



LIFE
SAFE FOR
VULTURES



Report sulla concentrazione di piombo nei grifoni e nelle specie sentinella che vivono in Sardegna

AZIONE D.3

2025

A cura di:

Fiammetta Berlinguer

Dipartimento di Medicina Veterinaria,
Università di Sassari

Silvia Carta

Dipartimento di Medicina Veterinaria,
Università di Sassari

Dionigi Secci

Agenzia Regionale Fo.Re.S.T.A.S.

Marco Muzzeddu

Agenzia Regionale Fo.Re.S.T.A.S.

Luciano Mandas

Agenzia Regionale Fo.Re.S.T.A.S.

Bruna Vodret

Istituto Zooprofilattico Sperimentale
della Sardegna "G. Pegreffi"

Andrea Sanna

Istituto Zooprofilattico Sperimentale
della Sardegna "G. Pegreffi"



Associated BeneficiariesCommunity



Forestas

Centro di ricerca in Sardegna

Agenzia Regionale per lo sviluppo del
territorio e dell'ambiente della Sardegna

REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



e-distribuzione



LIFE19/NAT/IT/000732 Life Safe for Vultures
First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

www.lifesafeformvultures.eu

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Introduzione



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

Il progetto “*LIFE Safe for Vultures*” (LIFE19 NAT/IT/000732), finanziato nell’ambito del Programma LIFE per l’ambiente e l’azione per il clima, è finalizzato a garantire la conservazione a lungo termine della popolazione di Grifone (*Gyps fulvus*) in Sardegna attraverso l’identificazione e la mitigazione delle principali minacce che ne compromettono la sopravvivenza. Tra queste, l’esposizione al piombo rappresenta uno dei fattori di rischio più rilevanti per le specie necrofaghe, sia per la sua diffusione nell’ambiente sia per la sua elevata tossicità.

Il piombo è un metallo pesante ampiamente utilizzato in ambito industriale e, in particolare, nella produzione di munizioni per l’attività venatoria e il tiro sportivo. La frammentazione dei proiettili al momento dell’impatto può determinare la dispersione di particelle di piombo nell’ambiente con la contaminazione di suoli, acque e matrici biologiche. Gli animali selvatici possono essere esposti al piombo attraverso l’ingestione diretta di residui metallici o indirettamente, mediante il consumo di tessuti contaminati. In questo contesto, gli ungulati selvatici e domestici, che costituiscono una parte rilevante della dieta dei Grifoni, possono rappresentare una potenziale fonte di esposizione e causare fenomeni di intossicazione acuta o cronica. Anche in assenza di effetti immediatamente letali, l’esposizione ripetuta può compromettere lo stato fisiologico degli individui, influenzando negativamente vitalità, capacità riproduttiva e sopravvivenza e, nei casi più gravi, determinando la morte dell’individuo.

Per affrontare in modo sistematico queste problematiche, il progetto LIFE Safe for Vultures ha adottato un approccio integrato. Nell’ambito dell’Azione A.6 (*Risk factors for lead poisoning*), sono stati raccolti dati sulle pratiche venatorie mediante questionari conoscitivi rivolti ai cacciatori, con particolare attenzione all’uso delle munizioni, alle specie cacciate e alle modalità di gestione delle carcasse e dei visceri. Parallelamente, l’Azione C.7 (*Pilot test with lead-free ammunition*) ha previsto la sperimentazione di munizioni alternative prive di piombo, al fine di valutarne l’efficacia balistica e il grado di accettazione da parte dei cacciatori.

L’Azione D.3 (*Assessing lead concentrations in biological matrix*) si inserisce in questo quadro con l’obiettivo di approfondire la conoscenza dei livelli di contaminazione da piombo nei Grifoni e nelle specie sentinella presenti in Sardegna. Attraverso il prelievo e l’analisi di campioni biologici (siero e tessuti), viene valutata la concentrazione di piombo accumulata negli organismi, fornendo indicazioni utili sul grado di esposizione ambientale. A completamento di questo quadro, grazie alle attività di

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



monitoraggio delle stazioni di alimentazione (Azione D.1), viene analizzata anche la concentrazione di piombo nelle carcasse destinate all'alimentazione dei grifoni, al fine di valutare il potenziale contributo delle fonti alimentari all'esposizione al contaminante.

Le analisi di laboratorio sono condotte in collaborazione con l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna "G. Pegreffi", che garantisce l'affidabilità e la qualità dei dati analitici.

Il presente report fornisce un resoconto dei risultati ottenuti nell'ambito dell'Azione D.3, contribuendo a delineare un quadro complessivo dell'esposizione al piombo nei Grifoni e nelle specie sentinella che vivono in Sardegna. I dati raccolti rappresentano una base conoscitiva fondamentale per supportare le future strategie di gestione, prevenzione e mitigazione, e per valutare l'efficacia delle azioni intraprese dal progetto LIFE Safe for Vultures.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

Introduction



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

The “*LIFE Safe for Vultures*” project (LIFE19 NAT/IT/000732), funded under the LIFE Programme for Environment and Climate Action, aims to ensure the long-term conservation of the Griffon Vulture (*Gyps fulvus*) population in Sardinia through the identification and mitigation of the main threats affecting its survival. Among these, exposure to lead represents one of the most significant risk factors for scavenging species, due both to its widespread presence in the environment and its high toxicity. Lead is a heavy metal widely used in industrial applications and, in particular, in the production of ammunition for hunting and sport shooting. The fragmentation of lead bullets upon impact can result in the dispersion of lead particles into the environment, leading to the contamination of soils, water bodies and biological matrices. Wild animals may be exposed to lead either through the direct ingestion of metallic residues or indirectly through the consumption of contaminated tissues. In this context, wild and domestic ungulates, which represent an important component of the Griffon Vulture’s diet, may constitute a potential source of exposure, causing acute or chronic lead intoxication. Even in the absence of immediately lethal effects, repeated exposure can impair the physiological condition of individuals, negatively affecting vitality, reproductive capacity and survival, and in the most severe cases may lead to death.

To address these issues in a systematic manner, the LIFE Safe for Vultures project has adopted an integrated approach. Within Action A.6 (*Risk factors for lead poisoning*), data on hunting practices were collected through questionnaires addressed to hunters, with particular focus on the type of ammunition used, hunted species, and carcass and offal management practices. In parallel, Action C.7 (*Pilot test with lead-free ammunition*) involved the testing of alternative lead-free ammunition in order to assess both ballistic performance and acceptance by hunters.

Action D.3 (*Assessing lead concentrations in biological matrix*) fits into this framework with the aim of improving knowledge on lead contamination levels in Griffon Vultures and in sentinel species occurring in Sardinia. Through the collection and analysis of biological samples (serum and tissues), lead concentrations accumulated in organisms are assessed, providing useful information on the degree of environmental exposure. In addition, as part of the monitoring activities carried out at supplementary (farms and centralised) feeding stations (Action D.1), lead concentrations are also analysed in carcasses supplied for vulture feeding, in order to evaluate the potential contribution of food sources to contaminant exposure.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifeforvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Laboratory analyses are conducted in collaboration with the Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna “G. Pegreffi”, which ensures the reliability and quality of the analytical data.

This report provides an overview of the results obtained within Action D.3, contributing to the definition of an overall picture of lead exposure in Griffon Vultures and sentinel species living in Sardinia. The data collected represent a fundamental knowledge base to support future management, prevention and mitigation strategies, and to evaluate the effectiveness of the actions implemented within the LIFE Safe for Vultures project.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

Il progetto LIFE Safe for Vultures e le azioni per la riduzione del rischio di intossicazione da piombo



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

Il progetto LIFE Safe for Vultures affronta il rischio di esposizione al piombo nei grifoni e negli uccelli necrofagi attraverso un approccio integrato che combina attività di analisi dei fattori di rischio, attuazione di misure di mitigazione e monitoraggio tossicologico delle popolazioni target e delle risorse trofiche.

Nelle fasi iniziali del progetto sono stati analizzati i fattori di rischio associati alle pratiche venatorie nell'ambito delle azioni:

Azione A.6 – Risk factors for lead poisoning, mediante la raccolta di informazioni sulle modalità di utilizzo delle munizioni, sulle specie cacciate e sulla gestione delle carcasse e dei visceri.

Azione C.7 – Pilot test with lead-free ammunition, in cui è stato sperimentato l'utilizzo di munizioni prive di piombo nell'attività venatoria, al fine di valutarne le prestazioni balistiche e il grado di accettazione da parte dei cacciatori e di promuovere attività di informazione e disseminazione volte a illustrare il rischio tossicologico rappresentato dal piombo per gli esseri umani, gli animali e l'ambiente.

Parallelamente, il progetto prevede attività di monitoraggio delle potenziali fonti di esposizione e dei livelli di contaminazione ambientale attraverso le seguenti azioni:

Azione D.1 – Monitoring the functioning of feeding stations, prevede il monitoraggio delle carcasse conferite nelle stazioni di alimentazione attraverso analisi mirate alla determinazione di metalli pesanti e residui farmacologici, con l'obiettivo di valutare il potenziale contributo delle fonti alimentari all'esposizione dei necrofagi.

Azione D.3 – Assessing lead concentrations in biological matrix, finalizzata alla valutazione delle concentrazioni di piombo nei Grifoni (*Gyps fulvus*) e nelle specie sentinella attraverso l'analisi di diverse matrici biologiche.

Azione D.3 - Valutazione delle concentrazioni di piombo nelle matrici organiche
L'Azione D.3 (*Assessing lead concentrations in biological matrix*) del progetto è finalizzata alla rilevazione dell'esposizione al piombo nei Grifoni (*Gyps fulvus*) e in un insieme di specie sentinella presenti in Sardegna, attraverso l'analisi di diverse matrici biologiche. Il piombo è un metallo pesante privo di funzione fisiologica negli organismi viventi e la sua presenza nei tessuti è esclusivamente riconducibile a

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeforvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



fenomeni di esposizione ambientale (ATSDR, 2020; WHO, 2019). Le principali vie di assorbimento comprendono l'ingestione di materiale contaminato, l'inalazione di particelle e, in misura minore, l'assorbimento cutaneo.

Una volta introdotto nell'organismo, il piombo è in grado di attraversare le membrane cellulari e di interferire con numerosi processi biochimici, determinando alterazioni metaboliche e funzionali a carico di diversi apparati e sistemi, tra cui quello nervoso, emopoietico, renale, epatico, gastrointestinale ed endocrino (EFSA, 2010; ATSDR, 2020). Il metallo viene inizialmente veicolato dal circolo sanguigno e si distribuisce nei vari distretti corporei, mostrando una particolare affinità per i tessuti ad elevata attività metabolica, quali fegato e reni.

Nel periodo immediatamente successivo all'esposizione, il piombo è principalmente rilevabile nel sangue e nei tessuti molli; in questa fase, i reni rappresentano uno degli organi bersaglio prioritari, sia per l'accumulo sia per i meccanismi di escrezione (WHO, 2019). Le concentrazioni riscontrabili in tali matrici possono persistere per periodi variabili, da alcune settimane a diversi mesi, in relazione alla dose assorbita e alla durata dell'esposizione. Con il trascorrere del tempo, il piombo tende progressivamente a redistribuirsi dal comparto ematico e dai tessuti molli verso il tessuto osseo, che costituisce il principale sito di deposito a lungo termine (ATSDR, 2020). In condizioni di esposizione cronica, il piombo può accumularsi nel tessuto osseo per periodi prolungati, anche per l'intera vita dell'individuo, determinando fenomeni di bioaccumulo. Il comparto osseo rappresenta inoltre una riserva dinamica del metallo, in grado di rilasciarlo nuovamente in circolo in particolari condizioni fisiologiche, quali stress metabolico o alterazioni del turnover osseo (EFSA, 2010). Questo aspetto riveste particolare importanza nella valutazione del rischio tossicologico, poiché può determinare esposizioni secondarie anche in assenza di un contatto ambientale recente.

Dal punto di vista diagnostico, l'intossicazione da piombo è spesso caratterizzata da un quadro clinico specifico, rendendo necessaria la conferma mediante analisi di laboratorio mirate (IZS, 2022). La determinazione delle concentrazioni di piombo in diverse matrici biologiche consente di ottenere informazioni complementari sullo stato di esposizione dell'individuo. In particolare, livelli elevati nel sangue e nel fegato, e in misura minore nei reni, sono generalmente indicativi di un'esposizione recente ad alte dosi (intossicazione acuta), mentre concentrazioni elevate nel tessuto osseo sono associate a un'assunzione prolungata e non recente (intossicazione cronica) (ATSDR, 2020; EFSA, 2010). L'interpretazione integrata dei risultati analitici rappresenta pertanto uno strumento essenziale per la valutazione dell'entità e della tipologia dell'esposizione al piombo nei Grifoni e nelle specie sentinella.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifesafeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeforvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Il progetto *LIFE Safe for Vultures* prevede l'implementazione di una rete di stazioni di alimentazione supplementare finalizzata a sostenere l'espansione della popolazione di Grifone (*Gyps fulvus*) verso le aree centro-meridionali della Sardegna e a favorire la formazione di un nuovo nucleo nel settore sud-orientale dell'isola. Le stazioni di alimentazione rappresentano uno strumento gestionale volto a compensare eventuali carenze temporanee o spaziali di risorse trofiche, nel rispetto delle esigenze ecologiche ed etologiche della specie.

Il funzionamento delle stazioni è oggetto di un monitoraggio sistematico che comprende la valutazione delle modalità di approvvigionamento delle carcasse, delle caratteristiche qualitative del materiale conferito e della frequenza di utilizzo da parte dei Grifoni e di altre specie di interesse conservazionistico. Particolare attenzione è rivolta alla verifica della salubrità delle carcasse, allo scopo di ridurre il rischio di esposizione a contaminanti potenzialmente dannosi.

A tal fine, nell'ambito dell'**Azione D.1** è previsto un monitoraggio a campione delle carcasse conferite nelle stazioni di alimentazione attive, mediante analisi di laboratorio finalizzate alla determinazione delle concentrazioni di metalli pesanti e di residui farmacologici. I risultati di tali analisi contribuiscono a valutare il potenziale rischio tossicologico associato alle fonti alimentari disponibili per i Grifoni e forniscono informazioni utili per l'adozione di eventuali misure correttive nella gestione delle stazioni di alimentazione.

Protocollo operativo per il campionamento e la gestione dei campioni biologici

Al fine di garantire l'omogeneità e l'affidabilità delle attività di campionamento, trasporto e analisi dei campioni biologici destinati alla determinazione dei residui farmacologici e dei metalli pesanti in animali vivi e deceduti, è stato definito un **protocollo operativo condiviso**. Tale protocollo è stato elaborato congiuntamente dal Dipartimento di Medicina Veterinaria dell'Università di Sassari, dall'Agenzia Regionale FoReSTAS e dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna "G. Pegreff", assicurando un approccio coordinato tra i diversi enti coinvolti.

Le specie sentinella oggetto di campionamento sono state selezionate sulla base di criteri ecologici e biologici, tenendo conto delle abitudini alimentari, del grado di sedentarietà e degli habitat frequentati, al fine di rappresentare in modo efficace i diversi contesti ambientali della Sardegna. Le specie incluse nel protocollo sono: **Barbagianni (*Tyto alba*)**, **Civetta (*Athene noctua*)**, **Nibbio reale (*Milvus milvus*)**, **Poiana (*Buteo buteo*)**, **Aquila reale (*Aquila chrysaetos*)**, **Corvo imperiale (*Corvus corax*)**, **Aquila del Bonelli (*Aquila fasciata*)**, **Capovaccaio (*Neophron percnopterus*)** e **Grifone (*Gyps fulvus*)**.

Per quanto riguarda i soggetti in vita, è previsto il prelievo di un campione ematico da effettuarsi nel più breve tempo possibile e, comunque, entro 48 ore dal ritrova-

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



mento. Il campione viene raccolto in provette di plastica prive di additivi, non centrifugato e conservato in condizioni refrigerate fino al conferimento al laboratorio.

Nel caso di soggetti deceduti, il protocollo prevede l'esecuzione di un esame necroscopico da parte di un medico veterinario con esperienza in avifauna, accompagnato da un esame radiografico finalizzato all'individuazione di eventuali corpi estranei metallici. Qualora vengano rinvenuti pallini o frammenti di munizionamento, questi vengono sottoposti ad analisi specifiche per verificarne la composizione e accertare la presenza di piombo.

Le matrici biologiche oggetto di campionamento comprendono il tessuto osseo e diversi tessuti molli, in particolare fegato, reni ed encefalo, selezionati in quanto compartimenti rilevanti per la valutazione dell'esposizione acuta e cronica ai contaminanti. Tutti i campioni raccolti vengono conferiti all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna "G. Pegreffi", dove sono sottoposti ad analisi per la determinazione di un ampio spettro di metalli pesanti, tra cui alluminio, antimonio, argento, arsenico, bario, berillio, cadmio, cromo, cobalto, ferro, litio, manganese, mercurio, molibdeno, nichel, piombo, rame, selenio, stagno, tallio, vanadio e zinco.

Valori di Riferimento

Livelli nel sangue ng/ml			
Gruppo avifaunistico	Intossicazione sublinica	Intossicazione evidente	Probabile morte
Falconiformi	Tra 200 e 1500	Oltre 1000	Oltre 5000
Livelli nel fegato mg/Kg (peso umido)			
Gruppo avifaunistico	Intossicazione sublinica	Intossicazione evidente	Probabile morte
Falconiformi	Tra 0.2 e 1.5	Oltre 1	Oltre 5
Livelli nel rene mg/Kg (peso umido)			
Gruppo avifaunistico	Intossicazione sublinica	Intossicazione evidente	Probabile morte
Falconiformi	Tra 0.2 e 1.5	Oltre 1	Oltre 5

Tabella 1: Andreotti A., Borghesi F. (2012). Il piombo nelle munizioni da caccia: problematiche e possibili soluzioni. Rapporti ISPRA, 158/2012.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

Determinazione dei metalli pesanti



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

Le attività sperimentali sono state svolte dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna "G. Pegreffi", con l'obiettivo di fornire un quadro conoscitivo aggiornato, e affidabile sul rischio di contaminazione da metalli pesanti nella popolazione di Grifone (*Gyps fulvus*) presente in Sardegna. L'approccio adottato si basa sull'integrazione di protocolli di campionamento standardizzati e di metodiche analitiche ad alta sensibilità, finalizzate alla valutazione dell'esposizione ambientale a metalli di rilevanza tossicologica, con particolare riferimento al piombo.

L'impiego di tecniche avanzate di mineralizzazione e di spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente con doppio quadrupolo (ICP-MS/MS) ha consentito la quantificazione accurata di metalli pesanti, tra cui piombo (Pb), cadmio (Cd) e mercurio (Hg), in diverse matrici biologiche. Tale approccio metodologico garantisce un'elevata sensibilità analitica e consente di rilevare contaminazioni anche a concentrazioni molto basse, aspetto particolarmente rilevante per specie sensibili come i rapaci necrofagi.

L'attività analitica ha previsto l'analisi sistematica di campioni biologici pre- e post-mortem (sangue intero, fegato e muscolo), integrata con l'analisi di matrici alimentari e ambientali, quali le carcasse disponibili presso le stazioni di alimentazione. L'estensione del numero e della tipologia di matrici analizzate è stata finalizzata a ottenere una visione più completa dei potenziali percorsi di esposizione e delle possibili fonti di contaminazione da metalli pesanti.

I dati prodotti consentono di valutare il grado di esposizione ai contaminanti negli avvoltoi e nelle specie sentinella, supportando l'interpretazione ecotossicologica dei risultati e l'eventuale individuazione di correlazioni con fenomeni patologici, depauperamento fisiologico, alterazioni riproduttive o mortalità. L'approccio adottato permette inoltre di distinguere, per quanto possibile, tra effetti diretti e indiretti dell'esposizione, contribuendo a una valutazione integrata del rischio.

In particolare, l'attività è stata orientata al raggiungimento dei seguenti macro-obiettivi:

1. **Valutare l'esposizione ai metalli pesanti nei Grifoni della Sardegna**, attraverso un'analisi integrata di matrici biologiche e alimentari, finalizzata a:
 - la quantificazione di Pb, Cd e Hg in sangue e tessuti mediante tecniche analitiche ad alta sensibilità;
 - la caratterizzazione dei livelli di metalli nelle carcasse e nelle altre matrici ambientali potenzialmente accessibili ai Grifoni.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



2. Integrare i risultati analitici per la definizione del rischio ecotossicologico e il supporto alle misure di mitigazione e conservazione, attraverso:

- il confronto dei livelli di contaminazione riscontrati nei Grifoni, nelle specie sentinella e nelle fonti alimentari con valori di riferimento normativi e bibliografici, al fine di identificare eventuali criticità legate all'esposizione ambientale e stimare il potenziale rischio tossicologico per la specie;
- la produzione di indicatori scientifici utili a supportare strategie di conservazione, politiche regionali e programmi di monitoraggio dei rapaci necrofagi.

Metodo analitico

La concentrazione di piombo nei campioni biologici è stata determinata mediante spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente con doppio quadrupolo (ICP-MS/MS), in conformità ai metodi US EPA 6020B per l'analisi strumentale e US EPA 3052 per la preparazione e il trattamento dei campioni.

I campioni biologici (muscolo, fegato e sangue intero), previamente omogeneizzati, sono stati sottoposti a un processo di mineralizzazione mediante digestione acida in condizioni controllate di temperatura e pressione, utilizzando un sistema di digestione a microonde. Tale procedura consente la completa decomposizione della matrice organica e la solubilizzazione degli elementi metallici, minimizzando il rischio di perdite dell'analita e di contaminazioni esterne.

L'analisi strumentale è stata eseguita mediante spettrometro ICP-MS/MS (Agilent 8800 Triple Quadrupole), dotato di cella di collisione/reazione e di due quadrupoli per la selezione delle masse. L'utilizzo di una configurazione a doppio quadrupolo permette una significativa riduzione delle interferenze isobariche e poliatomiche rispetto ai sistemi ICP-MS a singolo quadrupolo, migliorando l'accuratezza e l'affidabilità della determinazione del piombo in matrici biologiche complesse.

I limiti di rivelabilità (LOD) e di quantificazione (LOQ) sono stati determinati in accordo con il Regolamento (UE) n. 333/2007, utilizzando la deviazione standard (σ) di 20 misurazioni indipendenti del bianco analitico, applicando i criteri di 3σ per il LOD e 10σ per il LOQ. La quantificazione del piombo è stata effettuata mediante curve di calibrazione multilivello, ottenute a partire da soluzioni standard certificate, mediante interpolazione del segnale analitico. Tutti i risultati sono stati espressi in relazione al peso umido del campione.

Il controllo di qualità analitica ha previsto l'analisi di bianchi di processo e di materiali di riferimento certificati, utilizzati per la verifica dell'assenza di contaminazioni, dell'accuratezza del metodo e dei recuperi analitici. In particolare, per le matrici muscolo e fegato è stato utilizzato il materiale di riferimento certificato *Bovine Liver NIST® SRM® 1577c*, mentre per il sangue intero è stato impiegato il *Whole Blood Control ClinCheck®*.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Il metodo di prova è accreditato secondo la norma UNI EN ISO 17025:2017. Le prestazioni analitiche, valutate sia in fase di validazione sia durante l'attività di routine, hanno evidenziato limiti di quantificazione inferiori a 10 µg/kg per fegato e muscolo e inferiori a 1 µg/kg per il sangue intero, con recuperi medi superiori al 95% e un'incertezza di misura complessiva inferiore al 25%.

Conferimento campioni

Dal luglio 2021 al gennaio 2026 per l'analisi delle concentrazioni di metalli pesanti, sono stati conferiti all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna 166 campioni di specie sentinella, tra cui 110 di grifoni (31 provenienti dai centri di recupero e 79 provenienti dai gruppi del restocking).

NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	NUMERO DI CAMPIONI
Airone cenerino	<i>Ardea cinerea</i>	1
Aquila del Bonelli	<i>Aquila fasciata</i>	2
Aquila reale	<i>Aquila chrysaetos</i>	14
Barbagianni	<i>Tyto alba</i>	14
Civetta	<i>Athene noctua</i>	4
Falco pescatore	<i>Pandion haliaetus</i>	2
Fenicottero	<i>Phoenicopterus roseus</i>	5
Grifone	<i>Gyps fulvus</i>	110
Poiana	<i>Buteo buteo</i>	12
Sparviere	<i>Accipiter nisus</i>	2
Totale		166

Tabella 2: Campioni conferiti all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna "G. Pegreffi" nel periodo compreso tra luglio 2021 e gennaio 2026, suddivisi per specie.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

L'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna "G. Pegreffi" ha analizzato 99 campioni, 26 di specie sentinella e 73 di Grifone (23 provenienti dai centri di recupero e 50 provenienti dai gruppi del restocking).

NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	NUMERO DI CAMPIONI
Airone cenerino	<i>Ardea cinerea</i>	1
Aquila del Bonelli	<i>Aquila fasciata</i>	
Aquila reale	<i>Aquila chrysaetos</i>	9
Barbagianni	<i>Tyto alba</i>	5
Civetta	<i>Athene noctua</i>	
Falco pescatore	<i>Pandion haliaetus</i>	1
Fenicottero	<i>Phoenicopterus roseus</i>	5
Grifone	<i>Gyps fulvus</i>	73
Poiana	<i>Buteo buteo</i>	4
Sparviere	<i>Accipiter nisus</i>	1
Totale		99

Tabella 3: Campioni analizzati dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna "G. Pegreffi" nel periodo compreso tra luglio 2021 e gennaio 2026, suddivisi per specie.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

Concentrazioni di piombo (Pb) nelle diverse matrici biologiche del Grifone e delle specie sentinella



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia
Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

Allo stesso modo, come mostrato nella figura 4, non sono state rilevate differenze significative (One-way ANOVA $p=0.625$) tra i livelli medi di piombo rilevati nei soggetti delle due popolazioni al momento del recupero.

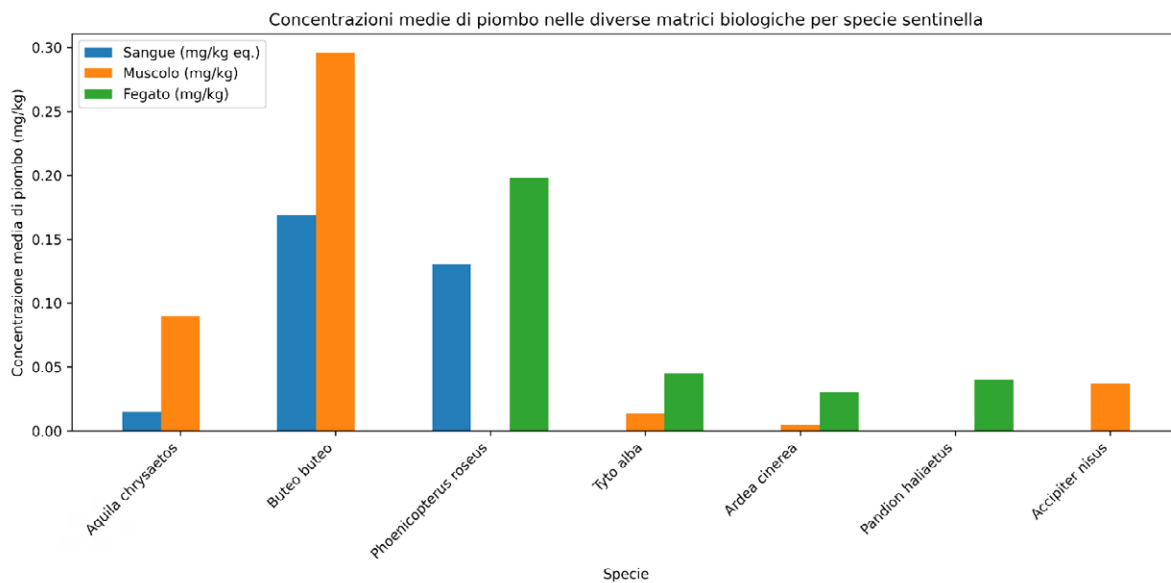


Figura 1. Concentrazioni medie di piombo nelle diverse matrici biologiche (sangue, muscolo e fegato) nelle specie sentinella analizzate.

Nel complesso, il quadro emerso dalle analisi delle specie sentinella analizzate evidenzia concentrazioni di piombo nel sangue e nel fegato generalmente contenute e caratterizzate da una variabilità inter-individuale limitata, suggerendo l'assenza di un'esposizione acuta diffusa nella popolazione campionata. In particolare, i valori ematici risultano prevalentemente inferiori alle soglie comunemente associate a intossicazione clinicamente evidente nei rapaci, mentre le concentrazioni epatiche si collocano, nella maggior parte dei casi, al di sotto dei livelli indicativi di esposizione recente significativa (Pain et al., 2009; Haig et al., 2014).

Al contrario, i dati relativi al muscolo mostrano una marcata eterogeneità, con la presenza di concentrazioni elevate in singoli individui, a fronte di valori bassi o prossimi ai limiti di quantificazione nel resto del campione. Questo pattern è ampiamente documentato in letteratura per le specie necrofaghe e opportuniste, nelle quali l'as-

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



sunzione di piombo è fortemente influenzata da eventi alimentari occasionali, quali il consumo di carcasse o resti di caccia contenenti frammenti di munizioni a base di piombo (Golden et al., 2016; Bassi et al., 2021).

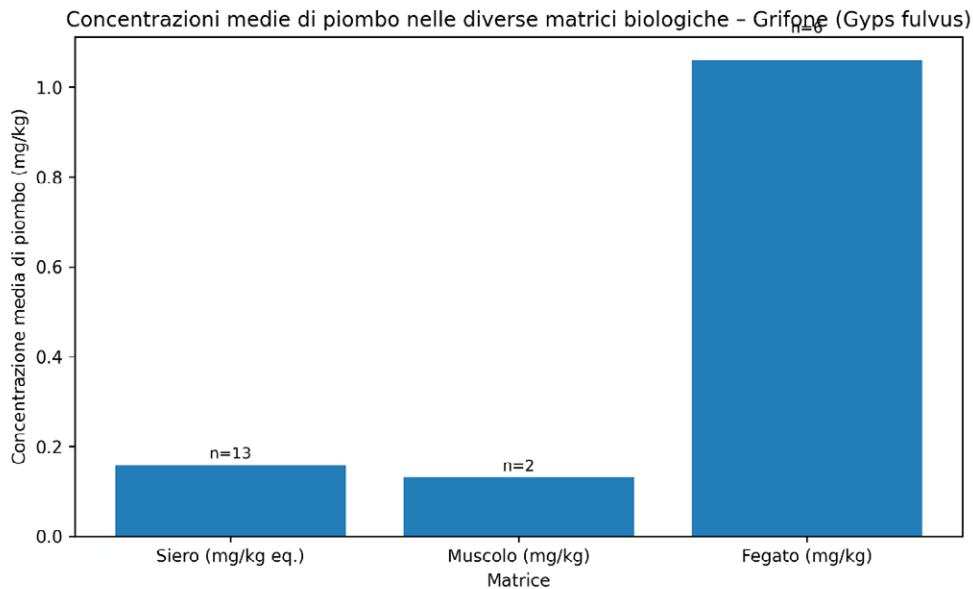


Figura 2. Concentrazioni medie di piombo nelle diverse matrici biologiche (siero, muscolo, fegato) nel Grifone (*Gyps fulvus*).

Nel Grifone (*Gyps fulvus*), le concentrazioni di piombo rilevate nel siero mostrano un'elevata variabilità inter-individuale, con la presenza di valori elevati in alcuni soggetti, indicativi di episodi di esposizione recente, a fronte di livelli più contenuti nella maggior parte degli individui. Questo andamento è coerente con quanto descritto in letteratura per i rapaci necrofagi, nei quali i livelli ematici di piombo riflettono principalmente esposizioni acute o sub-recenti, spesso associate all'ingestione di frammenti di munizioni durante eventi alimentari occasionali (Pain et al., 2009; Haig et al., 2014).

Le concentrazioni riscontrate nel fegato confermano il rilievo di concentrazioni eterogenee, con valori in alcuni casi compatibili con un'esposizione significativa al metallo. Il fegato rappresenta infatti un importante sito di accumulo temporaneo del piombo a seguito dell'assorbimento sistemico, e livelli elevati in questa matrice sono generalmente associati a esposizioni recenti o ripetute nel tempo (Pain et al., 2009; Golden et al., 2016).

Il muscolo, pur mostrando valori medi complessivamente inferiori rispetto al siero e al fegato, presenta differenze tra gli individui analizzati, confermando una distribuzione

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



non uniforme del metallo all'interno della popolazione analizzata. Nel complesso, i risultati osservati suggerisce un quadro di esposizione prevalentemente episodica, piuttosto che una contaminazione cronica diffusa, coerente con uno scenario in cui l'assunzione di piombo è legata all'accesso occasionale a carcasse o resti di caccia contaminati (Mateo-Tomás et al., 2015; Bassi et al., 2021).

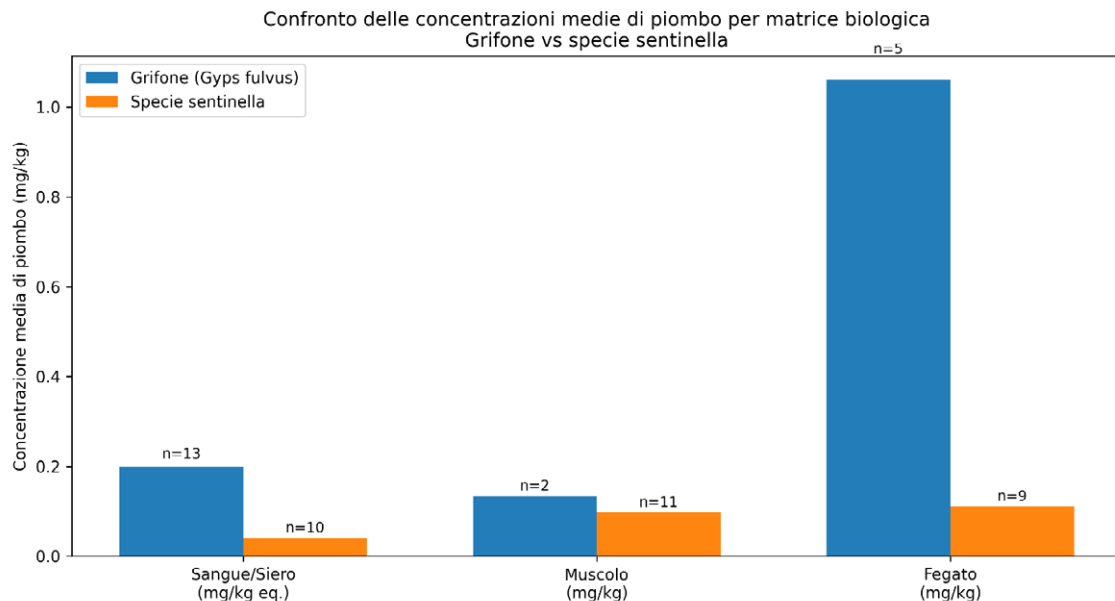


Figura 3. Confronto delle concentrazioni medie di piombo nelle diverse matrici biologiche (sangue/siero, muscolo e fegato) tra Grifone (*Gyps fulvus*) e specie sentinella.

Il confronto evidenzia, nel complesso, valori medi più elevati nel Grifone rispetto alle specie sentinella, in particolare per la componente ematica (sangue/siero) e soprattutto per il fegato. Questa differenza è coerente con l'ecologia trofica del Grifone, necrofago obbligatorio, che può risultare maggiormente esposto al piombo attraverso l'ingestione di frammenti di munizionamento presenti in carcasse o resti di caccia, una via di esposizione ampiamente documentata nei rapaci e, in particolare, nei necrofagi (Pain et al., 2009; Haig et al., 2014; Golden et al., 2016).

La maggiore media epatica osservata nel Grifone è rilevante perché il fegato rappresenta un importante comparto di accumulo "intermedio" dopo l'assorbimento sistemico del piombo; livelli più elevati in questa matrice possono riflettere esposizioni recenti o ripetute nel tempo, in linea con quanto riportato per specie necrofaghe in aree ad attività venatoria (Pain et al., 2009; Golden et al., 2016). Al contrario, nelle specie sentinella i valori medi epatici risultano più contenuti, suggerendo un'esposizione complessivamente più bassa o meno frequente, coerente con un accesso differenziale alle fonti alimentari potenzialmente contaminate (Haig et al., 2014).

Per quanto riguarda il muscolo, il confronto mostra valori medi più simili tra i due gruppi seppure il numero più esiguo di campioni analizzati.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

I grifoni del ripopolamento



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

Tra le azioni del progetto LIFE Safe for Vultures volte a promuovere la conservazione del grifone in Sardegna, è prevista un'attività di restocking che prevede la traslocazione di tre gruppi di grifoni per un totale di circa 50 individui dai centri di recupero europei, in particolare spagnoli, per il successivo rilascio del sud-est della Sardegna. Prima del trasporto in Sardegna i grifoni osservano un periodo di quarantena di un mese presso i CRAS dell'Agenzia Forestas. Durante questo periodo vengono sottoposti a rigorosi controlli sanitari che includono la rilevazione della presenza di malattie infettive e la misurazione delle concentrazioni di piombo.

I grifoni del primo e del secondo gruppo del restocking (n=33), giunti in Sardegna, sono stati sottoposti ai seguenti controlli per la misurazione delle concentrazioni di piombo:

- Un primo controllo al momento dell'ingresso presso il centro Amus di Villafranca de los Barros, in provincia di Badajoz, nella comunità autonoma dell'Estremadura e presso il centro Los Hornos di Sierra de Fuentes, in provincia di Cáceres, sempre nell'Estremadura (Spagna);
- Un secondo controllo al loro arrivo in Sardegna presso il centro recupero della fauna selvatica (CARFS) di Bonassai-Olmedo;
- Un terzo controllo prima del rilascio avvenuto il 9 aprile 2024.

I controlli (figura 3) hanno mostrato che le concentrazioni medie non differivano significativamente (One-way Anova $p=0.089$) nei tre momenti.

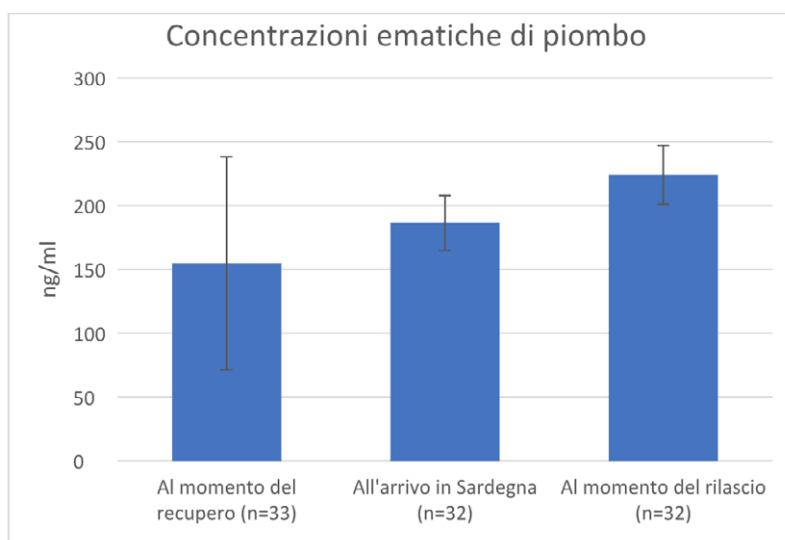


Figura 4. Concentrazioni ematiche di piombo (mediana \pm S.E.) nei Griffoni rilasciati in Sardegna nell'ambito dell'azione di restocking.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732
LIFE SAFE for VULTURES
First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia
Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Allo stesso modo, come mostrato nella figura 4, non sono state rilevate differenze significative (One-way ANOVA $p=0.625$) tra i livelli medi di piombo rilevati nei soggetti delle due popolazioni al momento del recupero.

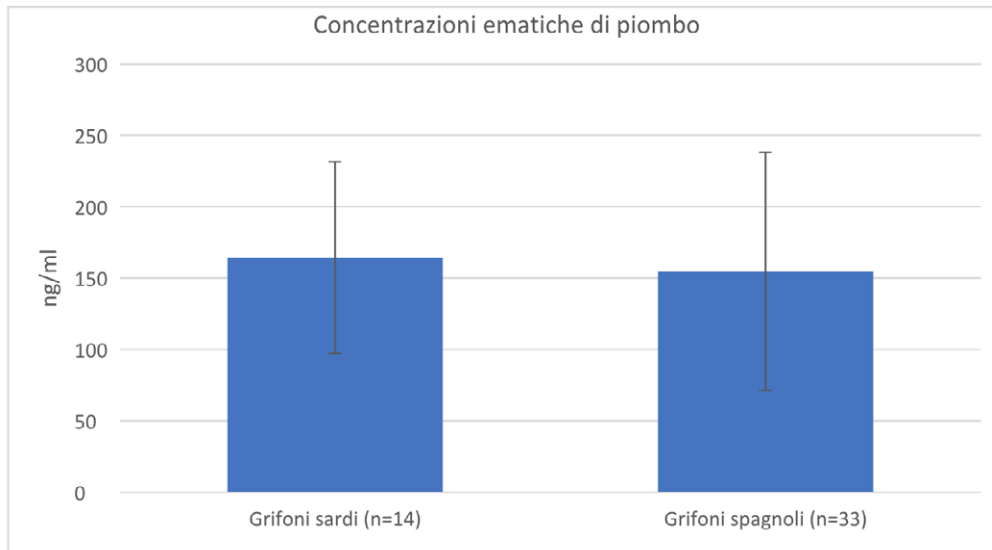


Figura 5. Concentrazioni ematiche di piombo (mediana \pm S.E.) nei Griffoni nella due popolazioni.

I risultati mostrano complessivamente livelli rilevabili di piombo ma al di sotto dei valori (200 – 500 ng/ml; (Naidoo et al., 2017; Pain et al. 2019; Descalzo et al., 2021) riconosciuti come soglia sopra cui possono iniziare a manifestarsi sintomi clinici legati all'accumulo organico del piombo. Le analisi ripetute nel tempo mostrano una variazione delle concentrazioni di piombo all'interno dello stesso soggetto, mantenendosi tuttavia sottosoglia.

Un esemplare proveniente dalla Spagna mostra concentrazioni particolarmente elevate al momento dell'arrivo presso il centro di recupero prima del trasferimento in Sardegna (2695,53 ng/ml) che, tuttavia, si sono fortemente ridotte al momento dei rilievi effettuati in prossimità del rilascio (619 ng/ml).

Nessun esemplare ha presentato segni clinici riconducibili ad intossicazione acuta o cronica da piombo.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Concentrazioni di cadmio (Cd) nelle diverse matrici biologiche del Grifone e delle specie sentinella

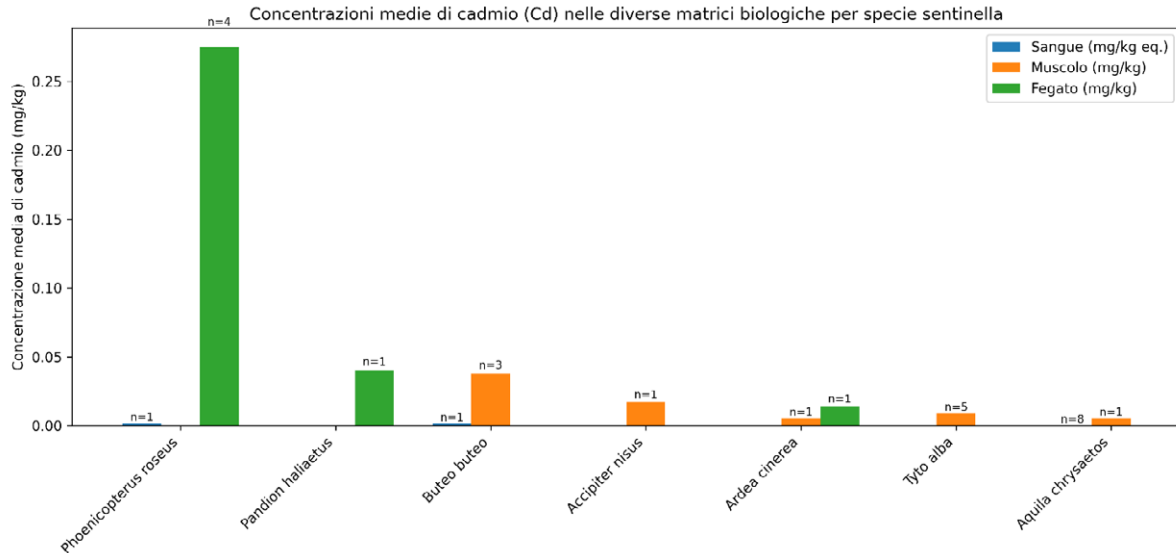


Figura 6. Concentrazioni medie di cadmio nelle diverse matrici biologiche (sangue, muscolo e fegato) nelle specie sentinella analizzate.

Nel complesso, i livelli di Cd risultano bassi nella maggior parte delle specie sentinella e matrici analizzate, con variabilità contenuta e valori spesso prossimi al limite analitico. Alcuni valori più elevati emergono in modo puntuale (in particolare nel sangue di *Buteo buteo* e *Phoenicopterus roseus* e nel fegato di *Phoenicopterus roseus*), suggerendo esposizioni episodiche o differenze legate a dieta e uso dell'habitat.

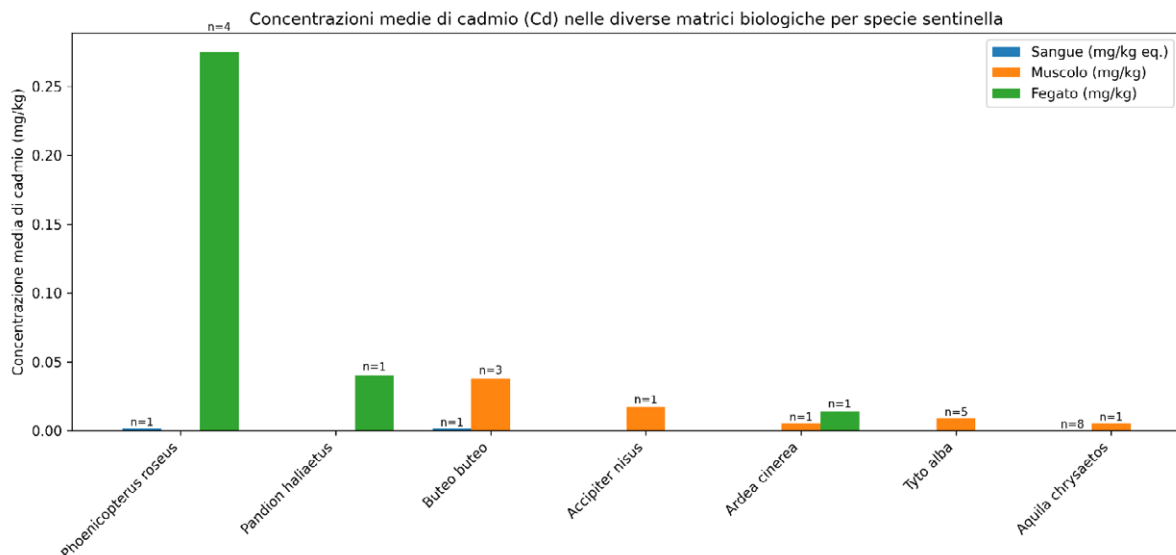


Figura 7. Concentrazioni medie di cadmio nelle diverse matrici biologiche (siero, muscolo, fegato) nel Grifone (*Gyps fulvus*).

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeforvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Nel Grifone, le concentrazioni di cadmio risultano generalmente basse nel siero e nel muscolo, con valori spesso prossimi ai limiti analitici, indicando un'esposizione contenuta. Il fegato mostra una maggiore variabilità, con alcuni valori più elevati, compatibili con episodi di esposizione sporadica e con il ruolo del fegato quale principale comparto di accumulo per il cadmio. Nel complesso, il quadro osservato suggerisce l'assenza di una contaminazione cronica generalizzata, in linea con quanto riportato in letteratura per i rapaci necrofagi (Pain et al., 2009; Burger, 2008).

Concentrazioni di mercurio (Hg) nelle diverse matrici biologiche del Grifone e delle specie sentinella

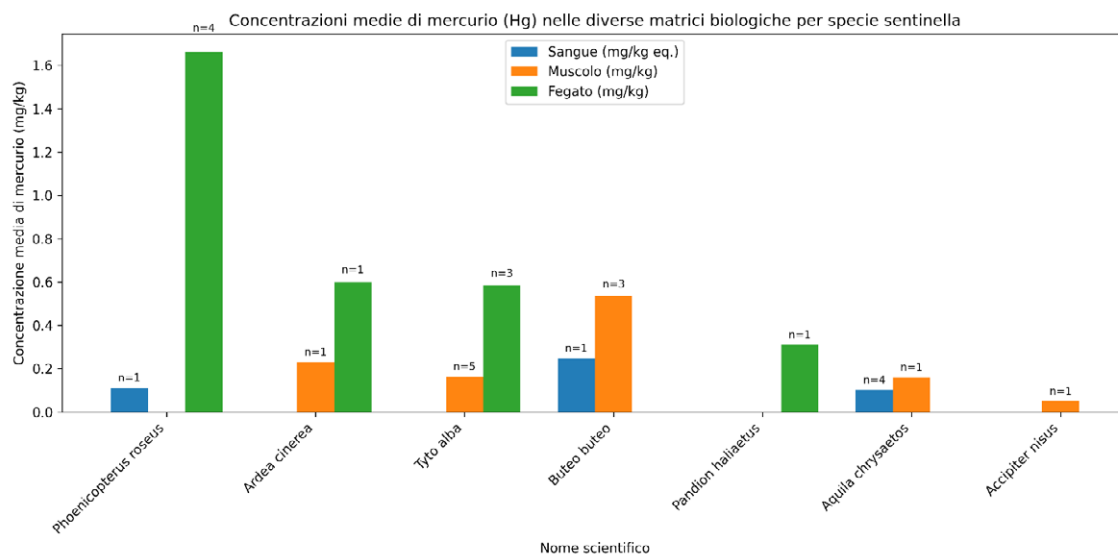


Figura 8. Concentrazioni medie di mercurio nelle diverse matrici biologiche (sangue, muscolo e fegato) nelle specie sentinella analizzate.

Nel complesso, i livelli di mercurio (Hg) risultano contenuti nella maggior parte delle specie sentinella analizzate, con valori ematici generalmente bassi. Si osservano incrementi in alcune matrici e specie, in particolare nel fegato di *Phoenicopterus roseus*, compatibili con esposizioni diversificate legate a dieta e habitat. Nei rapaci notturni (*Tyto alba*), muscolo e fegato mostrano valori moderati e coerenti tra individui.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

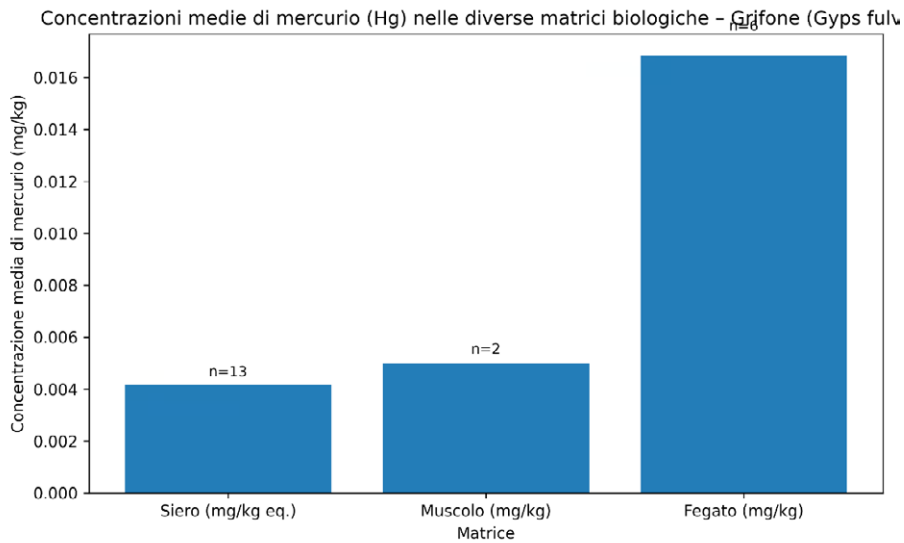


Figura 9. Concentrazioni medie di mercurio nelle diverse matrici biologiche (siero, muscolo, fegato) nel Grifone (*Gyps fulvus*).

Nel Grifone (*Gyps fulvus*), le concentrazioni di mercurio risultano complessivamente basse e con una variabilità limitata nel muscolo e nel fegato, con valori per lo più prossimi ai limiti analitici. Il siero mostra una maggiore variabilità tra individui, suggerendo possibili differenze individuali nell'esposizione recente. Nel complesso, il profilo osservato è compatibile con un'esposizione generalmente limitata al mercurio.

Concentrazioni di metalli pesanti nelle carcasse conferite nelle stazioni di alimentazione

Per il monitoraggio dei metalli pesanti sono stati conferiti 68 campioni prelevati dalle stazioni di alimentazione (37 prelevati nella stazione di alimentazione centralizzata e 31 prelevati presso le stazioni di alimentazione aziendali).

L'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna ha analizzato 45 campioni (31 prelevati nella stazione di alimentazione centralizzata e 14 prelevati presso le stazioni di alimentazione aziendali).

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



STAZIONE DI ALIMENTAZIONE	CAMPIONE	TOTALE
CFS	Ematico	
	Organi	9
	Muscolo	23
FFS	Ematico	10
	Organi	
	Muscolo	4

Tabella 4: Campioni analizzati dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna suddivisi per stazione di alimentazione di prelievo (CFS/FFS) e per tipologia di campione prelevato.

STAZIONE DI ALIMENTAZIONE	SPECIE	TOTALE
CFS	Ovino	14
	Caprino	2
	Cinghiale	3
	Cervo	10
FFS	Daino	2
	Ovino	13
	Caprino	
	Bovino	1

Tabella 5: Campioni analizzati dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna, suddivisi per specie conferita e per tipologia di stazione di alimentazione di prelievo (CFS/FFS).

Risultati del monitoraggio del piombo (Pb)

Nelle carcasse analizzate, il fegato mostra in generale concentrazioni basse, con poche eccezioni. Nel muscolo, le concentrazioni risultano complessivamente contenute, ad eccezione di due soli campioni in cui sono stati osservati picchi molto elevati (4.340 µg/kg). Il sangue risulta nel complesso poco informativo, con valori per lo più bassi.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Livelli di piombo - Carnaio

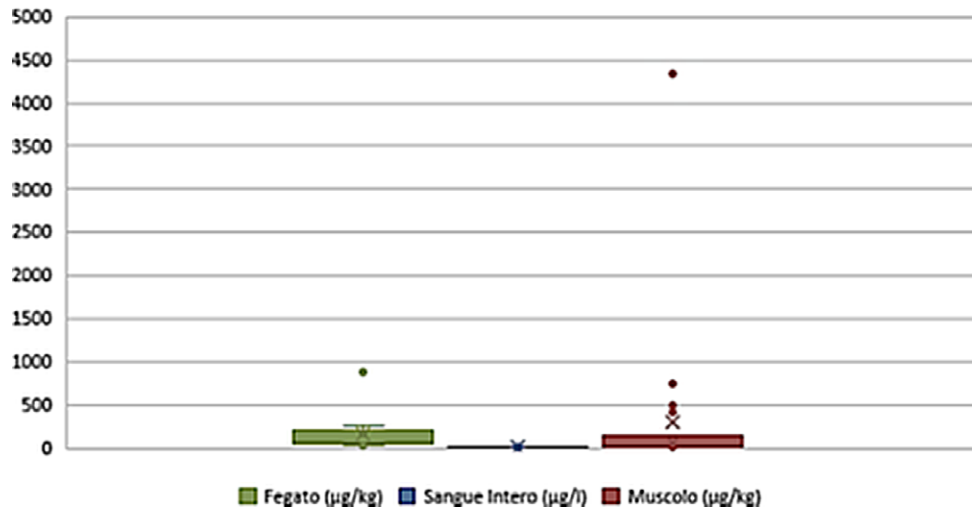
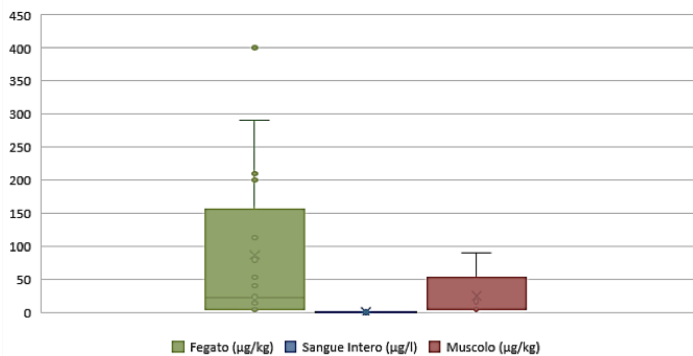


Figura 10. Concentrazioni di piombo rilevate nelle carcasse conferite alle stazioni di alimentazione.

Livelli di cadmio - Sentinelle



Livelli di cadmio - Carnaio

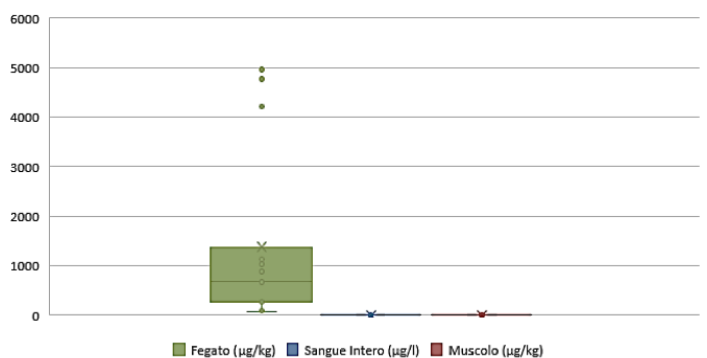


Figura 11. Concentrazioni di cadmio rilevate nelle carcasse conferite alle stazioni di alimentazione.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Risultati del monitoraggio del mercurio (Hg)

Per le carcasse conferite nelle stazioni di alimentazione, il mercurio risulta prevalentemente accumulato nel fegato, con valori eterogenei e la presenza di alcuni outlier, mentre muscolo e sangue mostrano concentrazioni basse, in larga parte prossime ai limiti minimi di rilevabilità. Nel complesso, i dati suggeriscono che il carnaio non costituisca una fonte rilevante di esposizione acuta al mercurio, ma che singole carcasse possano comunque contribuire all'esposizione cronica dei rapaci necrofagi attraverso l'alimentazione.

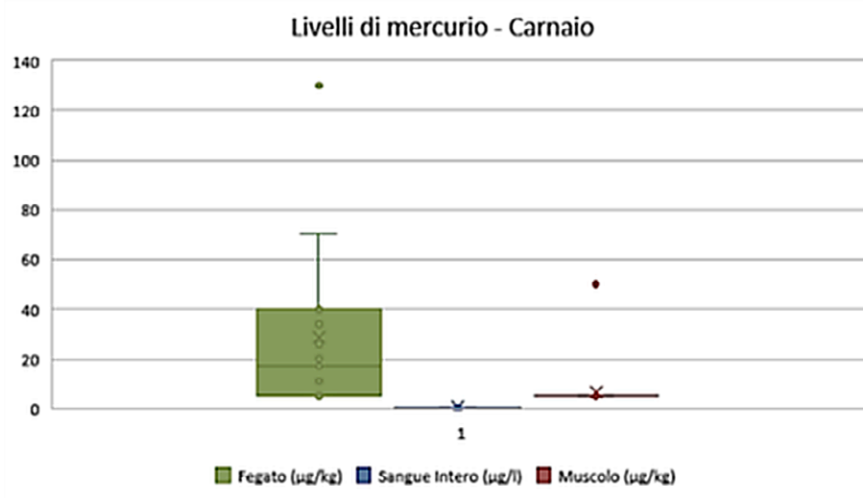


Figura 12. Concentrazioni di mercurio rilevate nelle carcasse conferite alle stazioni di alimentazione.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

Il progetto LIFE Safe for Vultures, attraverso l'Azione D.3, ha fornito un quadro aggiornato sull'esposizione ai metalli pesanti, con particolare riferimento al piombo (Pb), nella popolazione di Grifone (*Gyps fulvus*) e nelle principali specie sentinella presenti in Sardegna, integrando i dati biologici con quelli derivanti dal monitoraggio delle fonti alimentari.

I risultati evidenziano che, nelle specie sentinella, le concentrazioni di piombo nel sangue e nel fegato risultano generalmente contenute e caratterizzate da una variabilità interindividuale limitata, suggerendo l'assenza di un'esposizione diffusa. Il muscolo mostra una maggiore eterogeneità, con valori elevati in singoli individui, indicando esposizioni verosimilmente legate a eventi alimentari occasionali.

Nel Grifone, le concentrazioni di piombo rilevate nel siero e nel fegato risultano mediamente più elevate rispetto alle specie sentinella, con una più marcata variabilità tra individui. Tale evidenza è coerente con le abitudini alimentari della specie, necrofago obbligato, che comporta un rischio di esposizione maggiore attraverso l'ingestione di residui di piombo presenti nelle carcasse. Tuttavia, nella maggior parte dei soggetti analizzati, i livelli di piombo si collocano al di sotto delle soglie comunemente associate a intossicazione clinicamente manifesta, suggerendo uno scenario di esposizione prevalentemente episodica piuttosto che di contaminazione cronica diffusa.

Il monitoraggio delle carcasse conferite nelle stazioni di alimentazione evidenzia concentrazioni generalmente basse di piombo nel fegato e nel muscolo, con la presenza di pochi casi isolati caratterizzati da valori elevati, soprattutto nel muscolo. Tali risultati indicano che, sebbene la maggior parte delle carcasse non rappresenti una fonte rilevante di esposizione, singoli episodi di contaminazione possono costituire un potenziale rischio per i rapaci necrofagi, confermando l'importanza di un controllo continuativo della qualità delle risorse alimentari.

Relativamente a cadmio e mercurio, i livelli rilevati nelle matrici biologiche del Grifone e delle specie sentinella sono risultati complessivamente bassi e compatibili con un'esposizione ambientale limitata, con alcune variazioni attribuibili a differenze di dieta, habitat e comportamento trofico.

Nel complesso, i risultati ottenuti indicano che il piombo rimane il metallo di maggiore rilevanza ecotossicologica per il Grifone in Sardegna. I dati raccolti rafforzano l'importanza di un approccio integrato che combini il monitoraggio biologico, il controllo delle fonti alimentari e le azioni di prevenzione e sensibilizzazione portate avanti dal progetto LIFE Safe for Vultures, in particolare attraverso l'analisi dei fattori di rischio associati alle pratiche venatorie (Azione A.6), la sperimentazione di muni-

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeforvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



zioni alternative prive di piombo (Azione C.7), il monitoraggio delle carcasse conferite nelle stazioni di alimentazione (Azione D.1) e la valutazione delle concentrazioni di piombo nei grifoni e nelle specie sentinella mediante analisi di matrici biologiche (Azione D.3).

Le evidenze prodotte costituiscono una solida base scientifica per orientare le future strategie di conservazione, supportare la progressiva transizione verso l'uso di munizioni prive di piombo e garantire una gestione razionale e monitorata delle stazioni di alimentazione, contribuendo in modo concreto alla tutela a lungo termine della popolazione di Grifone in Sardegna.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari

Via Vienna 2 | 07100, Sassari

mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904

www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas

Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS

E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2020). *Toxicological Profile for Lead*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, Georgia, USA.

Andreotti A., Borghesi F. (2012) Il piombo nelle munizioni da caccia: problematiche e possibili soluzioni. *Rapporti ISPRA*, 158/2012

Bassi, E., Donázar, J. A., Lambertucci, S. A., & Mateo-Tomás, P. (2021). Lead contamination in tissues of large avian scavengers in south-central Europe. *Science of the Total Environment*, 778, 146130. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146130>

Descalzo E., Camarero P.R., Sánchez-Barbudo I.S., Martínez-Haro M., Ortiz-Santaliestra M.E., Moreno-Opo R., Mateo R (2021) Integrating active and passive monitoring to assess sublethal effects and mortality from lead poisoning in birds of prey. *Science of The Total Environment* (Volume 750,2021,142260, ISSN 0048-9697) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142260>.

European Food Safety Authority (EFSA) (2010). *Scientific Opinion on Lead in Food*. EFSA Journal, Volume 8, Issue 4, Article 1570.

Golden, N. H., Warner, S. E., & Coffey, M. J. (2016). A review and assessment of spent lead ammunition and its exposure and effects to scavenging birds in the United States. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 237, 123–191. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23573-8_5

Haig, S. M., D’Elia, J., Eagles-Smith, C., Fair, J. M., Gervais, J., Herring, G., Rivers, J. W., & Schulz, J. H. (2014). The persistent problem of lead poisoning in birds from ammunition and fishing tackle. *The Condor: Ornithological Applications*, 116(3), 408–428. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-14-36.1>

Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna “G. Pegreffì” (2022). *Relazioni tecniche e protocolli analitici per la determinazione dei metalli pesanti in matrici biologiche*. Documentazione tecnica interna.

Mateo-Tomás, P., Olea, P. P., Sánchez-Barbudo, I. S., & Mateo, R. (2015). Alleviating human–wildlife conflicts: Identifying the causes and mapping the risk of lead poisoning in birds of prey. *Journal of Applied Ecology*, 52, 173–183. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12331>

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifeforvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Foreste
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



Progetto LIFE19NAT/IT/000732

LIFE SAFE for VULTURES

First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

Primo passo verso il ripristino della gilda dei vulturidi in Sardegna



Naidoo V., Wolter K., Botha C.J. (2017) Lead ingestion as a potential contributing factor to the decline in vulture populations in southern Africa. *Environmental Research*, (Volume 152, Pages 150-156, ISSN 0013-9351). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.10.013>.

Pain, D. J., Fisher, I. J., & Thomas, V. G. (2009). A global update of lead poisoning in terrestrial birds from ammunition sources. In: Watson, R. T., Fuller, M., Pokras, M., & Hunt, W. G. (Eds.), *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho.

Regolamento (UE) n. 333/2007 della Commissione. Metodi di campionamento e di analisi per il controllo dei tenori di oligoelementi e contaminanti nei prodotti alimentari.

World Health Organization (WHO) (2019). *Preventing disease through healthy environments: Exposure to lead*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Coordinating Beneficiary

Università degli Studi di Sassari
Via Vienna 2 | 07100, Sassari
mail: lifeforvultures@uniss.it | tel: +39 079 229904
www.lifesafeformvultures.eu

Associated Beneficiaries

Agenzia Regionale Forestas
Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale RAS
E-distribuzione | Vulture Conservation Foundation
With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community



LIFE
SAFE FOR
VULTURES



Associated BeneficiariesCommunity



e-distribuzione



LIFE19/NAT/IT/000732 Life Safe for Vultures
First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia

www.lifesafeformvultures.eu

With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

