condotti dove erano o sono ancora presenti colonie in natura come in Siria, Marocco, Arabia Saudita ed Etiopia. In generale, l’Austria risulta essere l’unica nazione con documenti relativi a ricerche su individui selvatici, semi-selvatici e in cattività.

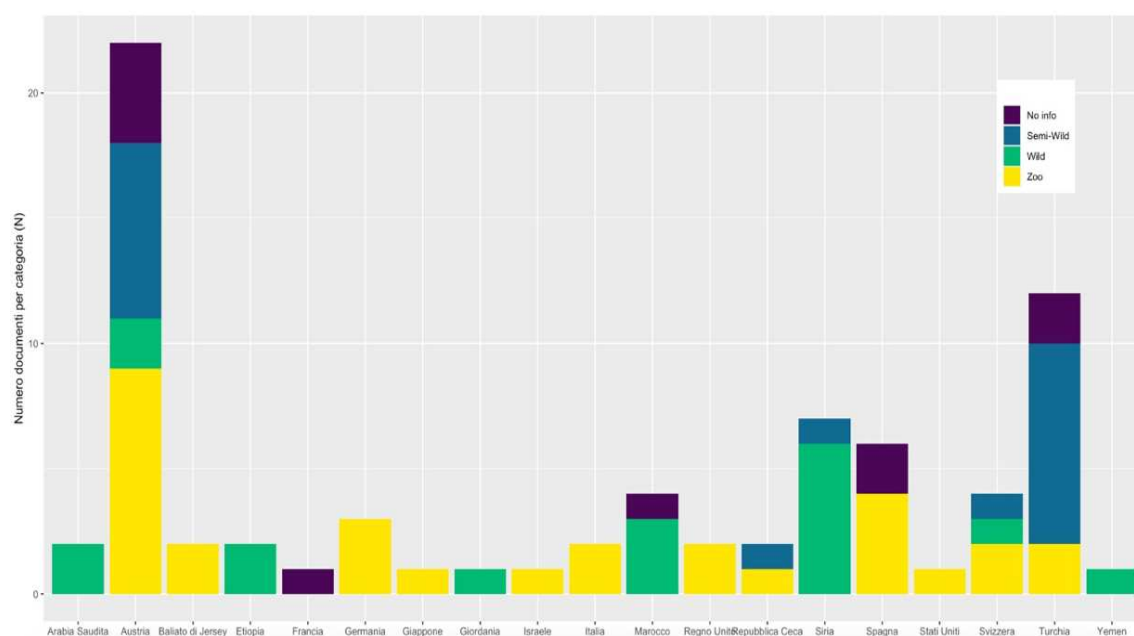


Figura 17- Documenti per nazione in cui sono localizzati gli individui selvatici (Wild), semi-selvatici (Semi-Wild) e in cattività (Zoo) studiati.

Dall’analisi della nazionalità di affiliazione del primo autore dei documenti, risulta che principalmente si tratta di nazioni europee, in particolare l’Austria (17), seguita da Regno Unito (12), Italia (7), Spagna (6) e Germania (5). Piuttosto attiva nelle ricerche su *Geronticus eremita* risulta anche la Turchia (5). Questi dati sono in accordo con il grafico precedente (Figura 17), infatti, gli individui di *G. eremita* studiati sono nella maggior parte dei casi localizzati in Austria, soprattutto presso l’AlpenZoo (Tintner et al., 2002), lo Zoo di Vienna

(Portugal et al., 2014), Konrad Lorenz Forschungsstelle (Szipl et al., 2014) e lo zoo Cumberland Wildpark Tierpark Grunau (Puehringer-Sturmayer et al., 2020).

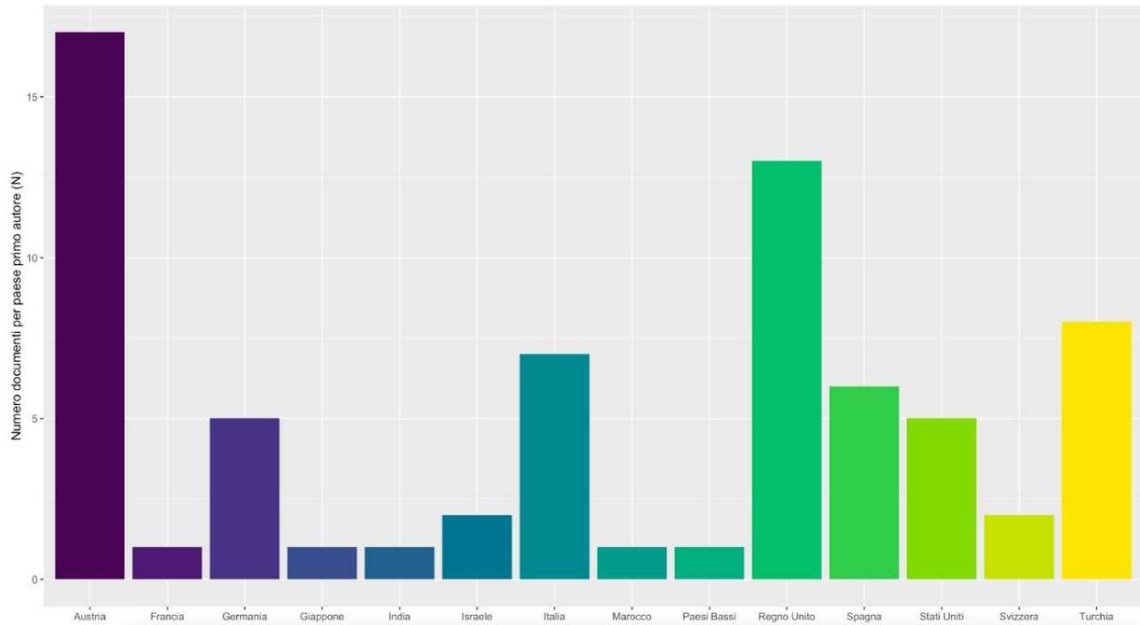


Figura 18- Numero di documenti per nazione di affiliazione del primo autore.

Inoltre, in linea con i dati precedenti, l’Austria risulta anche promotrice di diversi progetti relativi a *G. eremita*, tra cui spicca il Progetto LIFE+ Biodiversity “Northern Bald Ibis – Reason for Hope” coordinato dal “Förderverein Waldrappteam” in collaborazione con Italia e Germania finanziato nel 2013.

Come già descritto in precedenza le attività dell’associazione *Waldrappteam* e del relativo progetto *Reason for Hope* sono soprattutto orientate alla reintroduzione dell’ibis eremita nei luoghi in cui si era estinto (Fritz et al., 2017), supportate anche da studi sulla genetica delle popolazioni in cattività (Wirtz et al., 2018). Tuttavia, nell’ambito di questo progetto sono state anche condotte una serie di indagini su differenti aspetti della biologia di *G. eremita*, tra cui lo studio della sua organizzazione sociale e delle relazioni che si instaurano tra gli individui durante le lunghe migrazioni al fine di risparmiare energia (Portugal et al., 2014; Voelkl et al., 2015; Voelkl e Fritz, 2017). Le migrazioni guidate hanno anche fornito l’opportunità di valutare i parametri ematologici prima e dopo il volo migratorio (Stanclova et al., 2017). Inoltre, è stato condotto anche uno studio per individuare quali siano le comunità microbiche associate a *G. eremita*. Il microbiota di ibis eremita risulta dominato da firmicuti, protobatteri, attinomiceti, batteroidi e fusobatteri ed è stato evidenziato come la componente del microbiota possa variare nella specie in base all’età, alla stagione e al tipo di allevamento. La presenza

invece di specie microbiche patogene è apparsa relativamente bassa. Lo studio ha fornito per la prima volta un primo inventario delle comunità microbiche che risiedono in ibis eremita, un primo passo di una indagine più ampia che possa contribuire alla gestione e alla sopravvivenza di questa specie (Spergser et al., 2018).

Anche la Austrian Science Foundation (FWF) ha finanziato alcuni studi su *G. eremita* tra cui un'indagine sull'influenza di trasmettitori GPS sul comportamento e la fisiologia di questi uccelli. Si è osservato che i trasmettitori non hanno influenzato il foraggiamento, la locomozione o il comportamento in generale nel breve-medio periodo, però è stato riportato un aumento di attività dell'HPA (Hypothalamic-Pituitary-Adrenal axis o "asse-ipotalamo-ipofisi-surrene") per un mese, prima di ritornare alla normalità. In quanto specie in via d'estinzione, la valutazione degli effetti negativi del bio-logging appare rilevante nel contesto della conservazione e reintroduzione (Puehringer-Sturmayer et al., 2020).

4.1 Cause del declino delle popolazioni di *Geronticus eremita*

Su un totale di 70 documenti, 42 riportano informazioni sulle possibili cause del declino delle popolazioni di *G. eremita*. L'analisi bibliografica ha evidenziato che la causa maggiormente citata è la distruzione dell'habitat (12 documenti, 28.6%), seguita da caccia e bracconaggio (9, 21.4%), inquinanti (8, 19%) e infine cambiamenti climatici e il disturbo antropico (entrambi 5, 11.9%). La predazione da parte di altri animali, la carenza di cibo e la folgorazione sono citati raramente e non sembrano costituire un reale rischio per la sopravvivenza di *G. eremita*. La distruzione dell'habitat è associata allo sviluppo dell'economia, e quindi dell'industrializzazione dei territori utilizzati dalla specie. Ad esempio, in Siria la pressione di un numero crescente di capi di bestiame nei pascoli ha superato la capacità di carico del fragile ecosistema delle steppe siriane e questo ha portato, non solo a difficoltà di foraggiamento da parte degli ibis eremita, ma addirittura dei capi di bestiame stessi. Già nel 2011, Serra e colleghi indicavano la necessità di intraprendere un'azione per invertire il degrado ecologico delle steppe, per evitare che si convertissero in deserti a basso valore biologico (Serra et al., 2011). Nel 2013 è stato evidenziato come anche le aree di svernamento, come l'Etiopia stessero andando incontro alla distruzione dell'habitat naturale a causa dell'agricoltura. Infatti pur essendo presenti anche in passato aree destinate all'uso agricolo negli altopiani etiopici negli ultimi decenni lo sviluppo agricolo è aumentato progressivamente (Serra et al., 2013). Lo sviluppo industriale ha portato oltre al diverso utilizzo del suolo con nuove pratiche come il pascolamento e all'agricoltura, anche alla costruzione di infrastrutture utili a queste attività.

In Marocco le strade sono aumentate notevolmente negli ultimi anni e dal 1970 fino ad oggi sono state costruite 113 dighe con la funzione di fornire acqua per i campi agricoli (Schenker et al., 2020), con conseguenze per tutte le specie che si nutrono negli ambienti acquatici, come *G. eremita*, e che non riescono quindi a raggiungere l'acqua dei fiumi (Ozturk et al., 2012). La caccia e il bracconaggio risultano le cause più antiche che hanno portato al declino della specie anche in Europa. In Italia, ad esempio, la caccia illegale è stata identificata come uno dei problemi principali per il successo dei progetti di reintroduzione. Inoltre, queste cause appaiono anche il principale motivo della riduzione della popolazione siriana (www.iucnredlist.org). Nei primi decenni del XX secolo in Marocco individui adulti di ibis eremita venivano uccisi per essere esposti nei musei europei e la raccolta e il consumo di uova era una pratica molto diffusa. Successivamente, negli anni '40 e '50 gli adulti erano catturati per essere esposti in giardini zoologici (Schenker et al., 2020).

Gli inquinanti, come ad esempio il DDT e altri prodotti chimici, hanno influito sulla vita di *G. eremita*. In Turchia tra il 1955 e il 1960, per ridurre la popolazione di cavallette è stato utilizzato DDT in modo intensivo: questo ha portato alla riduzione della popolazione di *G. eremita* e i sopravvissuti non sono stati in grado di riprodursi per diversi anni (Dinç et al., 2019). Secondo la IUCN l'esposizione agli inquinanti è la causa principale della riduzione degli esemplari di *G. eremita* in Turchia (www.iucnredlist.org).

Il fattore legato ai cambiamenti climatici che sembra aver particolarmente influito su ibis eremita è l'irregolarità delle piogge. Questa, infatti ha causato uno sfasamento sia nell'attività riproduttiva sia in quella alimentare di questa specie (Safriel., 1980).

Tra i disturbi antropici, l'inquinamento acustico sembra essere particolarmente rilevante. In Siria, infatti, influisce molto sull'attività di incubazione dei piccoli e sulla riproduzione in generale di questa specie (Serra et al., 2009). In quest'area, infatti, è possibile raggiungere i siti di allevamento mediante veicoli a motore, cosa che invece non avviene nei siti di svernamento in Etiopia (Schenker et al., 2020).

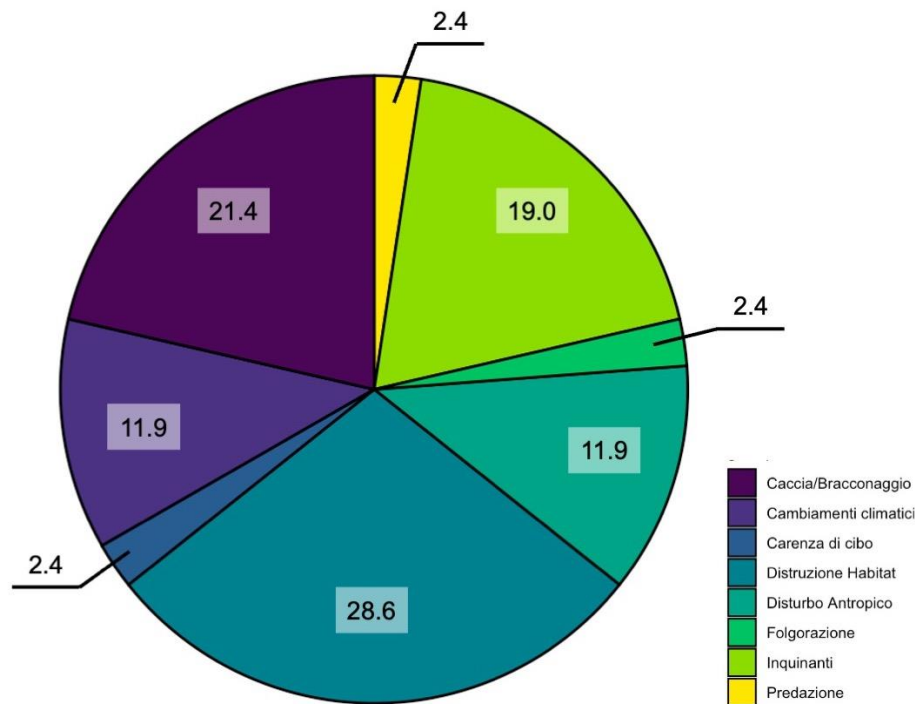


Figura 19- Principali cause del declino delle popolazioni di *Geronticus eremita* in percentuale.

4.2 *Geronticus eremita* e altre specie in natura e in cattività

Nei documenti analizzati sono riportate 33 specie che in natura condividono l'habitat con *Geronticus eremita* (Tabella 2), di cui 11 sono rappresentate da suoi predatori o competitori. Il gufo reale del deserto (*Bubo ascalaphus*) e il corvo comune (*Corvus frugilegus*) sono annoverati tra i predatori ricorrenti delle uova di *G. eremita* (Bowden et al., 2003). Anche il corvo imperiale (*Corvus corax*) è un predatore di uova, mentre il cormorano comune (*Phalacrocorax carbo*) compete per i siti di nidificazione e spesso distrugge i nidi di ibis eremita (Bowden et al., 2003). Il grifone (*Gyps fulvus*) e l'avvoltoio egiziano (*Neophron percnopterus*) possono svolgere il ruolo di "potenziali disturbatori" per ibis eremita costringendolo a cambiare luogo di nidificazione, sebbene possano entrare in gioco anche fattori di natura antropica. In Siria, il corvo dal collo marrone (*C. ruficollis*) risulta essere il più attivo predatore di nidi di *G. eremita*, dove rappresenta l'unico fattore di depredazione evidente. Anche il gufo reale (*Bubo bubo*), infatti, è presente nel territorio siriano, ma mancano prove certe della sua attività di predazione.

Tabella 2-Lista delle specie con cui *Geronticus eremita* condivide l'habitat o l'exhibit ed eventuale tipo di interazione.

Tipologia di interazione	Zoo	Wild
Condivisione aree di foraggiamento e riposo	<i>Gyps fulvus</i> (Grifone)	<i>Gruidae</i> (Gru)
	<i>Platalea leucorodia</i> (Spatola bianca)	<i>Bostrychia carunculata</i> (Ibis caruncolato)
	<i>Gallinula comeri</i> (Gallinella di Gough)	<i>Bubulcus ibis</i> (Airone guardaboi)
	<i>Porphyrio madagascariensis</i> (Pollo sultano africano)	<i>Threskiornis aethiopicus</i> (Ibis sacro)
	<i>Pyrhocorax pyrrhocorax</i> (Gracchio corallino)	<i>Corvus albus</i> (Corvo bianconero)
Condivisione di habitat senza interazioni	<i>Columba guinea</i> (Piccione di Guinea)	<i>Phalacrocorax aristotelis</i> (Marangone dal ciuffo)
		<i>Larus fuscus</i> (Zafferano)
		<i>Larinae</i> (Gabbiano)
		<i>Falco biarmicus</i> (Lanario)
		<i>Gazella marica</i> (Gazzella delle sabbie)
		<i>Falco naumanni</i> (Grillaio)
		<i>Gyps fulvus</i> (Grifone)
		<i>Canis lupus</i> (Lupo grigio)
		<i>Hyaena hyaena</i> (Iena striata)
		<i>Vanellus gregarius</i> (Pavoncella gregaria) ^
		<i>Numenius tenuirostris</i> (Chiurlottello) ^
		<i>Circus macrourus</i> (Albanella pallida)
		<i>Grus virgo</i> (Damigella di numidia) ^
		<i>Grus grus</i> (Gru cenerina) ^
		<i>Ciconia ciconia</i> (Cicogna bianca) ^
	<i>Aquila nipalensis</i> (Aquila delle steppe) ^	
Interazioni di tipo competitivo o predatorio		<i>Aetobatus narinari</i> (Aquila maculata maggiore) ^
		<i>Aquila heliaca</i> (Aquila imperiale orientale) ^
		<i>Corvus frugilegus</i> (Corvo comune)
		<i>Bubo ascalaphus</i> (Gufo reale del deserto)
		<i>Gyps fulvus</i> (Grifone)
		<i>Neophron percnopterus</i> (Capovaccio o Avvoltoio egiziano) #
		<i>Corvus ruficollis</i> (Corvo collobruno)
	<i>Bubo bubo</i> (Gufo reale) #	
	<i>Clanga clanga</i> (Aquila macchiata) #	
	<i>Aquila rapax</i> (Aquila rapace) #	
	<i>Aquila nipalensis</i> (Aquila delle steppe) #	
# potenziali predatori		
^ animali con stessa area migrazione		

Sembra tuttavia molto probabile un'azione di disturbo nei confronti della popolazione di ibis eremita, così come per il capovaccaio la cui predazione nei confronti dei pulcini di ibis eremita è sospettata, ma non dimostrata (Serra et al., 2009). In Etiopia, durante il periodo di svernamento, *G. eremita* mostra allarme al passaggio di grandi rapaci come l'aquila rapace (*Aquila rapax*), aquila delle steppe (*Aquila nipalensis*) e aquila macchiata (*Clanga clanga*) ma non sono stati segnalati casi di predazione (Serra et al., 2013).

Numerosi mammiferi e uccelli (18) condividono l'habitat con *G. eremita*, ma non mostrano nessun tipo di interazione con esso. Gazzella delle sabbie (*Gazella marica*), lupo grigio (*Canis lupus*), iena striata (*Hyaena hyaena*) e il grillaio (*Falco naumanni*), ad esempio, sono specie che si osservano nelle steppe siriane, dove si trova anche *G. eremita*, ma non sono state evidenziate interazioni (Serra et al., 2011). In Marocco è invece riportata la presenza di lanario (*Falco biarmicus*), marangone dal ciuffo (*Phalacrocorax aristotelis*), zafferano (*Larus fuscus*) e gabbiani (*Chroicocephalus ridibundus*) (Toutöi et al., 1999), ma anche in questo non sembrano esserci interazioni. In alcuni casi alla sola condivisione dell'habitat si aggiunge anche la condivisione delle aree di foraggiamento e di riposo, in particolare con altre specie di

uccelli. In Etiopia, infatti, durante il periodo di svernamento è stata rilevata la condivisione dell'habitat e delle aree di foraggiamento tra ibis eremita, ibis caruncolato (*Bostrychia carunculata*), airone guardabuoi (*Bubulcus ibis*) e ibis sacro (*Threskiornis aethiopicus*). Queste specie sono anche state osservate riposarsi insieme sugli alberi. Durante il periodo di riposo, insieme alle specie già citate, è stato avvistato anche il corvo bianconero (*Corvus albus*) (Serra et al., 2013).

Dai dati di letteratura, gli esemplari di *G. eremita* in cattività sono ospitati in spazi che spesso condividono con altre specie (6). Nessuna di queste rientra tra i competitori o i predatori di ibis eremita poiché in cattività è opportuno preservare gli individui da possibili effetti negativi e stress che possano influire sul loro benessere. Tipicamente, *G. eremita* appare aver instaurato una pacifica convivenza con gli altri uccelli inseriti nelle loro exhibit. Nel Parco Natura Viva (Italia) esemplari di ibis eremita, parte di uno studio sul comportamento e sul benessere animale, sono stati inseriti in un exhibit insieme ad un grifone maschio senza che si siano osservati segni di stress (Spiezio et al., 2018), nonostante questa specie in natura sia annoverata tra potenziali fonti di disturbo. Nel Tilgate Nature Center (Regno Unito), gli ibis eremita sono ospitati in una voliera aperta insieme ad altri uccelli quali spatola bianca (*Platalea leucorodia*), gallinella di Gough (*Gallinula comeri*), pollo sultano africano (*Porphyrio madagascariensis*), gracchio corallino (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) e piccione di Guinea (*Columba guinea*) (Vargas-Ashby et al., 2007).

4.3 Censimento degli individui di *Geronticus eremita* ospitati nei parchi zoologici

I dati, aggiornati a marzo 2021, mostrano che a livello mondiale sono ospitati nei parchi zoologici 1624 individui (1644 nel 2020) (Tabella 3 e 4). Di questi 696 (704 nel 2020) sono maschi, 708 (702 nel 2020) sono femmine e 185 (238 nel 2020) non sono ancora stati identificati in termini di genere (Tabella 3 e 4). I nuovi nati negli ultimi 12 mesi sono 208. In Europa il numero di individui di ibis eremita risulta sempre maggiore in tutte le categorie osservate: maschi, femmine e non classificati. Nei maschi e nelle femmine abbiamo valori che superano i 500 individui (559 e 570 rispettivamente), mentre i non classificati arrivano quasi a 200 (Figura 20). Il Nord America è il secondo continente in termini di numero di individui sebbene siano inferiori all'Europa di almeno un ordine di grandezza: maschi (66) e femmine (72), non classificati (2) (Figura 20). In Asia i numeri risultano paragonabili a quelli del Nord America: 65 maschi, 52 femmine e 11 non classificati (Figura 20). L'Africa presenta il minor numero sia di individui maschi (6) sia femmine (14) e un solo individuo non classificato

(Figura 20). Questi dati sono chiaramente influenzati dal numero di parchi zoologici impegnati nell'allevamento di questa specie, infatti, in Europa sono presenti ben 108 istituzioni, mentre in Nord America, Asia e Africa solo 21, 11 e 2 istituzioni rispettivamente. Se consideriamo la percentuale di nati negli ultimi 12 mesi sul numero totale di individui ospitati nei diversi continenti la situazione è in linea con i dati precedenti: infatti in Europa i nuovi nati rappresentano il 14.4% del totale, mentre in Nord America sono l'8.6%. In Asia e in Africa i nuovi nati sono il 3.7% e lo 0% rispettivamente (Tabella 4). In Africa non si osservano nati in cattività, però in Marocco si è verificato un aumento della popolazione selvatica grazie a nuove nascite. Questo dipende dalla gestione dei parchi nazionali marocchini come il Parco Nazionale del Souss-Massa che ha istituito un'area costiera delimitata per proteggere l'area di nidificazione e foraggiamento di ibis eremita, o come l'area protetta di allevamento e riproduzione nella regione di Tamri, a 50 km da Agadir dove è stata vietata la caccia (Böhm et al., 2020).

Tabella 3- Dati relativi al numero di individui ospitati nei parchi zoologici mondiali (tratti da Zoological Information Management System-giugno, 2020).

Continente	Istituzioni (N)	Maschi	Femmine	Non classificabili	Nuovi nati (ultimi 12 mesi)	Totale
Europa (Italia)	109 (6)	570 (20)	564 (21)	212 (4)	136 (0)	1346 (51)
Africa	2	6	14	1	2	21
Asia	11	61	51	18	4	130
Nord America	21	67	73	7	8	147

Tabella 4- Dati relativi al numero di individui ospitati nei parchi zoologici mondiali (tratti da Zoological Information Management System-marzo, 2021).

Continente	Istituzioni (N)	Maschi	Femmine	Non classificabili	Nuovi nati (ultimi 12 mesi)	Totale
Europa (Italia)	108 (6)	559 (23)	570 (29)	171 (7)	191 (9)	1330 (59)
Africa	2	6	14	1	0	21
Asia	11	65	52	11	5	133
Nord America	21	66	72	2	12	140

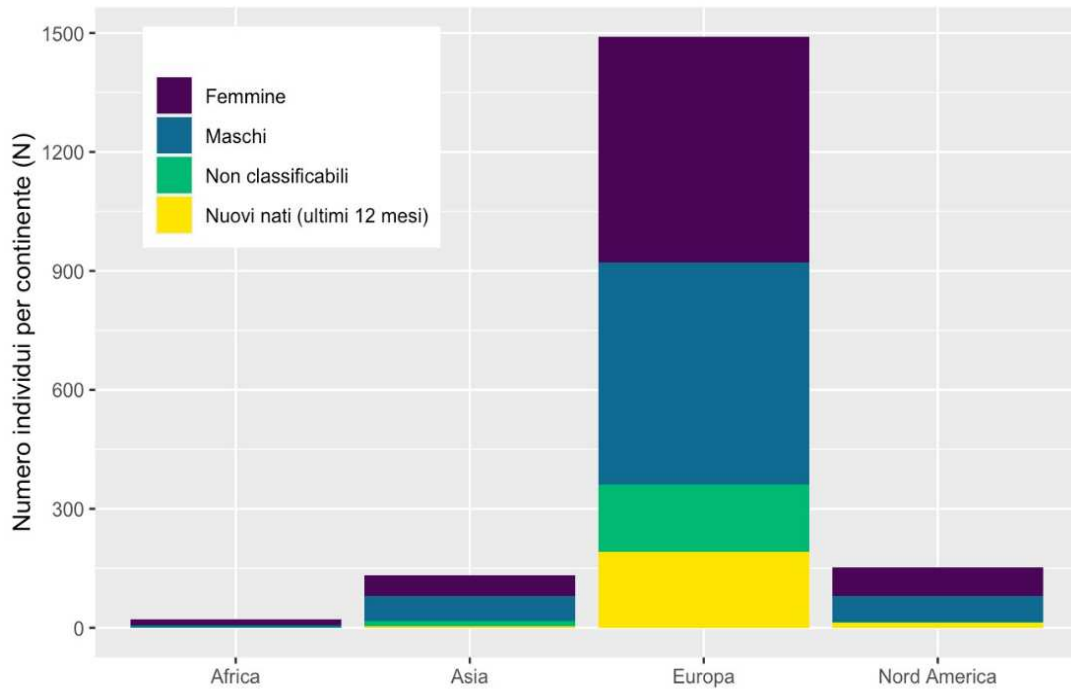


Figura 20- Individui di *Geronticus eremita* ospitati nei parchi zoologici mondiali suddivisi per continente.

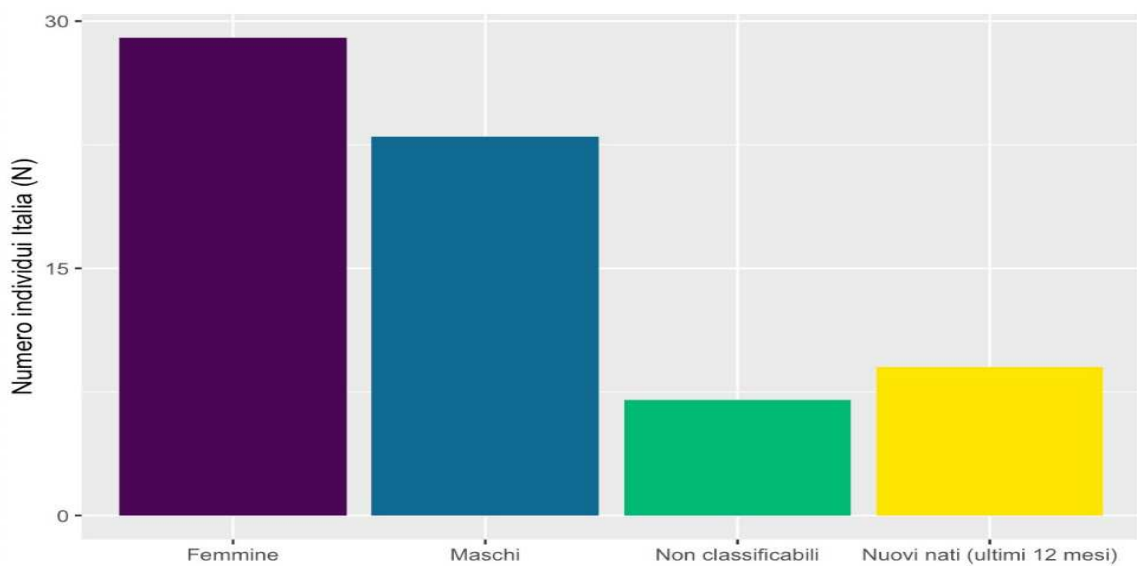


Figura 21- Individui di *Geronticus eremita* ospitati nei parchi zoologici italiani.

Geronticus eremita ha iniziato ad essere ospitato negli zoo sin dagli anni '30 (Böhm et al., 2020). I primi individui, prelevati dalla popolazione orientale, sopravvissero solo poche settimane a causa dei metodi di allevamento ancora non ottimizzati dell'epoca.

I primi esemplari giovani sopravvissuti furono importati dal Marocco allo zoo di Basilea (Svizzera) nel 1950. Essi sono quindi diventati i fondatori di una nuova colonia di *G. eremita* in cattività derivata dalla popolazione naturale occidentale. Si stima che nel 1976-1978 circa 30 esemplari siano stati trasferiti nello zoo di Rheine (Germania) e in quello di Rabat (Marocco). Tutti gli ibis in cattività possono essere distinti in tre diversi gruppi: ceppo di Basilea, ceppo di Rheine e ceppo di Rabat. I tre ceppi nel corso del tempo si sono mescolati e gli attuali esemplari negli zoo discendono da almeno due di essi (Rheine e Rabat). A partire dal 1997 sono stati donati esemplari giovani a tre progetti di ricerca e conservazione focalizzati su ibis eremita: 61 individui furono donati alla Konrad Lorenz Research Station (Austria) allo scopo di creare una colonia in semi-selvatica, 51 di essi però morirono. Da allora, la colonia attua scambi solo con un'altra colonia semi-selvatica nelle vicinanze di Tierpark Rosegg (Austria). Il progetto Waldrappteam ha ricevuto dal 2004 al 2018, 289 pulcini da nove zoo differenti, di cui 128 sono morti durante i tentativi di migrazione e 25 sono tornati in cattività poiché sono stati feriti. Gli altri hanno portato a termine la migrazione e con il tempo sono stati rilasciati. Il Proyecto Eremita in Spagna ha ricevuto 171 individui durante la fase iniziale del progetto (2004-2009) e in totale 423 uccelli da diciannove zoo diversi, di cui 202 sono morti nel 2018.

Ogni anno, comunque, in Europa vengono fondate 2-3 nuove colonie. Come sottolineato da Böhm et al. (2020), le popolazioni in cattività di origine occidentale sono gestite attraverso libri genealogici e continuano lentamente a crescere sebbene sia necessaria un'attenta combinazione delle coppie riproduttive dato che alcune linee sono già troppo rappresentate e lo spazio negli aviari comincia ad essere limitato. Tuttavia, in termini di età e sesso la popolazione in cattività risulta ancora efficiente e questo significa avere un numero sufficiente di individui geneticamente appropriati che possano essere reintrodotti in natura. Naturalmente, risulta essenziale la collaborazione tra i parchi zoologici per limitare l'inbreeding e mantenere la variabilità genetica (Böhm et al., 2020). In cattività la popolazione di *G. eremita* variata in numero passando da 330 individui nel 1988 a 1100 nel 2010, 1500 nel 2016, 1700 nel 2018 (Spiezo et al., 2018; Böhm et al., 2020), 1644 nel 2020 e 1624 nel 2021. Sebbene sia evidente un aumento dal 1988 al 2018, i dati del 2020 e 2021 sembrano suggerire un progressivo calo, apparentemente dovuto soprattutto ad una diminuzione degli individui maschi e non classificati europei.

Considerando i dati relativi al 2021, nei parchi zoologici italiani sono ospitati 59 individui di cui 23 maschi, 29 femmine e 7 non classificabili (Tabella 4; Figura 21). Il trend risulta in aumento rispetto al 2020 quando gli individui totali erano 51. Anche dal punto di vista delle

nascite si osserva un aumento dato che si è passati da 0 nati nel 2020 a 9 nel 2021 e questi rappresentano il 15.3% della popolazione totale italiana. Questo dato conferma quello riportato da Spiezo et al. (2018) sulle nascite al Parco Natura Viva di Verona, dove tra il 2012 e il 2013 sono nati 7 individui.

CONCLUSIONI

In conclusione, da questa analisi della bibliografia disponibile su *Geronticus eremita* emergono alcuni spunti di riflessione.

1) A partire dagli anni '70, questa specie ha ricevuto progressivamente maggiore attenzione e sono anche aumentati gli aspetti investigati. Tra questi risultano ancora poco studiate le patologie che affliggono la specie e che potrebbero avere un'influenza sulla sopravvivenza degli individui selvatici, ma anche su quelli in cattività che si prevede di reintrodurre in natura. Inoltre, pochi documenti sembrano avere investigato il comportamento di foraggiamento e le preferenze alimentari di *G. eremita*.

2) Molte sono le nazioni che ospitano in cattività individui di questa specie, ma il numero di quelle impegnate in attività di ricerca è relativamente limitato. L'Italia risulta essere tra le nazioni impegnate nell'allevamento, nei progetti di conservazione/reintroduzione e contribuisce con pubblicazioni scientifiche su *G. eremita* dal 2009.

3) Le principali possibili cause del declino delle popolazioni di *G. eremita* sono risultate la distruzione dell'habitat, la caccia/bracconaggio e l'inquinamento. Queste informazioni potrebbero risultare utili nell'ottica di preservare le popolazioni naturali ancora presenti e di reintrodurre in natura individui attualmente allevati in cattività.

4) L'analisi relativa alle specie che condividono l'habitat (o l'exhibit) con *G. eremita* ha evidenziato differenti tipi di interazioni che spaziano dalla sola condivisione dell'habitat, alla condivisione di aree di foraggiamento e riposo alla competizione/predazione. La lista delle specie con le quali, in cattività, è già stato osservato che *G. eremita* convive senza segnali di stress può essere utile ai parchi zoologici che in futuro abbiano intenzione di ospitarlo, permettendo loro di pianificare eventuali exhibit miste alla luce di esperienze pregresse positive.

5) L'analisi dei dati relativi agli individui attualmente ospitati in cattività a livello mondiale ha mostrato che l'Europa è il continente maggiormente impegnato da questo punto di vista e che anche l'Italia contribuisce con 6 istituzioni che ospitano un totale di 59 individui. Da tenere in considerazione è l'andamento generale del numero di individui a livello mondiale che negli ultimi anni sembra essere in calo. Dato che gli individui in cattività rappresentano il bacino da cui attingere per la reintroduzione in natura, future ricerche potrebbero verificare il protrarsi di questo andamento negativo ed eventualmente indagarne le cause principali.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Armesto M.J.J., Boehm C., Bowden C., 2015 *International Single Species Action Plan for the Conservation of the Northern Bald Ibis*, pp 10-11.

Bairlein F., Fritz J., Scope A., Schwendenwein I., Stanclova G.Van., Dijk, G., Meijer H.A.J., Verhulst S., Dittami, J., 2015 *Energy Expenditure and Metabolic Changes of Free-Flying Migrating Northern Bald Ibis*, Austria, Repubblica Ceca e Svizzera, pp 1-2.

Baschieri Salvadori F., Florio P.L., 1977 *Animali che scompaiono*, Milano Mondadori, p 134.

Böhm C., Bowden C.G.R., Seddon P.J., Hatipoglu T., Oubrou W., El Bekkay M., Quevedo M.A., Fritz J., Yenyurt C., Lopez J. M., Orueta J.F., Frigerio D., Unsöld M., 2020 *The northern bald ibis *Geronticus eremita*: history, current status and future perspectives*, pp 1-12.

Bowden C.G.R., Aghnaj A., Smith K.W., Ribi M., 2003 *The status and recent breeding performance of the critically endangered Northern Bald Ibis *Geronticus eremita* population on the Atlantic coast of Morocco*, Morocco

Bowden C.G.R., Smith K.W., El Bekkay M., Oubrou W., Aghnaj A., Jimenez-Armesto M., 2008 *Contribution of research to conservation action for the Northern Bald Ibis *Geronticus eremita* in Morocco*

Bowden, C. 2015. *International Single Species Action Plan for the Conservation of the Northern Bald Ibis *Geronticus eremita**. AEW Technical Series. Bonn, Germany.

Clark J.A., Haseley A., Van Genderen G., Hofling, M., Clum N.J., 2012 *Increasing Breeding Behaviors in a Captive Colony of Northern Bald Ibis Through Conspecific Acoustic Enrichment*, Stati Uniti

Dinç H., Yiğın A., Bozkaya F., 2019 *Trace elements and metal content in the feathers of the northern bald ibis (Geronticus eremita)*, Turchia

Dorn S., Wascher C.A.F., Möstl E., Kotrschal, K., 2014 *Ambient temperature and air pressure modulate hormones and behaviour in Greylag geese (Anser anser) and Northern bald ibis (Geronticus eremita)*, Austria

Dutton C.J., Allchurch A.F., Cooper, J.E., 2002 *Comparison of hematologic and biochemical reference ranges between captive populations of northern bald ibises (Geronticus eremita)*, Turchia e Baliato di Jersey

Frigerio D., Cibulski L., Ludwig S.C., Campderrich I., Kotrschal K. Wascher C.A.F., 2016 *Excretion patterns of coccidian oocysts and nematode eggs during the reproductive season in Northern Bald Ibis (Geronticus eremita)*, Austria

Fritz J., Wirtz S., Unsöld M., 2016 *Aspects of the biology and genetic of the Northern Bald Ibis: Reply to Bauer et al. Bird Neozoa in Germany - Revision of the national status rating*, Germania

Fritz J., Kramer R., Hoffmann W., Trobe D., Unsöld M., 2017 *Back into the wild: establishing a migratory Northern bald ibis Geronticus eremita population in Europe*, Austria, pp 107-121.

Galván I., Palacios D., Negro J.J., 2017 *The bare head of the Northern bald ibis (Geronticus eremita) fulfills*, Spagna

Grizmek B., 1974 *Vita degli animali- Uccelli*, Bramante Editrice pp 258-259.

Hancock, J. A.; Kushlan, J. A.; Kahl, M. P. 1992. *Storks, ibises and spoonbills of the world*. Academic Press, London.

Hatipoglu, T. 2010. *Northern Bald Ibis Project at Birecik Breeding Centre: yesterday, today and tomorrow*. In: Boehm, C. and Bowden, C.G.R. (eds), Northern Bald Ibis Conservation

and Reintroduction workshop. Proceedings of 3rd Meeting of International Advisory Group for Northern Bald Ibis (IAGNBI). November 2009. Palmyra, Syria.

Janák J., 2010., Spotting the Akh. The presence of the Northern Bald Ibis in Ancient Egypt and Its Early Decline, *Egitto*, pp 17-31.

Janák, J. 2013. Northern Bald Ibis (Akh-Bird), Los Angeles, p 2.

Kilic A., 2015 *Reproduction Success in the Birecik Northern Bald Ibis*, *Turchia*, pp 7-9.

Kotrschal, K., Frigerio, D., 2020 *Effects of bio-loggers on behaviour and corticosterone metabolites of Northern Bald Ibises (Geronticus eremita) in the field and in captivity*, *Austria*

Kumerloeve H., 1984 *The Waldrapp, Geronticus eremita (Linnaeus, 1758): Historical Review, Taxonomic History, and Present Status*, pp 369-371.

Laing S.T., Weber III.E.S., Yabsley M.J., Shock B.C., Grosset C., Petritz, O.A., Barr B., Reilly C.M., Lowenstine L.J., 2013 *Fatal hepatic tetratrichomoniasis in a juvenile Waldrapp ibis (Geronticus eremita)*

Loretto M.C., Schloegl, C., Bugnyar, T., 2010 *Northern bald ibises follow others' gaze into distant space but not behind barriers*, *Austria*, pp 14-16.

Mallet M., 1976 *Breeding the Waldrapp ibis at Jersey Zoo*, *Regno Unito*, pp 143-145.

Martin G.R., Portugal S.J., 2011 *Differences in foraging ecology determine variation in visual fields in ibises and spoonbills (Threskiornithidae)*, *Regno Unito*, pp 662-670.

Mendelssohn H., 1994 *Experimental releases of Waldrapp ibis an unsuccessful trial*, *Israele*, pp 80-84.

Monclús L., Tallo-Parra O., Carbajal A., Quevedo M.A., Lopez-Bejar, M., 2020 *Feather corticosterone in Northern Bald Ibis Geronticus eremita: a stable matrix over time able to predict reproductive success*, *Spagna*

Oubrou, W., El Bekkay, M. 2018 Rapport sur la reproduction de l'Ibis Chauve *Geronticus eremita* dans la région de Souss-Massa. Saison

Pegoraro K., Thaler E., 1994 *Introduction of Waldrapp ibis on the basis of family bonding: a successful pilot study*, Austria, pp 74.

Pegoraro K., Föger M., Parson W, 2001 *First evidence of mtDNA sequence differences between Northern Bald Ibises (*Geronticus eremita*) of Moroccan and Turkish origin*, Marocco e Turchia, pp 426-427.

Perco N., 2013 *Lungo la rotta dell'ibis eremita*, Italia, pp 40-51.

Portugal S.J., Hubel T.Y., Fritz J., Heese S., Trobe D., Voelkl B., Hailes, S., Wilson A.M., Usherwood J.R., 2014 *Upwash exploitation and downwash avoidance by flap phasing in ibis formation flight*, Austria

Puehringer-Sturmayer V., Wascher C.A.F., Loretto M.C., Palme R., Stoewe M., Kotrschal K., Frigerio D., 2018 *Seasonal differences of corticosterone metabolite concentrations and parasite burden in northern bald ibis (*Geronticus eremita*): The role of affiliative interactions*, Austria, pp 2-11.

Puehringer-Sturmayer V., Loretto M.C.A., Hemetsberger J., Czerny T., Gschwandegger J., Leitsberger, M., Kotrschal K., Frigerio D., 2020 *Effects of bio-loggers on behaviour and corticosterone metabolites of Northern Bald Ibises (*Geronticus eremita*) in the field and in captivity*, Austria, pp 1-10.

Ramirez J.L., Miyaki C.Y., Del Lama S.N., 2013 *Molecular phylogeny of Threskiornithidae (Aves: Pelecaniformes) based on nuclear and mitochondrial DNA*, Brasile, pp 2741-2749.

Resit Akcakaya H., 1990 *Bald Ibis *Geronticus eremita* Population in Turkey: An Evaluation of the Captive Breeding Project for Reintroduction*, Turchia, pp 228-235.

Safriel U.N., 1980 *Notes of the extinct population of the bald ibis geronticus eremita in the Syrian desert*, Siria

Sánchez-Guzmán J.M., Villegas A., Corbacho C., Morán R., Marzal A., Real, R., 2004 *Response of the haematocrit to body condition changes in Northern Bald Ibis Geronticus eremita*, Malaga

Schulz H., Schulz M., 1992 *New Records of the Bald Ibis (Geronticus eremita) from Saudi Arabia*, Arabia Saudita, pp 165-170.

Serra G., Abdallah M., Assaed A., Abdallah A., Al Qaim G., Fayad, T., Williamson D., 2004 *Discovery of a relict breeding colony of northern bald ibis Geronticus eremita in Syria*, Siria, pp 106-108.

Serra G., Abdallah M.S., Qaim G.A., 2008 *Feeding ecology and behaviour of the last known surviving oriental Northern Bald Ibises, Geronticus eremita (Linnaeus, 1758), at their breeding quarters in Syria*, Siria, p 66.

Serra G., Peske L., Abdallah M.S., Qaim G.A., Kanani A., 2009 *Breeding ecology and behaviour of the last wild oriental Northern Bald Ibises (Geronticus eremita) in Syria*, Siria

Serra G., Bruschini C., Lindsell J.A., Peske L., Kanani, A., 2011 *Breeding range of the last eastern colony of Critically Endangered Northern Bald Ibis Geronticus eremita in the Syrian steppe: a threatened area*, Siria, p 290.

Serra G., Bruschini C., Peske L., Kubsu A., Wondafrash M., Lindsell J.A., 2013 *An assessment of ecological conditions and threats at the Ethiopian wintering site of the last known eastern colony of Critically Endangered Northern Bald Ibis Geronticus eremita*, Etiopia

Serra G., Lindsell J.A., Peske L., Fritz, J., Bowden C.G.R., Bruschini C., Welch G., Tavares J., Wondafrash M., 2015 *Accounting for the low survival of the Critically Endangered northern bald ibis Geronticus eremita on a major migratory flyway*, Siria, pp 1-8.

Signer E.N., Jeffreys A.J., 1993 *Application of human minisatellite probes to the development of informative DNA fingerprints and the isolation of locus-specific markers in animals*, Svizzera

Spergser J., Loncaric I., Tichy A., Fritz J., Scope A., 2018 *The cultivable autochthonous microbiota of the critically endangered Northern bald ibis (*Geronticus eremita*)*, Austria, Repubblica Ceca e Svizzera

Spiezio C., Valsecchi V., Sandri C., Regaiolli., 2018 *Investigating individual and social behaviour of the Northern bald ibis (*Geronticus eremita*): behavioural variety and welfare*, Italia, pp 1-15.

Sorato E., Kotrschal K., 2006 *Hormonal and behavioural symmetries between the sexes in the Northern bald ibis*, Austria

Stanclova G., Schwendenwein I., Merkel O., Kenner L., Dittami J. Fritz J., Scope A., 2017 *The effects of migratory flight on hematologic parameters in northern bald ibises (*Geronticus eremita*)*, Austria e Germania

Szipl G., Boeckle M., Werner S.A.B., Kotrschal K., 2014 *Mate Recognition and Expression of Affective State in Croop Calls of Northern Bald Ibis (*Geronticus eremita*)*, p 1.

Tel O.Y., Bozkaya F., Keskin O., 2013 *Salmonella, Campylobacter, and Chlamydomphila in bald ibis (*Geronticus eremita*) feces in Turkey*, Turchia

Tintner A., Kotrschal K., 2002 *Early Social Influence on Nestling Development in Waldrapp ibis (*Geronticus eremita*)*, Austria

Touti J., Oumellouk F., Bowden C.G.R., Kirkwood J.K., Smith, K.W., 1999 *Mortality incident in northern bald ibis *Geronticus eremita* in Morocco in May 1996*, Marocco, pp 160-165.

Vargas-Ashby H.E., Pankhurst, S.J., 2007 *Effects of feeding enrichment on the behaviour and welfare of captive Waldrapps (Northern bald ibis) (*Geronticus eremita*)*, Regno Unito

Villegas A., Sanchez Guzman J.M., Corbacho C., Corbacho,P., Vargas J.M., 2004 *Blood values of Bald Ibis (Geronticus eremita) in captivity: comparative ranges and variability with age, sex and physical condition*, Spagna

Voelkl B, Portugal S.J., Unsöld M., Usherwood J., Wilson A.M., Fritz J., 2015 *Matching times of leading and following suggest cooperation through direct reciprocity during V-formation flight in ibis*

Voelkl B., Fritz J., 2017 *Relation between travel strategy and social organization of migrating birds with special consideration of formation flight in the northern bald ibis*, Austria e Italia

Wirtz S., Böhm C., Fritz J., Kotrschal K., Veith M., Hochkirch, A., 2018 *Optimizing the genetic management of reintroduction projects: genetic population structure of the captive Northern Bald Ibis population*

www.iucnredlist.org

www.iagnbi.org

www.species360.org

Link alle immagini

Figura 1 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=58224245>

Figura 2 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8332992>

Figura 3 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=743769>

Figura 4 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79253465>

Figura 5 – <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25607826>

Figura 6 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25607826>

Figura 7 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5219888>

Figura 8 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48965591>

Figura 9 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=73765427>

Figura 10 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5293086>

Figura 11 - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44352754>

Ringraziamenti

Come ultima cosa ma non meno importante vorrei ringraziare le persone che mi sono state vicine durante questa laurea triennale e nel lavoro della tesi.

Vorrei ringraziare la mia relatrice Stefania Puce per aver accettato di collaborare con me anche se ero uno studente esterno al suo dipartimento. Per la sua collaborazione, impegno e serietà durante la tesi, nella quale mi ha seguito sempre con molta attenzione e pazienza nonostante i miei errori. La ringrazio dal profondo del mio cuore.

Le correlatrici, la prof. Maria Federica Trombetta e Camilla Roveta, grazie per aver revisionato la tesi e per il vostro supporto. In particolare Camilla, grazie per l'aiuto nei grafici.

Un grazie grande a Gioia e allo Zoo di Falconara per avermi suggerito questo argomento di tesi e per l'esperienza allo zoo con l'osservazione degli esemplari di ibis eremita (che è stata interrotta purtroppo a causa dell'arrivo della pandemia Covid-19, portandomi a scegliere di proseguire questo lavoro in maniera diversa).

Ringrazio infinitamente la mia famiglia per tutto quello che ha fatto durante questi anni di laurea triennale.

Mia madre Stefania, per avermi sempre accompagnato ad ogni esame, per il suo supporto smisurato e per non avermi mai abbandonato durante questo percorso.

Mio padre Maurizio, per aver vegliato su di me con pazienza e con saggezza, attraverso consigli volti a non scoraggiarmi, sapendo che prima o poi questo momento sarebbe arrivato seppur con un po' di ritardo.

Mia sorella Silvia, per i suoi consigli (sia sul piano pragmatico che emotivo) da veterana avendo affrontato prima di me questi percorsi.

Mio fratello Lorenzo, per essersi interessato al mio percorso universitario e per l'avermi sempre appoggiato.

Mia nonna Natalina, alla quale voglio un bene infinito, che non sta passando un periodo facile a causa di questa situazione pandemica. Nonna se ce l'ho fatta è perché spesso penso a te!!! I momenti insieme a te sono i più magici. Sei la numero uno.

Senza voi 6 non ce l'avrei mai fatta.

Oltre alla mia famiglia reale, vorrei ringraziare come ho fatto nella dedica, i membri della mia famiglia che non ci sono più. Nonno Settimio, detto Peppe come ti chiamavano tutti a Montecarotto, purtroppo te ne sei andato due anni fa e non hai fatto in tempo a vedermi laureato, ma è colpa mia, dovevo sbrigarmi. Spero tu mi stia guardando ugualmente. Ti voglio bene.

Nonna Ida, nonno Raimondo, zio Claudio e zio Santino, vi ringrazio per essere entrati nel mio cuore pur non avendovi conosciuto approfonditamente perché ero piccolo o perché il tempo vi ha giocato un brutto scherzo. Starei ore su ore a scrivere di voi, ma ciò che vi voglio dire è semplicemente questo. Io non vi abbandonerò mai, siete voi il mio motore e tutto ciò che farò, tutto ciò che porterò a termine in futuro, lo devo a voi, che vegliate sempre su di me. Siete per me la luce nei periodi più bui.

Ora vorrei ringraziare tutti i miei amici.

Marco...sei una delle persone più care che ho conosciuto, nonostante un'età diversa abbiamo un legame di amicizia molto intenso, in cui condividiamo tutte le nostre passioni, dalla musica fino alla psicologia simbologia ecc. Semplicemente grazie per essere mio amico!!! Sei come un altro fratello maggiore.

Elia, ci conosciamo dalle elementari, abbiamo passato tantissimi momenti insieme tra battute, scherzi e sì, dai... anche momenti di serietà. Grazie per la tua amicizia che spero non si interrompa mai e che mi ha supportato nei momenti difficili di Montecarotto, che tu conosci. Ti voglio bene, amico mio.

Ringrazio poi Erica, Luca, Giulia e Caterina. Grazie per le bellissime serate passate insieme per le risate e per l'atmosfera che si crea quando ci vediamo. Vi voglio bene.

Ringrazio i miei amici di Jesi, i più cari. Alessio, Filippo, Fabio e Lorenzo, grazie semplicemente per la vostra compagnia che è sempre motivo di felicità per me.

Una menzione in più ad Alessio e Caterina, per il loro supporto diretto in questo corso di laurea, ovvero nell'avermi aiutato durante gli esami. Mi dispiace che il bilancio sia in svantaggio per quanto mi riguarda poiché avete aiutato più voi a me, che io a voi. Grazie di cuore, vi voglio bene!!!

Vorrei prima di concludere ringraziare tre personaggi che non hanno nessun legame diretto con me, ma che io invece ho creato leggendo ciò che loro ci hanno lasciato. Giordano Bruno Pier Paolo Pasolini e Carl Gustav Jung, la vostra saggezza mi ha colpito e ha cambiato il mio modo di vivere e di vedere il mondo. La maturazione della mia coscienza è avvenuta grazie a voi. Siete dal mio punto di vista, tre dei più grandi intellettuali di tutti i tempi, non potrò mai dimenticare il vostro pensiero.