



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

## FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE

Corso di Laurea Magistrale in Biogeoscienze: analisi degli ecosistemi e  
comunicazione delle scienze

Curriculum: Analisi, monitoraggio e gestione degli ecosistemi (classe F2B)

La presenza della volpe artica (*Vulpes lagopus*) durante l'ultima  
glaciazione in Italia settentrionale (Buco del Frate, Brescia)

Relatore: Prof. Fabio Bona

Tesi di Laurea Magistrale di:

Matteo Vincenzi

Matricola: 28447A

Anno accademico 2023-2024





Illustrazione realizzata da Valeria Carnevali -@natur\_val-



# Indice

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Riassunto .....                                                                                          | 7  |
| Capitolo 1 – Introduzione .....                                                                          | 9  |
| 1.1 Inquadramento sistematico, evolutivo e biogeografico.....                                            | 9  |
| 1.2 Aspetti morfologici.....                                                                             | 12 |
| 1.3 Ciclo vitale .....                                                                                   | 13 |
| 1.4 Ecologia ed etologia .....                                                                           | 14 |
| 1.5 Distribuzione .....                                                                                  | 15 |
| Capitolo 2 – Il Buco del Frate.....                                                                      | 17 |
| Capitolo 3 – Materiali e metodi .....                                                                    | 20 |
| Capitolo 4 – Studio morfologico.....                                                                     | 30 |
| Capitolo 5 – Risultati .....                                                                             | 35 |
| 5.1 Analisi morfometrica.....                                                                            | 35 |
| 5.2 <i>Principal Component Analysis</i> .....                                                            | 40 |
| 5.3 Analisi dei morfotipi dentari .....                                                                  | 46 |
| Capitolo 6 – Discussione .....                                                                           | 51 |
| 6.1 La presenza della volpe artica ( <i>Vulpes lagopus</i> ) nel record fossile del Buco del Frate ..... | 51 |
| 6.2 La dispersione della volpe artica ( <i>Vulpes lagopus</i> ) in Italia .....                          | 55 |
| 6.3 Morfologia dei carnassiali di volpe rossa ( <i>Vulpes vulpes</i> ) del Buco del Frate.....           | 58 |
| Capitolo 7 – Conclusioni .....                                                                           | 60 |
| Capitolo 8 – Bibliografia.....                                                                           | 61 |
| Capitolo 9 – Sitografia .....                                                                            | 67 |
| Allegato 1 – Lista faunistica .....                                                                      | 68 |
| Allegato 2 – Misure biometriche (mm).....                                                                | 81 |
| Ringraziamenti .....                                                                                     | 88 |



## Riassunto

Il presente lavoro di tesi si propone di analizzare la presenza della volpe artica (*Vulpes lagopus*) in Italia durante l'ultimo massimo glaciale (LGM), con un focus particolare sul materiale fossile proveniente dal sito paleontologico del Buco del Frate (BS), situato nel Nord Italia. L'analisi si basa su un ampio campione di reperti fossili, comprendente 497 esemplari di volpe, integrato da materiale fossile pubblicato in letteratura (Reynolds, 1912; Ballesio, 1979; Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Cassoli & Tagliacozzo, 1994) e da campioni attuali provenienti dalla collezione privata del Prof. Fabio Bona, dalla collezione osteologica del Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio", dal Museo Didattico di Zoologia dell'Università di Milano (UniMi) e dal Museo di Storia Naturale di Milano. Questi ultimi forniscono una solida base di confronto, includendo reperti di volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e di volpe artica (*Vulpes lagopus*).

L'analisi morfologica e l'analisi morfometrica, con l'uso della *Principal Component Analysis* (PCA), hanno consentito di confrontare le morfologie e le dimensioni delle ossa provenienti dal Buco del Frate con quelle dei campioni di confronto. I risultati hanno mostrato che la maggior parte dei reperti appartiene alla volpe rossa, ma sono emersi cinque elementi scheletrici attribuibili a un esemplare di volpe artica. Ad oggi, quest'ultima è documentata in Italia in due siti: Grotta di Fumane (VR) (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al. 2013; Romandini et al. 2016; Romandini et al. 2018) e Grotta Romanelli (LE) (Compagnoni et al. 1997). Il ritrovamento di questa specie nel Buco del Frate rappresenta una nuova segnalazione di volpe artica (*Vulpes lagopus*) in Italia durante l'ultima glaciazione. La presenza di questo elemento "freddo" suggerisce che durante questo periodo, caratterizzato da un clima più rigido rispetto all'attuale, la volpe artica raggiunse la penisola italiana, considerata un rifugio glaciale. La rarità di questa specie nel territorio italiano è imputabile alla presenza di una barriera geografica costituita dalle Alpi.

Ulteriori analisi della variabilità morfologica dei carnassiali, ovvero il quarto premolare superiore e il primo molare inferiore, della volpe rossa (*Vulpes vulpes*) nei campioni provenienti dal Buco del Frate e nei reperti attuali di confronto, hanno evidenziato una certa plasticità morfologica della specie in risposta a differenti condizioni climatiche e ambientali. Questa plasticità è stata analizzata in relazione ai polimorfismi dentali, con l'obiettivo di valutare le implicazioni dei diversi morfotipi osservati sui carnassiali.

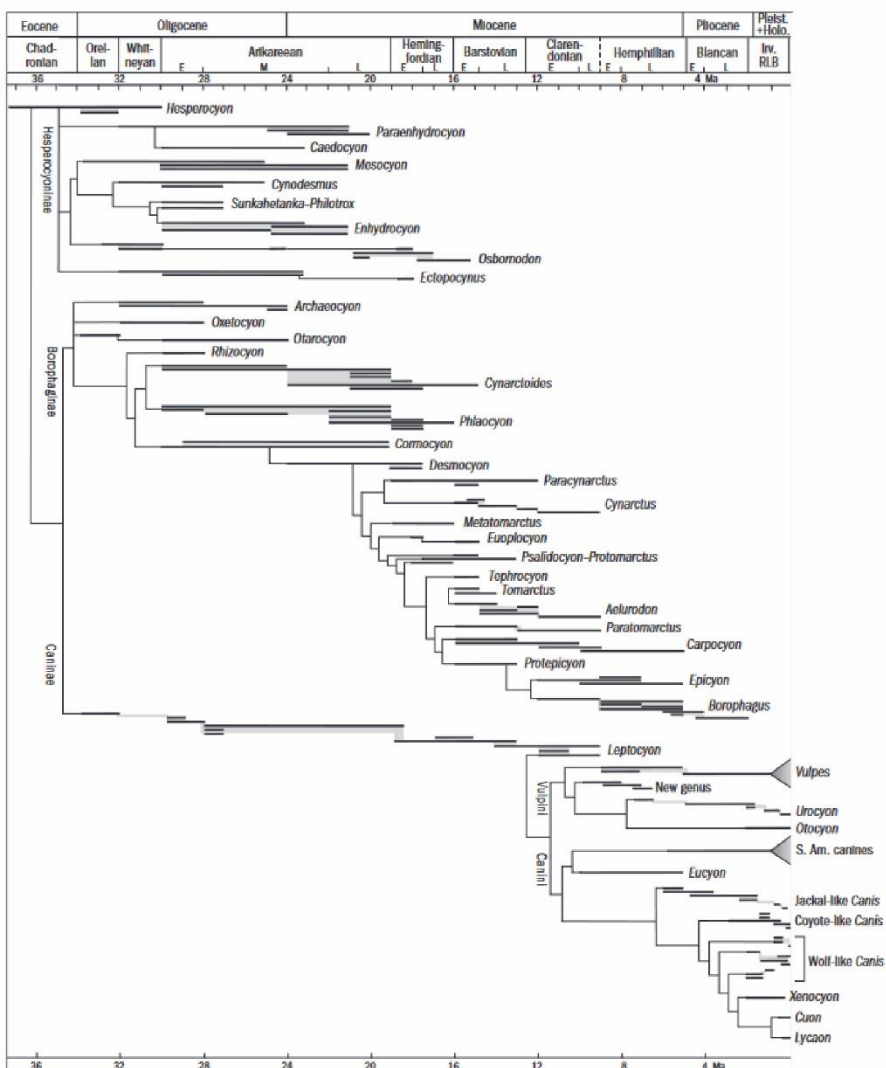


# Capitolo 1 – Introduzione

## 1.1 Inquadramento sistematico, evolutivo e biogeografico

Le volpi appartenenti al genere *Vulpes*, le cosiddette “vere volpi”, sono mammiferi dell'ordine Carnivora, appartenenti alla famiglia dei Canidae e alla sottofamiglia dei Caninae (Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996; Audet et al. 2002; Norén et al. 2023). Questo genere include 12 specie attualmente viventi distribuite tra il continente euroasiatico, quello africano e nordamericano (Zrzavý et al. 2018).

a.



b.

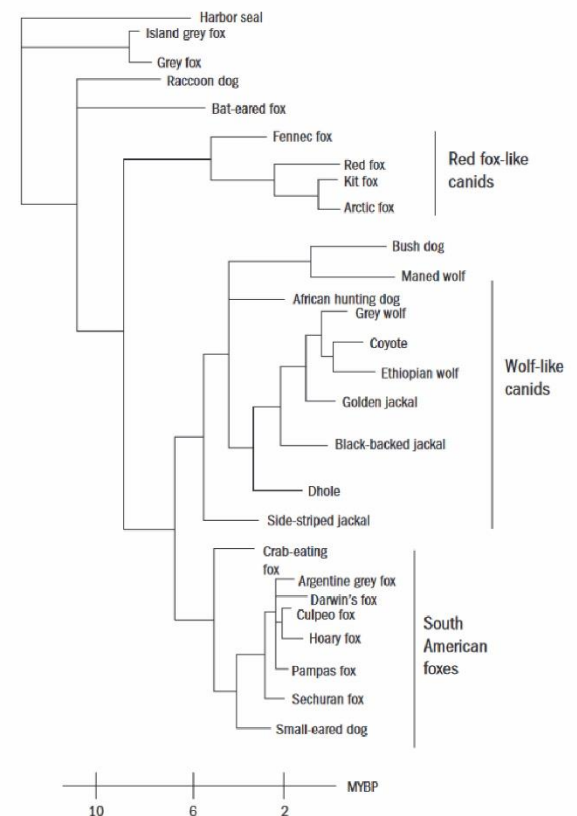


Fig. 1.1: Filogenesi dei Canidae.

- Le relazioni filogenetiche semplificate dei canidi a livello di genere, con le aree di distribuzione delle singole specie rappresentate da barre individuali all'interno di rettangoli grigi (modificato da Wang et al. 2004);
- La relazione tra i carnivori, basata su dati di ibridazione del DNA, sono mostrati i raggruppamenti a livello di famiglia e sottoordine, infine, la scala temporale, espressa in milioni di anni fa (MYBP), è basata sul confronto tra la divergenza delle sequenze di DNA e le prime apparizioni nel record fossile (modificato da Wang et al. 2004).

Questo lavoro di tesi si incentra sullo studio delle due specie seguenti. *Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758), la volpe rossa, alla quale inizialmente veniva attribuita la nomenclatura di *Canis vulpes*, che include attualmente 45 sottospecie (Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996). *Vulpes lagopus*, la volpe artica, originariamente classificata come *Canis lagopus* da Linneo. Successivamente, Knaup, 1829: 85 la ha posizionata nel genere monotipico *Alopex*. Tuttavia, attualmente è preferibile utilizzare la nomenclatura *Vulpes lagopus*, supportata da dati genetici. Questa specie include 4 sottospecie (Audet et al. 2002; Norén et al. 2023).

La famiglia dei Canidae comparve durante l'Eocene Superiore nel continente nordamericano, dove trascorse gran parte della sua storia evolutiva (Wang et al. 2004; de Bonis et al. 2007; Jeffrey et al. 2008). L'espansione intercontinentale dei canidi avvenne per la prima volta circa 8 Ma, tramite la connessione alle alte latitudini con il continente euroasiatico (Jeffrey et al. 2008; Hartstone-Rose et al. 2013). Con dinamiche di espansione simili alla formazione dello stretto di Panama, circa 3 Ma, i canidi raggiunsero anche il continente sudamericano. In Eurasia, in particolar modo, emersero forme che in seguito fecero ritorno in Nord America durante il Pleistocene Superiore, ne sono un esempio *Vulpes vulpes* e *Vulpes lagopus*, per le quali ne risulta una distribuzione intercontinentale (Wang et al. 2004; Jeffrey et al. 2008). La sottofamiglia dei Caninae, per circa 20 Ma, fu contraddistinta da forme di piccole dimensioni. Attorno al tardo Miocene, i canini andarono incontro ad una radiazione adattativa, occupando nicchie lasciate libere dall'estinzione delle piccole Borophaginae. Si trovarono quindi a convivere con grossi borofagini ed Hesperocyoninae di grandi dimensioni (Wang et al. 2004; Jeffrey et al., 2008). In questo periodo, circa 9 Ma, da antenati simili al genere *Leptocyon* ebbe origine in Nord America la tribù dei Vulpini, le “vere volpi”. Qui, il record fossile più antico attribuito al genere *Vulpes* è rappresentato da due specie: *Vulpes stenognathus* e *Vulpes kernensis*, entrambe tardo mioceniche (Jeffrey et al., 2008; Hartstone-Rose et al. 2013; Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020). I Vulpini lasciarono il continente nordamericano verso l'Eurasia non più tardi di 8 Ma (Jeffrey et al., 2008; Hartstone-Rose et al. 2013). Questo evento migratorio non è testimoniato a livello fossile, siccome le prime forme eurasiatiche compaiono nel record fossile del Pliocene iniziale. Nonostante ciò, la più antica volpe i cui resti sono stati rinvenuti al di fuori del Nord America fu *Vulpes riffautae*, una forma di piccole dimensioni risalente al tardo Miocene, circa 7 Ma, scoperta in Chad (Jeffrey et al., 2008; Hartstone-Rose et al. 2013; Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020). Il record fossile delle volpi prima del Pliocene Superiore europeo è molto frammentario, sono comunque note diverse forme plioceniche, tra le quali una specie di grandi dimensioni proveniente dal Tibet, *Vulpes qiuzhudingi* (5.0 – 3.6 Ma) (Hartstone-Rose et al. 2013; Wang et al. 2014; Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020). Si tratta di una forma che evidenzia una morfologia dentaria indicativa di ipercarnivoria, tratto riscontrato principalmente nella volpe artica, il che permette di ipotizzare che

si tratti di una forma ancestrale di quest'ultima. Inoltre, *V. qiuzhudingi* è coerente con la cosiddetta “*Out of Tibet hypothesis*”, secondo la quale, specie ancestrali di alcuni mammiferi sono comparse in Tibet, dando poi origine alle forme pleistoceniche a Nord dell'Eurasia, siccome durante il Pliocene, il clima dell'artico era più caldo rispetto a quello del Tibet (Wang et al. 2014). In Europa, nel Pliocene Superiore e nel Pleistocene Inferiore erano riconosciuti tre taxa: *Vulpes alopecoides*, *Vulpes praeglacialis* e *Vulpes praecorsac*. Una recente revisione della morfologia dentaria ha messo in evidenza una ridotta variabilità interspecifica tra queste. Perciò, si considera più parsimonioso considerare questi taxa europei, attribuiti alla fase iniziale del Pleistocene, come appartenenti ad una sola specie, *Vulpes alopecoides* (Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020). Si ipotizza che popolazioni villafranchiane di quest'ultima forma diedero origine alla moderna volpe rossa (Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996; Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020). *Vulpes vulpes* ebbe origine nel Vecchio Mondo e comparve in Europa durante il Pleistocene Medio. I reperti fossili più antichi provengono dalla Francia, presso i siti di Lunel-Viel e L'Escale (Bonifay, 1971), risalenti al Pleistocene Medio iniziale e attribuiti allo stadio isotopico marino 12 (MIS12); e dalla Spagna, dal sito di Vallparadís Estació (Madurell-Malapeira et al. 2021). In entrambi i casi si tratta di reperti datati a circa 600 ka. Nel Pleistocene Medio, il record fossile della volpe rossa in Europa è molto scarso e frammentario (Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996; Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020; Madurell-Malapeira et al. 2021). All'opposto il record tardo pleistocenico risulta molto abbondante (Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996). Durante il Pleistocene Superiore e l'inizio dell'Olocene, il susseguirsi di rigide oscillazioni climatiche, influenzò la fauna e la flora e le relative distribuzioni. Le specie termofile durante gli interstadiali, ovvero periodi di condizioni climatiche favorevoli, furono in grado di colonizzare differenti aree dell'Europa Centrale. Quando invece, le condizioni climatiche si facevano avverse, queste specie tendevano a distribuirsi nei cosiddetti rifugi glaciali, aree che fauna e flora potevano raggiungere per permettere loro di sopravvivere nel corso dei momenti di condizioni ambientali rigide. Sono noti tre principali rifugi mediterranei: la penisola iberica, la penisola italiana e i Balcani (Sommer & Benecke, 2005; Sommer & Nadachowski, 2006). La volpe rossa è presente anche in Europa centrale nell'interstadiale precedente all'ultimo massimo glaciale, mentre, nel corso quest'ultimo utilizza i rifugi glaciali sopracitati. Tuttavia, durante il periodo freddo del Dryas recente, la distribuzione di questa specie non risulta dislocata verso i rifugi in Europa meridionale (Sommer & Benecke, 2005). *Vulpes lagopus* fece la sua prima comparsa in Siberia attorno a 700 ka (Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020). Dati recenti suggeriscono che la migrazione della volpe artica nel Paleartico occidentale non sia avvenuta prima del tardo Pleistocene. Durante l'ultimo massimo glaciale l'Europa centrale è tipicamente dominata dalla volpe artica, mentre nel corso del cambiamento climatico di Bøiling-Allerød (14.6 kya - 12.9 kya) la sua distribuzione si è ridotta alle

alte latitudini con clima artico o sub-artico, infine, il Dryas recente (12.8 kya – 11.5 kya) vede una riespansione del suo areale verso Sud (Sommer & Benecke, 2005). In Italia il record fossile delle volpi ha inizio nel Pliocene Superiore, nel Villafranchiano Medio (Unità faunistica di Coste San Giacomo) con *Vulpes alopecoides*. La prima testimonianza italiana attribuibile alla volpe rossa è rappresentata da alcuni reperti catalogati come *Vulpes* cf. *vulpes*, provenienti dal sito di Visogliano (Trieste) (Abbazzi et al. 2000). Questo sito è caratterizzato da faune del Pleistocene Medio considerate transizionali verso l'Unità Faunistica di Fontana Ranuccio (Frosinone), datata al MIS13 – MIS11 (530 ka – 410 ka). La volpe rossa è una specie ubiquitaria e molto diffusa sia nel Nord che nell'Italia peninsulare (Petronio et al. 2006; Petronio et al. 2019). La presenza di *Vulpes lagopus* in Italia viene testimoniata da alcuni reperti di piccole dimensioni se confrontati con quelli di volpe rossa, rinvenuti presso la Grotta di Fumane (VR) (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al. 2013; Romandini et al. 2016; Romandini et al. 2018) associati ai livelli corrispondenti all'ultimo massimo glaciale e presso Grotta Romanelli (LE) (Compagnoni et al. 1997). L'attribuzione dei reperti di volpe a questa specie rimane difficoltosa (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al. 2013).

## 1.2 Aspetti morfologici

La **volpe rossa** (*Vulpes vulpes*) è un canide di piccole dimensioni, dotato di orecchie appuntite, un muso allungato, pupille ellittiche ed una coda folta. Gli arti sono snelli, quello anteriore è caratterizzato da cinque dita, mentre quello posteriore da quattro dita, dotate di artigli non retrattili. In termini di dimensioni, variabili geograficamente, il corpo di un adulto può misurare tra 455 mm e 900 mm, la coda tra 300 mm e 555 mm, mentre la massa corporea può andare dai 3 kg ai 14 kg. I maschi risultano di stazza mediamente maggiore rispetto alle femmine. Sono state identificate tre tipologie di colorazione, quella più diffusa rossa, mentre ad una frequenza decisamente minore quella argentata e “cross”. In primavera si ha la muta, durante la quale il pelo invernale viene sostituito da quello estivo, più corto e meno fitto. Il cranio è allungato, con una parte interorbitale e frontale piatta, seni frontali leggermente rigonfi e un muso lungo e stretto rostralmente. I processi postorbitali hanno fosse ben definite sul lato superiore, i processi paraoccipitali sono piccoli e le bulle timpaniche sono prominenti. Due creste parietali partono dai processi sopraorbitali anteriori e si uniscono nella parte mediana posteriore formando una singola cresta sagittale. La cresta nucale è costituita da un'espansione lobata localizzata attorno all'Inion. La formula dentaria della volpe rossa è la seguente I 3/3, C 1/1, P 4/4, M2/3, per un totale di 42 denti (Geptner et al. 1988; Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996; Wang et al. 2004). Si tratta di una dentizione tipica dei canidi non ridotta, rispetto ad altre famiglie di carnivori, similmente al morfotipo ancestrale dei carnivori (Wang et al. 2004).

La **volpe artica** (*Vulpes lagopus*) è un piccolo canide caratterizzato da una serie di caratteri legati all'adattamento ad ecosistemi artici. Tra queste spiccano gli arti corti, un muso raccorciato, le orecchie arrotondate e gli autopodi completamente ricoperti di pelo. Inoltre, la volpe artica è dotata di una pelliccia isolante e fitta, costituita da un pelo di borra molto denso, che in inverno viene ricoperto da un pelo di giarra più lungo. Questa specie si presenta con due morfotipi di colorazione. Il morfotipo bianco, durante l'inverno, è caratterizzato da una pelliccia completamente bianca ad eccezione di una porzione più scura lungo il dorso e all'apice della coda. Durante l'estate, con la muta, predomina una colorazione più bruna che rimane biancastra attorno al collo, sui fianchi e sul ventre. Il morfotipo blu, invece, presenta una colorazione bruna-blu durante l'inverno, che, con la muta estiva diventa totalmente bruna. Il morfotipo bianco è quello più frequente, siccome quello blu rappresenta meno dell'1% della totalità degli individui, proporzione che può variare localmente. La volpe artica raggiunge in media delle dimensioni di  $53 \pm 4$  cm per i maschi adulti, mentre per le femmine adulte  $51 \pm 4$  cm, rispettivamente la coda misura mediamente  $28 \pm 5$  cm e  $27 \pm 4$  cm. Per quanto riguarda la massa corporea, si aggira attorno ai 3-5 Kg. I maschi risultano di dimensioni maggiori delle femmine, inoltre, le dimensioni tendono ad aumentare alle latitudini minori (Geptner et al. 1988; Audet et al. 2002; Norén et al. 2023). Il cranio della volpe artica è meno allungato ed evidenzia una regione interorbitale più elevata rispetto al cranio di una volpe rossa, il muso va ad allargarsi in maniera evidente a livello dei canini e la cresta nucale risulta smussata posteriormente (Audet et al. 2002; Bartolini Lucenti & Madurell-Malapeira, 2020). Come in *Vulpes vulpes*, la formula dentaria di *Vulpes lagopus* non è ridotta ed è costituita da 42 denti: I 3/3, C 1/1, P 4/4, M2/3 (Audet et al. 2002; Wang et al. 2004; Norén et al. 2023).

### 1.3 Ciclo vitale

La volpe rossa è un animale monoestrale e monogamo stagionalmente, il periodo degli accoppiamenti dura da dicembre ad aprile e la gestazione dura 52 giorni circa. La cucciolata può raggiungere i 12 piccoli, anche se la dimensione dipende dalla disponibilità di cibo e dall'età della madre. Gli occhi dei piccoli si aprono dopo tre settimane dalla nascita, età alla quale iniziano ad essere in grado di spostarsi autonomamente. Dopo 14 o 16 settimane, i piccoli iniziano a disperdersi e ai 10 mesi raggiungono la maturità sessuale. I maschi contribuiscono alle cure parentali ed i genitori rimangono con i piccoli fino al completo svezzamento. L'aspettativa di vita per questa specie arriva a circa 8 anni in natura (Geptner et al. 1988; Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996).

La volpe artica è anch'essa un animale monoestrale e monogamo per tutta la vita, gli accoppiamenti avvengono tra febbraio e maggio e la gestazione dura per un periodo di 51 o 54 giorni. La cucciolata

è costituita mediamente da 5 piccoli, anche se la dimensione può variare notevolmente, ad esempio, sulla base della disponibilità di cibo. Le orecchie e gli occhi dei piccoli si aprono dopo 14 o 16 giorni. La dentizione da latte compare alla terza o alla quarta settimana, per poi essere sostituita da quella permanente entro la fine dell'estate. Alla terza o alla quarta settimana, i piccoli iniziano ad uscire dalla tana e diventano indipendenti dopo 12 o 14 settimane. Infine, la maturità sessuale viene raggiunta attorno ai 10 mesi di vita, nonostante ciò, la maggior parte delle femmine si riproduce la prima volta a 1 o 2 anni, in base alla densità di popolazione. L'aspettativa di vita di questa specie in natura va dai 7 agli 11 anni (Audet et al. 2002; Norén et al. 2023).

## 1.4 Ecologia ed etologia

La volpe rossa è una specie che vive in una grande varietà di habitat: i deserti semi-aridi, la tundra, le zone agricole, le foreste boreali; in particolare sono favoriti gli ambienti frammentati rispetto a quelli più omogenei. La dieta di questo animale è molto varia, caratterizzata da una componente animale rappresentata da piccoli mammiferi, lagomorfi, sciuridi, giovani di capriolo, uccelli, uova, rettili, pesci, insetti e lombrichi; e da una componente vegetale costituita da frutti e semi. Inoltre, parte dell'alimentazione sono i rifiuti umani. Le cause di morte di questa specie sono legate alla predazione da parte di altri animali come lupi (*Canis lupus*), linci (*Lynx lynx*) e cani domestici (*Canis familiaris*), ma un ruolo importante è rappresentato dall'uomo a causa della caccia e delle *roadkills*. La volpe rossa ha un'elevata mobilità. Le tane si trovano spesso in terreni sabbiosi, pascoli o terreni agricoli, con più ingressi e tunnel fino a 22,5 m di lunghezza. Questa specie è principalmente notturna, ma le femmine possono essere più attive durante il giorno quando allevano i cuccioli. Riposano in aree sopraelevate o talvolta in tane sotterranee. La comunicazione avviene attraverso la mimica facciale, vocalizzazioni e marcature olfattive con l'urina (Geptner et al. 1988; Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996).

La volpe artica abita gli ecosistemi artici e sub-artici di tundra, o comunque al di sopra del limite degli alberi. La dieta di questa specie è principalmente carnivora, rappresentata da roditori come i lemming, lagomorfi, renne, pesci, uccelli, invertebrati, uova e carcasse, come quelle di foche legate al pasto di orsi polari (*Ursus maritimus*). I predatori naturali sono l'aquila reale (*Aquila chrysaetos*) e altri uccelli rapaci (es. *Buteo* sp., *Bubo* sp.), l'orso polare (*Ursus maritimus*), la volpe rossa (*Vulpes vulpes*), il lupo (*Canis lupus*) e il ghiottone (*Gulo gulo*). Altre cause di morte rilevanti sono legate alle attività umane, come la caccia, oppure i cani domestici (*Canis familiaris*). La volpe artica ha grandi capacità di dispersione, dimostrata anche tramite grandi spostamenti sul ghiaccio marino. Questo animale utilizza tane molto profonde dotate di numerose entrate, che possono essere utilizzate

anche da generazioni successive. Il periodo di attività di questa specie si concentra all'alba ed al crepuscolo. Infine, la volpe artica emette diverse tipologie di vocalizzazioni (Geptner et al. 1988; Audet et al. 2002; Norén et al. 2023).

## 1.5 Distribuzione

La volpe rossa, oggi, è distribuita in Europa e in Russia, ma non penetra nell'interno della tundra o nell'estremo nord della Siberia. È presente anche in Afghanistan, Algeria, Arabia, Asia Minore, Cina, Indocina, Cipro, Egitto, India, Iraq, Giappone, Libia, Manciuria, Mongolia, Marocco, Palestina, Persia e Tibet. In Nord America, si trovano in tutto il Canada e negli Stati Uniti, eccetto alcune parti dell'artico, la regione costiera atlantica meridionale, il deserto sudoccidentale, la regione costiera del Pacifico e alcune aree delle Grandi Pianure centro-meridionali. Le volpi rosse furono introdotte in Australia nel 1868 e si sono diffuse in gran parte del continente (Geptner et al. 1988; Larivière & Pasitschniak-Arts, 1996).

La volpe artica, in Europa, è distribuita in Islanda, Norvegia, Svezia e Finlandia nelle aree montane sopra il limite degli alberi. In Russia europea, sono distribuite dalla Penisola di Kola lungo la costa fino alla Penisola di Yamal. Il loro areale include anche la parte asiatica della Siberia, la Danimarca, il Canada e gli Stati Uniti. Il limite meridionale della distribuzione della specie è legato al limite locale degli alberi. Inoltre, data la capacità di disperdere anche sul ghiaccio marino, l'areale

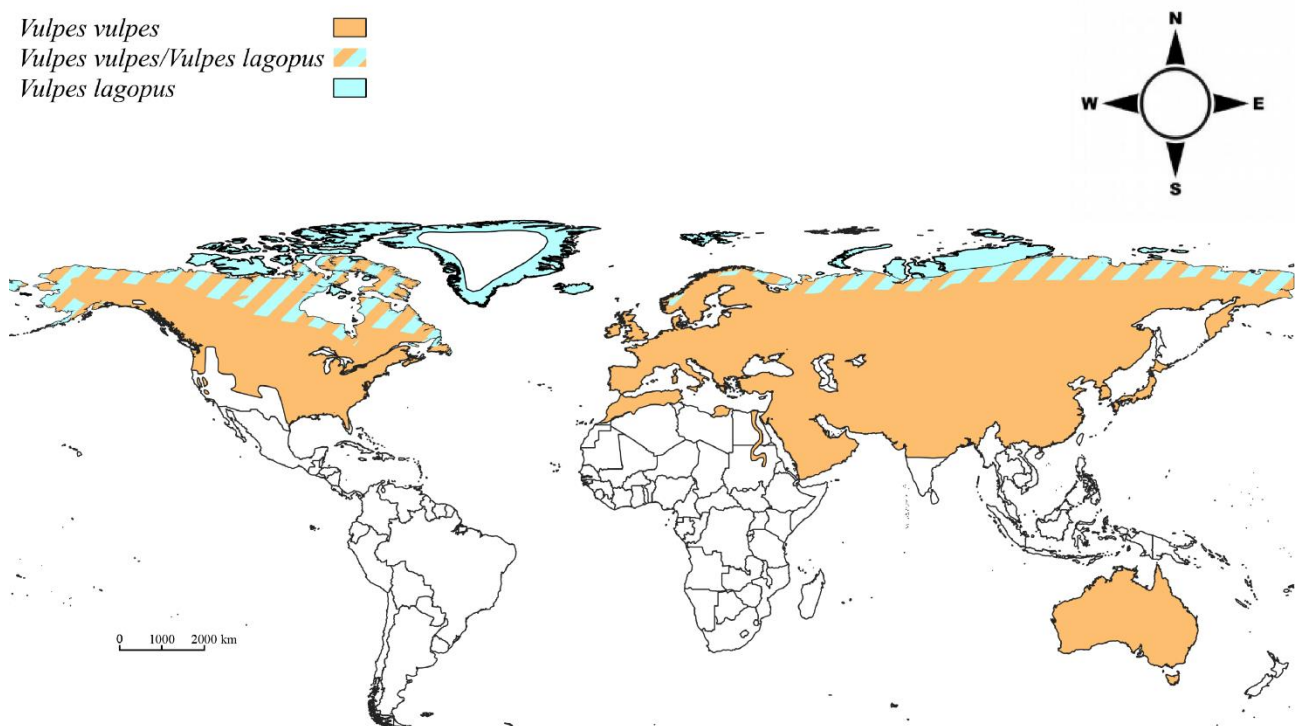


Fig. 1.2: Distribuzione areale della volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e della volpe artica (*Vulpes lagopus*) (Cartografia realizzata con QGIS 3.34.9).

comprende isole artiche come l'Islanda, le Svalbard, Jan Mayen, la Terra di Francesco Giuseppe, Novaja Zemlja, Severnaja Zemlja, le Isole della Nuova Siberia, l'Isola di Wrangel e tutte le isole artiche canadesi. Nel Mare di Bering, le volpi artiche occupano le Isole del Comandante, ossia l'Isola di Mednyi e l'Isola di Bering, e le Isole Pribilof (Geptner et al. 1988; Audet et al. 2002; Norén et al. 2023).

## Capitolo 2 – Il Buco del Frate

Il Buco del Frate è una grotta situata nel comune di Prevalle (BS). Si apre a 253 m s.l.m. ed è inventariata come “Lo BS 1” nel Catasto Speleologico Lombardo. Questo sito è localizzato nel cosiddetto “Carso Bresciano”, ovvero, le Prealpi tra la sponda occidentale del Lago di Garda e la città di Brescia. Si tratta di un’area caratterizzata principalmente da affioramenti di calcari mesozoici che hanno permesso lo sviluppo di fenomeni carsici in superficie ed in profondità, generando un sistema complesso di grotte e doline, ad oggi in parte ancora inesplorate. Queste, nel corso di centinaia di migliaia di anni, hanno funzionato come trappole sedimentarie accumulando sedimenti e resti fossili a partire dal Pleistocene Medio. La grotta (Fig. 2.1) è caratterizzata da due ingressi dai quali dipartono

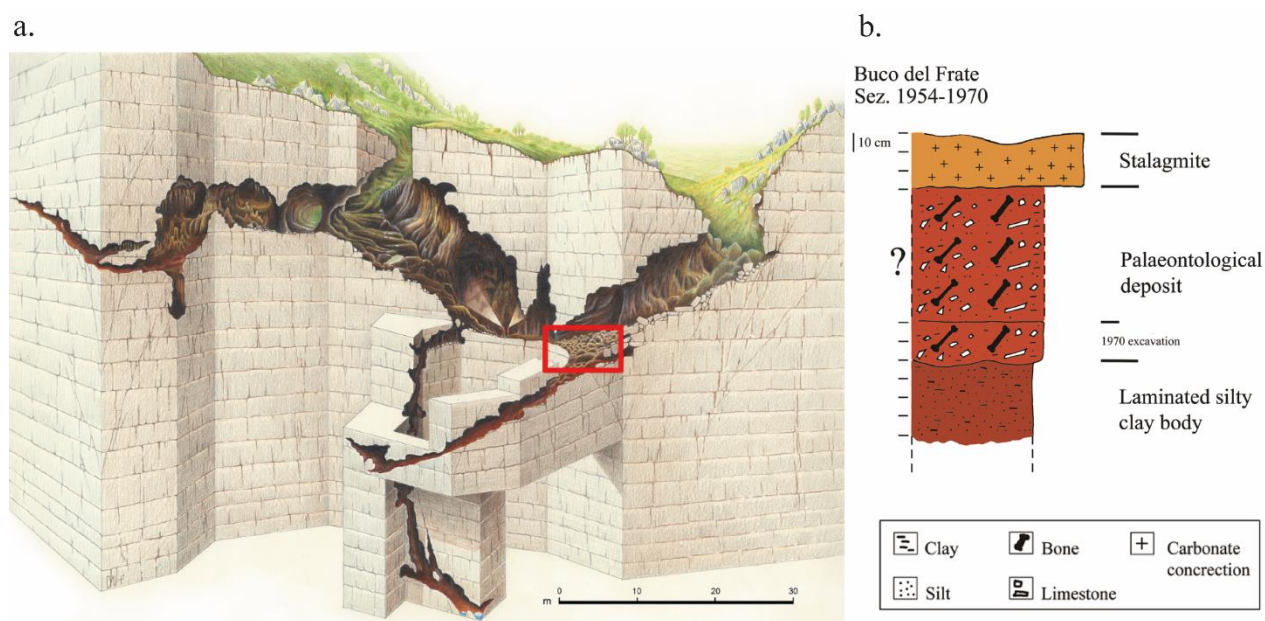


Fig. 2.1 - a. Planimetria del Buco del Frate, il riquadro rosso indica la zona della grotta dove è stato raccolto il materiale fossile (illustrazione di Dante Vailati).

b. Sezione stratigrafica del deposito fossilifero. Il “?” si riferisce al fatto che non ci sono informazioni precise relative allo spessore dello strato prima dell’ultimo scavo risalente al 1970 (modificato da Bona et al. 2023).

due passaggi discendenti, funzionanti da inghiottitoi, i quali si incontrano all’incirca verso la metà del segmento principale. Il deposito è caratterizzato da sedimento clastico, argilloso, costituito da terre rosse che riempiono gli spazi lasciati da grandi blocchi di distacco crollati dalla volta. Le prime pubblicazioni sui resti paleontologici risalgono al 1926, quando i membri del Gruppo Grotte Brescia e del Gruppo Grotte Cremona riferirono la presenza di resti di orso delle caverne (*Ursus spelaeus*). Nello stesso anno, fu Ardito Desio a recuperare ossa fossili, studiate poi da Airaghi presso il Museo Civico di Storia Naturale di Milano. Tuttavia, il materiale rinvenuto e depositato nel Museo Meneghino fu distrutto durante i bombardamenti di Milano del 1943, impedendo un’analisi tafonomica moderna. Solo nel 1954, con l’avvio delle attività del Gruppo Grotte Gavardo (GGG), fu scoperto il deposito principale, da cui proviene la maggior parte dei fossili conosciuti. Gli appunti

lasciati dal GGG permettono di ipotizzare la stratigrafia del deposito (Bona et al. 2023) (Fig. 2.1): a, crosta stalagmitica spessa dai 20 cm ai 30 cm; b, livello fossilifero che poteva superare il metro di spessore, mentre raggiungeva i 20-25 cm nelle parti marginali; c, livello inferiore con spessore ignoto ed è costituito da argilla limosa sterile, finemente laminata. Da un punto di vista tafonomico, i reperti fossili rinvenuti sono spesso caratterizzati dalla presenza di una patina scura mangesifera-fosfatica, dovuta ai residui della decomposizione dei tessuti molli. Inoltre, il fatto che queste patine rivestano anche le argille vicine alle ossa indica che il processo di decomposizione avveniva in situ (Pasa, 1958). Le faune a macromammiferi rinvenute presso il Buco del Frate sono state elencate da Pasa (1958) e Simoni (1971) e sono riportate in Tab. 1. Le specie più frequenti risultano *Ursus spelaeus*, il lupo (*Canis lupus*), la volpe (*Vulpes vulpes*) e la marmotta (*Marmota marmota*), mentre gli erbivori sono piuttosto scarsi. Molto interessante è il rinvenimento di due crani ben conservati attribuiti al ghiottone (*Gulo gulo*), di reperti di *Marmota marmota* e la presenza di bisonte delle steppe (*Bison priscus*), indici di un clima glaciale, in associazione con forme tipiche di climi più temperati quali il cervo rosso (*Cervus elaphus*) e la iena (*Crocota crocota spelaea*) (Pasa, 1958; Bona et al. 2023). Inoltre, il ritrovamento di una mandibola di castoro (*Castor fiber*) è indice di acque ruscellanti (Pasa, 1958). La datazione al  $^{14}\text{C}$  di un dente di *Canis lupus* ha restituito un esito di 41,130 - 40,465 cal. BC (LTL22178 – CEDAD Lecce), attribuendo il livello fossilifero alla seconda metà del MIS3 (Marine Isotope Stages). Lo studio della fauna a micromammiferi (Tab. 2) ha permesso di interpretare le

| Specie                         | Pasa (1958) | Simoni (1971) |
|--------------------------------|-------------|---------------|
| <b>Carnivora</b>               |             |               |
| <i>Canis lupus</i>             | x           | x             |
| <i>Crocota crocota spelaea</i> | x           | x             |
| <i>Gulo gulo</i>               | x           | x             |
| <i>Martes martes</i>           | x           |               |
| <i>Meles meles</i>             |             | x             |
| <i>Mustela putorius</i>        | x           |               |
| <i>Ursus arctos</i>            | x           |               |
| <i>Ursus spelaeus</i>          | x           | x             |
| <i>Vulpes vulpes</i>           | x           | x             |
| <b>Artiodactyla</b>            |             |               |
| <i>Bison priscus</i>           | x           | x             |
| <i>Cervus elaphus</i>          | x           | x             |
| <i>Bos primigenius?</i>        | x           |               |
| <b>Rodentia</b>                |             |               |
| <i>Castor fiber</i>            | x           | x             |
| <i>Marmota marmota</i>         | x           | x             |
| Small-mammals                  | x           | x             |
| <b>Aves</b>                    |             | x             |

Tab 2.1 – Lista della fauna a macromammiferi del Buco del Frate (modificata da Bona et al. 2023).

condizioni paleoambientali e paleoclimatiche dell'area del Buco del Frate, confermando l'attribuzione del materiale fossile alla seconda metà del MIS3. Un clima più steppico è testimoniato da forme come *Microtus (M.) arvalis*, *Microtus (M.) agrestis*, *Myotis myotis*, *Myotis blythii*. Tra i micromammiferi è *Arvicola amphibius* a provare la presenza di acqua; mentre *Chionomys nivalis* è legato all'esposizione di rocce carsiche. Risultano scarsi *Apodemus* gr. *silvaticus/flavicollis* e *Clethrionomys glareolus*, indici vegetazione cespugliosa e arborea. L'ambiente dell'area del Buco del Frate era assimilabile ad una taiga aperta caratterizzata da scarsa copertura vegetale, corsi d'acqua e rocce esposte. Le temperature e le precipitazioni erano più ridotte rispetto all'attuale, favorendo la formazione di un tipo di ambiente come quello sovraesposto. L'associazione faunistica, rinvenuta presso il Buco del Frate, consente di ipotizzare che il deposito originale, prima della deposizione dei blocchi di crollo, fosse costituito da due livelli, testimoni della transizione da climi più freddi ad un intervallo più temperato o viceversa. La presenza umana presso questo sito è incerta, ma la grotta potrebbe essere stata conosciuta dall'uomo in tempi antichi, grazie anche ai due grossi ingressi che ne facilitavano l'accesso.

| Specie                                        | N   | N%    | MNI | MNI% R+E | MNI % |
|-----------------------------------------------|-----|-------|-----|----------|-------|
| <b>Rodentia</b>                               |     |       |     |          |       |
| <i>Arvicola amphibius</i>                     | 139 | 30,68 | 28  | 19,58    | 17,83 |
| <i>Microtus (Microtus) arvalis</i>            | 75  | 16,56 | 41  | 28,67    | 26,11 |
| <i>Microtus (Microtus) agrestis</i>           | 36  | 7,95  | 23  | 16,08    | 14,65 |
| <i>Microtus (M.) arvalis/agrestis</i>         | 6   | 1,32  | 4   | 2,80     | 2,55  |
| <i>Microtus (Terricola) cf. savii</i>         | 6   | 1,32  | 5   | 3,50     | 3,18  |
| <i>Microtus (Alexandromys) oeconomus</i>      | 3   | 0,66  | 2   | 1,40     | 1,27  |
| <i>Clethrionomys glareolus</i>                | 7   | 1,55  | 4   | 2,80     | 2,55  |
| <i>Chionomys nivalis</i>                      | 21  | 4,64  | 10  | 6,99     | 6,37  |
| <i>Microtus</i> sp.                           | 61  | 13,47 |     |          | 0,00  |
| <i>Apodemus (Silvaemus) gr. silv.-flavic.</i> | 18  | 3,97  | 8   | 5,59     | 5,10  |
| <b>Eulipotyphla</b>                           |     |       |     |          |       |
| <i>Talpa europaea</i>                         | 39  | 8,61  | 12  | 8,39     | 7,64  |
| <i>Crocidura leucodon</i>                     | 1   | 0,22  | 1   | 0,70     | 0,64  |
| <i>Neomys</i> sp.                             | 1   | 0,22  | 1   | 0,70     | 0,64  |
| <i>Sorex araneus</i>                          | 4   | 0,88  | 3   | 2,10     | 1,91  |
| <i>Suncus etruscus</i>                        | 1   | 0,22  | 1   | 0,70     | 0,64  |
| Rodentia+Eulipotyphla                         | 418 |       | 143 | 100      |       |
| <b>Chiroptera</b>                             |     |       |     |          |       |
| <i>Myotis blythii</i>                         | 21  | 4,64  | 9   |          | 5,73  |
| <i>Myotis myotis</i>                          | 1   | 0,22  | 1   |          | 0,64  |
| <i>Myotis nattereri</i>                       | 2   | 0,44  | 2   |          | 1,27  |
| <i>Myotis blythii /myotis</i>                 | 8   | 1,77  |     |          |       |
| Chiroptera indet.                             | 3   | 0,66  | 2   |          | 1,27  |
| Tot.                                          | 453 | 100   | 157 |          | 100   |

Tab 2.2 - Lista della fauna a micromammiferi del Buco del Frate (modificata da Bona et al. 2023).

### Capitolo 3 – Materiali e metodi

Il presente lavoro di tesi si concentra sullo studio del materiale fossile attribuito a *Vulpes* sp. rinvenuto presso il sito paleontologico di Buco del Frate (Prevalle, BS) (Fig. 3.2, Allegato 1) e conservato presso il Museo Archeologico della Valle Sabbia (MAVS) (Gavardo, BS). Il campione è costituito da 497 reperti fossili attribuiti in larga parte alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*) ad eccezione di cinque elementi scheletrici di dimensioni ridotte, che sono più verosimilmente attribuibili a un piccolo canide, la volpe

| Elementi scheletrici | NRI |        | <i>Vulpes vulpes</i> |       | Tracce di predazione |     | <i>Vulpes lagopus</i> |     |
|----------------------|-----|--------|----------------------|-------|----------------------|-----|-----------------------|-----|
|                      | NR  | %      | Giovanili            |       |                      |     | NRI                   |     |
|                      | NR  | %      | NR                   | %     | NR                   | %   | NR                    | %   |
| Cranio               | 14  | 2.85   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Mascellare           | 8   | 1.63   | 1                    | 5.88  |                      |     |                       |     |
| Emimandibola         | 28  | 5.69   | 2                    | 11.76 |                      |     |                       |     |
| Denti                | 48  | 9.76   |                      |       |                      |     | 1                     | 20  |
| Vertebre             | 135 | 27.44  | 2                    | 11.76 | 1                    | 100 |                       |     |
| Costa                | 2   | 0.41   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Scapola              | 8   | 1.63   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Omero                | 46  | 9.35   | 4                    | 23.53 |                      |     | 1                     | 20  |
| Radio                | 11  | 2.24   | 1                    | 5.88  |                      |     |                       |     |
| Ulna                 | 17  | 3.46   |                      |       |                      |     |                       |     |
| I Metacarpale        | 1   | 0.20   |                      |       |                      |     |                       |     |
| II Metacarpale       | 6   | 1.22   |                      |       |                      |     |                       |     |
| III Metacarpale      | 7   | 1.42   | 2                    | 11.76 |                      |     |                       |     |
| IV Metacarpale       | 8   | 1.63   |                      |       |                      |     |                       |     |
| V Metacarpale        | 7   | 1.42   | 1                    | 5.88  |                      |     |                       |     |
| Coxale               | 20  | 4.07   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Baculum              | 1   | 0.20   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Sacro                | 4   | 0.81   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Femore               | 19  | 3.86   | 2                    | 11.76 |                      |     | 1                     | 20  |
| Tibia                | 24  | 4.88   |                      |       |                      |     | 1                     | 20  |
| Astragalo            | 4   | 0.81   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Calcagno             | 4   | 0.81   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Cuboide              | 1   | 0.20   |                      |       |                      |     |                       |     |
| II Metatarsale       | 13  | 2.64   | 1                    | 5.88  |                      |     |                       |     |
| III Metatarsale      | 10  | 2.03   | 1                    | 5.88  |                      |     | 1                     | 20  |
| IV Metatarsale       | 11  | 2.24   |                      |       |                      |     |                       |     |
| V Metatarsale        | 6   | 1.22   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Falange I            | 8   | 1.63   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Falange II           | 7   | 1.42   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Falange III          | 3   | 0.61   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Indeterminati        | 11  | 2.24   |                      |       |                      |     |                       |     |
| Totale               | 492 | 100.00 | 17                   | 100   | 1                    | 100 | 5                     | 100 |

Tab. 3.1: Tabella riassuntiva del numero dei reperti di volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e volpe artica (*Vulpes lagopus*) (In “Cranio” sono inclusi i crani e le ossa craniche isolate). NRI: numero di reperti identificati; NR: numero di reperti. (In “Cranio” sono inclusi i crani e le ossa craniche isolate).

artica (*Vulpes lagopus*) (Tab. 3.1, Allegato 1). Le ossa di questa specie, infatti, sono morfologicamente molto simili a quelle della volpe rossa, pur essendo tendenzialmente di dimensioni minori, nonostante la loro variabilità dimensionale possa parzialmente sovrapporsi a quella della volpe rossa (Ballesio, 1979; Altuna, 2004; Germonpre & Sablin, 2004; Monchot & Gendron, 2010).

Il calcolo del numero minimo di individui (NMI) è stato effettuato valutando l'elemento scheletrico più rappresentato, il suo *siding* e infine la presenza di individui giovanili. Per quanto riguarda la volpe rossa l'elemento scheletrico più rappresentato risulta l'omero destro, con un NMI pari a 35. Per questa specie sono stati rinvenuti 17 ossa attribuibili ad esemplari giovanili, data la presenza di denti decidui e la mancata fusione delle epifisi con la diafisi nelle ossa lunghe. Infine, è stato possibile riconoscere una sola traccia di predazione o di sfruttamento della carcassa sulle ossa di volpe rossa, in particolare un *puncture* su una vertebra lombare.

La volpe artica risulta rappresentata in maniera certa da un omero sinistro (BdF1915) (Fig. 4.1 e 6.1.2), un femore sinistro (BdF1963) (Fig. 4.2 e 6.1.3), una tibia destra (BdF3151) (Fig. 4.3 e 6.1.4), un terzo metatarsale destro (BdF1276) (Fig. 6.1.5) e un primo molare superiore (M<sup>1</sup>) (Fig. 6.1.1) sinistro (BdF1246), ne risulta un NMI pari a 1 (Tab. 3.1).

I reperti, già catalogati, sono stati misurati tramite l'utilizzo di un calibro seguendo gli standard proposti da von den Driesch (1976) per i diversi elementi scheletrici, descritti di seguito (Allegato 2).

- Cranio: lunghezza totale (1), lunghezza condilobasale (2), lunghezza basale (3), asse basicraniale (4), asse basifacciale (5), lunghezza del neurocranio (6), lunghezza del neurocranio superiore (7), lunghezza del viscerocranio (8), lunghezza facciale (9), lunghezza massima dei nasali (10), lunghezza della cavità cranica (11), lunghezza del muso (12), lunghezza mediale del palato (13), lunghezza palatale (13a), lunghezza orizzontale del palatino (14), lunghezza orizzontale del palatino corrispondente alla misura 13a (14a), lunghezza dei denti jugali (15), lunghezza dei molari (16), lunghezza dei premolari (17), lunghezza del carnassiale (P<sup>4</sup>) (18), larghezza massima del carnassiale (P<sup>4</sup>) (18a), lunghezza dell'alveolo del carnassiale (P<sup>4</sup>) (19), lunghezza del M<sup>1</sup> (20), larghezza del M<sup>1</sup> (20a), lunghezza del secondo molare superiore (M<sup>2</sup>) (21), larghezza del M<sup>2</sup> (21a), diametro massimo della bulla timpanica (22), larghezza mastoidea massima (23), larghezza dorsale del meato acustico esterno (24), larghezza massima dei condili occipitali (25), larghezza massima dei processi paraoccipitali (26), larghezza massima del forame magno (27), altezza del forame magno (28), larghezza massima del neurocranio (29), larghezza zigomatica (30), larghezza minima del cranio (31), larghezza frontale (32), larghezza minima tra le orbite (33), larghezza palatale massima (34), larghezza palatale minima (35), larghezza tra gli alveoli dei canini

- (36), altezza massima delle orbite (37), altezza del cranio (38), altezza del cranio senza cresta sagittale (39), altezza del triangolo occipitale (40) (Fig. 3.1);
- Emimandibola: lunghezza massima (1), lunghezza dal processo angolare all'infradentale (2), lunghezza dall'indentazione tra il processo condilare e il processo angolare all'infradentale (3), lunghezza dal processo condilare al margine aborale dell'alveolo del canino (4), lunghezza dall'indentazione tra il processo condilare e il processo angolare al margine aborale dell'alveolo del canino (5), lunghezza tra il processo angolare e il margine aborale dell'alveolo del canino (6), lunghezza dal margine aborale dell'alveolo del terzo molare inferiore (M<sub>3</sub>) al margine aborale dell'alveolo del canino (7), lunghezza dei denti mandibolari dal M<sub>3</sub> al primo premolare inferiore (P<sub>1</sub>) (8), lunghezza dei denti mandibolari dal M<sub>3</sub> al secondo premolare inferiore (P<sub>2</sub>) (9), lunghezza dei molari (10), lunghezza dei premolari dal P<sub>1</sub> al quarto premolare inferiore (P<sub>4</sub>) (11), lunghezza dei premolari dal P<sub>2</sub> al quarto premolare inferiore (P<sub>4</sub>) (12), lunghezza del carnassiale (M<sub>1</sub>) (13), larghezza del carnassiale (M<sub>1</sub>) (13a), lunghezza dell'alveolo del carnassiale (M<sub>1</sub>) (14), lunghezza del secondo molare inferiore (M<sub>2</sub>) (15), larghezza del M<sub>2</sub> (15a), lunghezza del terzo molare inferiore (M<sub>3</sub>) (16), larghezza del M<sub>3</sub> (16a), massimo spessore del corpo della mandibola (17), altezza del ramo verticale (18), altezza della mandibola prima del carnassiale (19), altezza della mandibola tra il P<sub>2</sub> e il terzo premolare inferiore (P<sub>3</sub>) (20);
  - Scapola: altezza (HS), altezza diagonale (DHA), lunghezza dorsale (Ld), lunghezza minima del *collum scapulae* (SLC), lunghezza massima del *processus articularis* (GLP), lunghezza della cavità glenoidea (LG), larghezza della cavità glenoidea (BG);
  - Omero: lunghezza massima (GL), lunghezza massima dalla testa (GLC), spessore dell'estremità prossimale (Dp), minimo spessore della diafisi (SD), larghezza dell'estremità distale (Bd);
  - Radio: lunghezza massima (GL), larghezza dell'estremità prossimale (BP), minimo spessore della diafisi (SD), larghezza dell'estremità distale (Bd);
  - Ulna: lunghezza massima (GL), larghezza lungo il *processus acoronaeus* (DPA), minimo spessore dell'olecrano (SDO), larghezza lungo il processo coronoide (BPC);
  - Coxale: lunghezza massima (GL), lunghezza dell'acetabolo incluso il margine (LA), lunghezza dell'acetabolo escluso il margine (LAR), altezza minima dell'ileo (SH), larghezza minima dell'ileo (SB), circonferenza minima dell'ileo (SC), lunghezza del forame otturatorio (LFo), larghezza massima tra i *tubera coxarum* (GBTc), larghezza massima tra gli acetaboli (GBA), larghezza massima tra i *tubera ischiatica* (GBTi), larghezza minima tra i corpi degli ischi (SBI);

- Femore: lunghezza massima dalla testa (GLC), larghezza dell'estremità prossimale (BP), spessore della testa del femore (DC), larghezza minima della diafisi (SD), circonferenza della diafisi (CD), larghezza dell'estremità distale (Bd);
- Tibia: lunghezza massima (GL), larghezza dell'estremità prossimale (Bp), larghezza minima della diafisi (SD), circonferenza della diafisi (CD), larghezza dell'estremità terminale (Bd);
- Metapodiali: lunghezza massima (GL), larghezza dell'estremità distale (Bd).

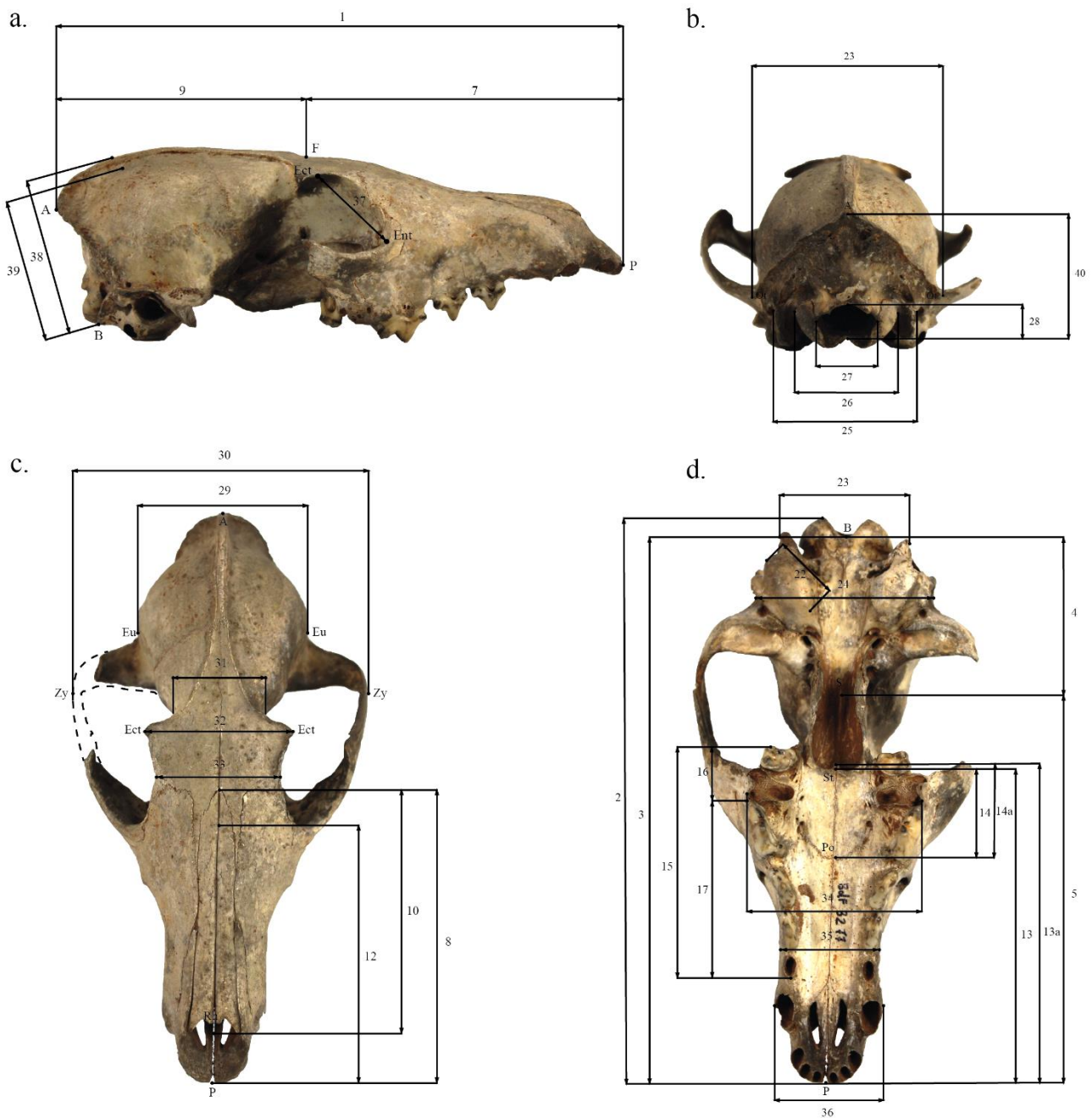


Fig. 3.1 - Illustrazione delle misure effettuate sui crani e sulle ossa craniche delle volpi fossili del Buco del Frate e delle volpi, sia attuali che fossili, utilizzate come confronto. In figura è riportato il cranio fossile di Buco del Frate, denominato "BdF - 3277" in visione laterale (a), superiore (b), inferiore (c) e caudale (d).

In aggiunta a queste misure standard, sono stati rilevati la lunghezza (L) e la larghezza (B) di ciascun dente, sia isolato che ancora nel rispettivo alveolo.

La valutazione dell'attribuzione di alcuni reperti alla volpe artica (*Vulpes lagopus*) è stata resa possibile grazie al confronto dimensionale con elementi scheletrici attribuiti a questa specie e alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*), provenienti da altri siti paleontologici (Fig. 3.2), le cui misure sono riportate in letteratura.

Le misure di lunghezza e di larghezza di due denti, un P<sup>4</sup> e un M<sup>1</sup>, provenienti dalla Grotta Maggiore di San Bernardino (Mossano, VI) (Cassoli & Tagliacozzo, 1994) (indicati con “SB” nel testo e in Allegato 2), sono state considerate per questo studio. Si tratta di reperti catalogati come “*Vulpes vulpes* di dimensioni medio-piccole”. La Grotta Maggiore di San Bernardino è situata nella municipalità di Mossano (VI) (Fig. 3.2), si apre sul versante orientale dei Colli Berici a 135 m s.l.m. La sequenza stratigrafica ha uno spessore di 4,5 metri, comprende otto unità stratigrafiche con giacitura sub-orizzontale e ricopre un intervallo temporale che va dal MIS 7 al MIS 3 (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Lopez-García et al. 2017; Peresani, 2019; De Lorenzi et al. 2024). La datazione del sito tramite i metodi di U/Th e ESR su ossa e denti di erbivori, ha restituito un'età che va da 214.000 anni a 35.000±4.000 anni fa. I reperti di volpe di Grotta Maggiore di San Bernardino provengono dai livelli II (38.000 ± 5000 – 35.000 ± 4000 anni fa), IV (83.000 ± 18.000 anni fa), V (108.000 ± 15.000 anni fa) e VI (133.000 ± 43.000 anni fa) (Lopez-García et al. 2017; Peresani, 2019).

Le misure di 32 ossi provenienti dalla Grotta di Fumane (Fumane, VR) (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al. 2013; Romandini et al. 2016; Romandini et al. 2018), sono state utilizzate in questo lavoro. Tra queste, due emimandibole, una scapola, due omeri, tre ulne, tre radi, un coxale, due femori, sette metapodiali, un P<sup>4</sup>, un M<sup>1</sup> e un M<sub>1</sub>, appartengono alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*) (indicati con “RF” nel testo e in Allegato 2). Alla volpe artica (*Vulpes lagopus*) sono attribuiti un'ulna, un radio e un coxale (Allegato 2). Infine, un'emimandibola, tre metapodiali e un femore sono identificati a livello di genere come *Vulpes* sp (Allegato 2). La Grotta di Fumane è un sito archeologico preistorico situato lungo la strada che congiunge i comuni di Fumane e Breonio (Fig. 3.2), in provincia di Verona (VR), ad una quota di circa 350 m s.l.m. nella porzione meridionale delle Prealpi Venete. Questa località ha registrato una sequenza data che va dal Paleolitico Medio all'inizio del Paleolitico Superiore iniziale, coprendo un periodo di tempo di circa 80.000 anni dal *Marine*

Isotope Stage (MIS) 5 al MIS 2 (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al. 2013; Lembo et al. 2020).

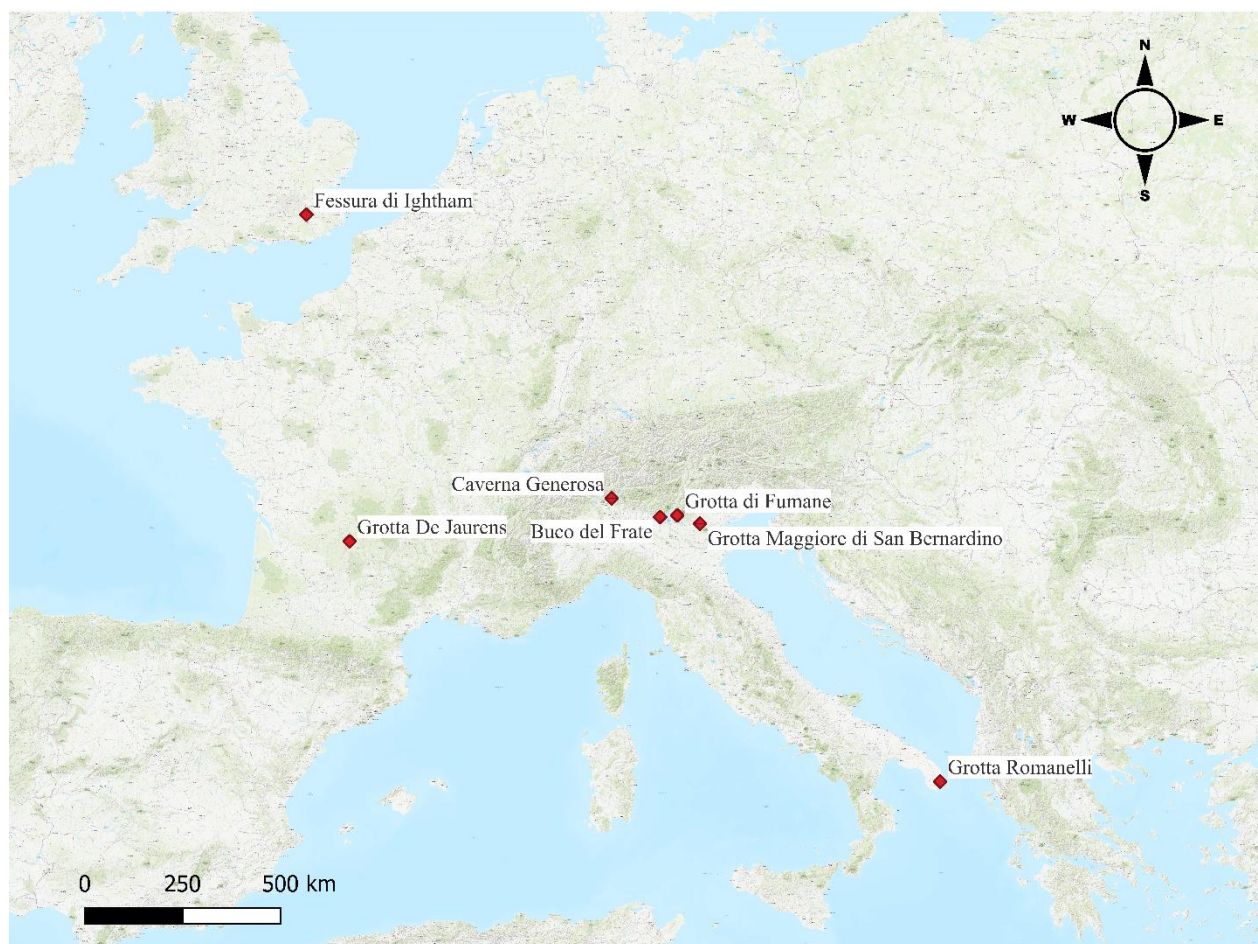


Fig. 3.2 - Rappresentazione geografica dei siti fossiliferi il quale materiale fossile di volpe è stato utilizzato in questo lavoro di tesi (Cartografia realizzata con QGIS 3.34.9).

Un totale di sei reperti fossili provenienti dalla Caverna Generosa (Valle Intelvi, CO), sono stati inclusi in questo studio come confronto. Si tratta di un radio sinistro, un'ulna sinistra e quattro metapodiali tutti attribuiti alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*) (indicati con "MG-NO" nel testo e in Allegato 2). La Caverna Generosa è un sito fossilifero situato sul versante italiano del Monte Generoso (1701 m s.l.m.) presso il comune di Valle Intelvi (CO) a 1450 m s.l.m (Fig. 3.2). Dall'ingresso si riconoscono tre principali zone: un tunnel iniziale stretto conosciuto come "Cunicolo", una piccola sala detta "Saletta" e una sala più grande chiamata "Sala Terminale" (Bona 2005; Bona et al. 2009; Sessa et al. 2021). I depositi sedimentari della Caverna Generosa sono stati datati attraverso l'analisi al  $^{14}\text{C}$  di vari resti ossei provenienti da diverse parti della grotta. La datazione di elementi osteologici di *Ursus spelaeus* dei primi sei livelli stratigrafici della "Sala Terminale" ha rivelato un'età compresa tra circa 50.000 anni a.C. e circa 38.000 anni BC. Ulteriori ossa di orso delle caverne provenienti dai livelli stratigrafici del "Cunicolo" sono state datate tra 40.129 anni a.C. e 34.988 anni a.C. (Sessa et al. 2021).

Tra il materiale fossile rinvenuto presso la Grotta De Jaurens (Nespouls, Francia), sono segnalati alcuni reperti attribuiti alla volpe artica (*Vulpes lagopus*). Ballesio (1979) pubblica alcune misure relative a questi elementi scheletrici, in particolare quelle di un M<sup>1</sup>, un M<sup>2</sup>, un P<sub>2</sub>, un P<sub>3</sub>, un P<sub>4</sub>, un M<sub>1</sub> e un M<sub>2</sub>, che sono risultate utili per il presente lavoro (indicati con “J” nel testo e in Allegato 2). La Grotta De Jaurens è un sito paleontologico situato nel comune francese di Nespouls (dipartimento della Corrèze) tra le frazioni di Jaurens e Gleyjolle (Fig. 3.2). La planimetria del sito presenta una galleria sviluppata per 50 m di profondità. (Guerin et al. 1979; Guérin et al. 2002). Il materiale fossile rinvenuto presso la Grotta De Jaurens è stato datato tra i 32.600±2900 anni e i 29.300±1400 anni fa (Guerin et al. 1979).

Presso la fessura ossifera vicino a Ightham (Kent, Inghilterra) (Fig. 3.2) sono stati recuperate ossa, le cui misure sono reperibili in letteratura (Reynolds, 1912). Sono state incluse nello studio le misure relative a tre crani, tre emimandibole, una scapola, un omero, un radio, un’ulna, un femore ed una tibia, attribuite alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*) (Allegato 2). Invece, per quanto riguarda la volpe artica (*Vulpes lagopus*) abbiamo le misure di due crani, due emimandibole, una scapola, un omero, un radio, un’ulna, un femore ed una tibia (indicati con “GBP” nel testo e in Allegato 2).

Inoltre, per questo lavoro di tesi è stato possibile misurare, seguendo gli stessi standard del campione di Buco del Frate, materiale osteologico attuale attribuito alle due specie di volpe e alla volpe di Rüppell (*Vulpes rueppellii*) (indicati con “F” nel testo e in Allegato 2), anch’essa di piccole dimensioni ed utile per il confronto.

Grazie alla gentile concessione del Prof. Fabio Bona, è stato possibile misurare ossa attuali di volpe facenti parte della sua collezione privata. In particolare, quattro scheletri completi, cinque crani, una mandibola appartenenti ad esemplari di volpe rossa (*Vulpes vulpes*); un cranio ed una mandibola di volpe artica (*Vulpes lagopus*) appartenenti allo stesso individuo; infine, una scapola, due omeri, un radio, un’ulna, una tibia e quattro metapodiali attribuiti ad un unico individuo di volpe di Rüppell (*Vulpes rueppellii*) (indicati con “F” nel testo e in Allegato 2).

La collezione osteologica del Dipartimento di Scienze della Terra “Ardito Desio” di UniMi comprende due crani e tre emimandibole di volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e due emimandibole di volpe artica (*Vulpes lagopus*) appartenenti allo stesso individuo, che sono state oggetto di misurazione (indicati con “CLO” nel testo e in Allegato 2).

Il Museo Didattico di Zoologia dell'Università di Milano conserva due crani con le rispettive mandibole di volpe rossa (*Vulpes vulpes*) (indicati con “MZ” nel testo e in Allegato 2), che è stato possibile misurare grazie alla gentile disponibilità della Prof.ssa Roberta Pennati.

Per concludere, la Dott.ssa Michela Podestà e il Dott. Giorgio Bardelli, curatori della sezione di zoologia dei vertebrati del Museo di Storia Naturale di Milano, hanno gentilmente permesso di misurare il materiale osteologico di volpe attuale lì conservato. La volpe rossa (*Vulpes vulpes*) è rappresentata da otto scheletri completi, quarantaquattro crani e quarantatré mandibole (Allegato 2). Infine, due crani e le rispettive mandibole sono attribuite a due esemplari di volpe artica (*Vulpes lagopus*) (indicati con “MSNM Ma” nel testo e in Allegato 2).

Il materiale misurato è stato dapprima inserito all'interno di diversi *scatterplot*, consentendo di rappresentare graficamente e mettere a confronto le dimensioni dei reperti rilevati. In questo modo è stato possibile visualizzare le relazioni dimensionali tra questi.

I dati raccolti sui campioni fossili del Buco del Frate, insieme ai campioni fossili e attuali di volpe rossa e volpe artica utilizzati come confronto, sono stati analizzati utilizzando la *Principal Component Analysis* (PCA). La PCA è una tecnica di analisi statistica multivariata che permette di ridurre la dimensionalità di un dataset con un numero maggiore di dimensioni, al contempo massimizzando la varianza. Come variabili in input sono state selezionate solo le misure di specifici elementi scheletrici con maggiore completezza, mentre i campioni frammentari, che avrebbero introdotto dati mancanti, non sono stati considerati. Le misure incluse sono le seguenti:

- M<sup>1</sup>: lunghezza (L) e larghezza (W)
- Omero: lunghezza massima (GL) e larghezza dell'estremità distale (Bd)
- Femore: lunghezza massima dalla testa (GLC), larghezza dell'estremità prossimale (Bp), spessore della testa del femore (DC) e larghezza dell'estremità distale (Bd)
- Tibia: lunghezza massima (GL), larghezza dell'estremità prossimale (Bp) e larghezza dell'estremità distale (Bd)
- Terzo metatarsale: lunghezza massima (GL) e larghezza dell'estremità distale (Bd)

Questa analisi è stata condotta per verificare la presenza di gruppi morfologici distinti tra volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e volpe artica (*Vulpes lagopus*) sulla base dei dati morfometrici disponibili. La PCA è stata eseguita con il software R (versione 4.4.2), utilizzando la funzione “*prcomp()*”, impostata per effettuare l'analisi su dati standardizzati. In questo modo, sono state ottenute le due componenti principali, che rappresentano le direzioni di maggiore varianza nei dati. Queste componenti sono combinazioni lineari delle variabili originali (le misure morfometriche selezionate) e risultano non correlate tra loro. Per la rappresentazione grafica dell'output della PCA, è stata utilizzata la funzione “*biplot()*”, che produce un biplot, ovvero un grafico bidimensionale che rappresenta le due

componenti principali sui due assi. I campioni sono raffigurati come punti, mentre i vettori rappresentano le variabili originali, ovvero le misure introdotte nell'analisi, indicando il contributo di ciascuna alla varianza totale. In particolare, i pesi delle variabili sulle due componenti principali riflettono il contributo di ciascuna variabile alla distribuzione dei dati.

Un ulteriore studio che è stato condotto in questo lavoro di tesi riguarda i morfotipi dentari (Fig. 3.3). Questo aspetto è stato valutato per tutti gli  $M_1$  e  $P^4$  (Fig. 3.3), sia isolati che ancora collocati nel rispettivo alveolo, essendo i denti più numerosi tra i fossili di volpe del Buco del Frate. Nell'analisi sono stati inclusi i campioni attuali utilizzati come confronto. Questo studio è stato condotto facendo riferimento alle linee guida proposte da Szuma (2002, 2003, 2007, 2011). Di seguito sono illustrati i gruppi di morfotipi dentari.

- Gruppo D: racchiude la variabilità morfologica della porzione rostrale del  $P^4$ :
  - morfotipo D1: non risulta alcuna depressione nel margine rostrale della corona;
  - morfotipo D2: si riscontra una piccola depressione nel margine rostrale della corona, che viene così divisa in una parte linguale ed una buccale, la prima è più corta e arretrata;
  - morfotipo D3: si evidenzia una depressione a forma di “U”, che divide la parte anteriore del  $P^4$  in due lobi, il lobo anterolinguale e quello anterobuccale, con il primo leggermente più corto e arretrato rispetto al secondo.
- Gruppo E: evidenzia la variabilità morfologica del margine rostrale del paracono del  $P^4$ :
  - morfotipo E1: non si riscontra alcuna convessità nella parte anterobasale del margine del paracono;
  - morfotipo E2: la parte anterobasale del margine del paracono si presenta leggermente convessa, convessità che con la parte superiore del margine forma un angolo ottuso;
  - morfotipo E3: la parte anterobasale del margine del paracono mostra una piccola e distinta cuspidi, separata dalla parte superiore della cresta tramite una evidente depressione occlusobasale a forma di “V”.
- Gruppo F: descrive la variabilità del margine buccale della corona del  $P^4$ :
  - morfotipo F1: il profilo buccale della corona, in visione occlusale, è approssimativamente una linea retta;
  - morfotipo F2: il profilo buccale della corona, in visione occlusale, evidenzia una concavità al livello della fessura tra la radice anterobuccale e quella distale;
  - morfotipo F3: il profilo buccale della corona, in visione occlusale, presenta due concavità, una situata nella parte centrale come in F2, e l'altra nella parte distale.
- Gruppo G: illustra la variabilità nella morfologia della parte linguale della corona del  $P^4$ :

- morfotipo G1: la porzione linguale della corona mostra una linea di cingolo distinta e continua;
- morfotipo G2: la porzione linguale della corona presenta un cingolo distinto con una interruzione nella parte centrale.
- morfotipo J4: nella parte centrale del margine linguale della corona si osserva una convessità, seguita da una profonda incisione.
- Gruppo K: illustra la variabilità morfologica della parte posterolinguale della corona del M<sub>1</sub>:
  - morfotipo K1: non sono presenti conuli nella concavità tra il metaconide e l'entoconide sul lato linguale della corona;
  - morfotipo K2: un piccolo conulo, detto entoconulide, è presente nella concavità tra il metaconide e l'entoconide sul lato linguale della corona;
  - morfotipo K3: due piccoli conuli, detti postmetaconulide ed entoconulide, sono presenti nella concavità tra il metaconide e l'entoconide sul lato linguale della corona.
- Gruppo L: descrive la variabilità morfologica della parte posterobuccale della corona del M<sub>1</sub>:
  - morfotipo L1: non sono presenti conuli nella concavità tra il protoconide e l'ipoconide sul lato buccale della corona;
  - morfotipo L2: un piccolo conulo è presente nella concavità tra il protoconide e l'ipoconide sul lato buccale della corona;
  - morfotipo L3: due piccoli conuli sono presenti nella concavità tra il protoconide e l'ipoconide sul lato buccale della corona.

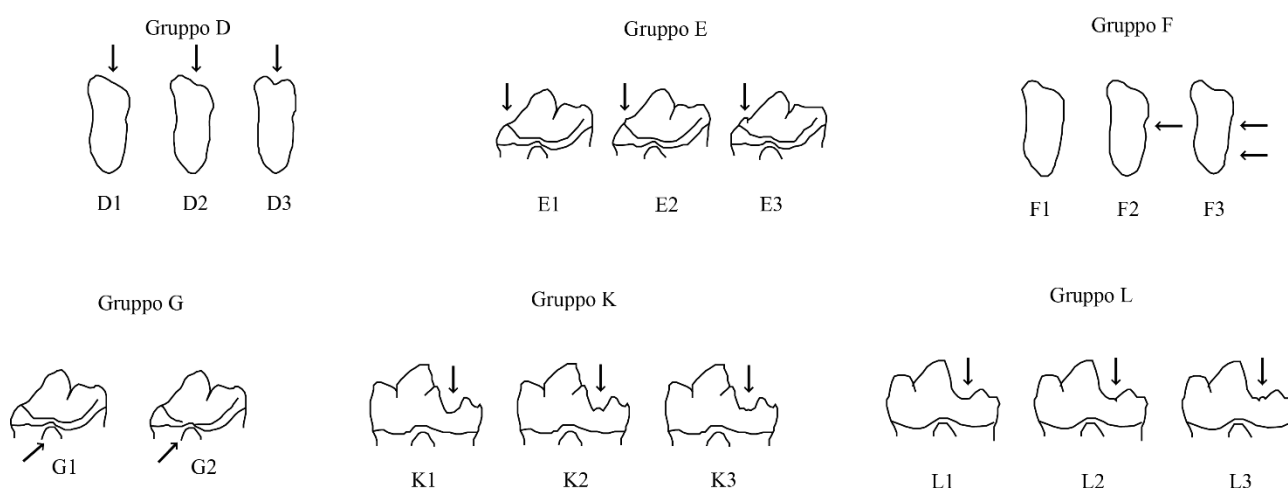


Fig. 3.3 - Morfotipi dentari di *Vulpes vulpes* studiati in questo lavoro di tesi. Modificato da Szuma (2002, 2003, 2007, 2011).

## Capitolo 4 – Studio morfologico

Nel campione fossile di Buco del Frate, come affermato in precedenza, sono presenti 5 elementi scheletrici attribuibili ad un Canidae di piccole dimensioni. Un attento studio morfologico ha permesso di constatare che essi appartengono ad un piccolo animale del genere *Vulpes*, la cui attribuzione più probabile è la volpe artica (*Vulpes lagopus*). Questo risultato è stato raggiunto tramite la consultazione di atlanti osteologici (Schmidt, 1972; Hillson, 2016) e la comparazione con elementi scheletrici di esemplari attuali, con particolare attenzione ai caratteri morfologici diagnostici.

Di seguito, presentiamo alcuni esempi del processo di identificazione tassonomica delle ossa, effettuando confronti con altri cladi di mammiferi, concentrandoci sull'omero, il femore e la tibia. Come *outgroup*, consideriamo il capriolo (*Capreolus capreolus*), un erbivoro appartenente alla famiglia dei Cervidi. Tra i carnivori, invece, sono stati utilizzati: tre Mustelidi, il tasso (*Meles meles*), la martora (*Martes martes*) e la faina (*Martes foina*); un Felide, il gatto (*Felis sylvestris*); e due Canidi, la volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e la volpe di Rüppell (*Vulpes rueppellii*).

L'omero è l'osso lungo dello stilopodio, ossia il segmento più prossimale, dell'arto anteriore. L'omero attribuito al piccolo Canidae (BdF1915) presenta caratteristiche morfologiche differenti rispetto a quelle di un erbivoro (Fig. 4.1). Il capriolo, ad esempio presenta una testa dell'omero più sviluppata in larghezza che in senso antero-posteriore e un tubercolo maggiore di grandi dimensioni, costituito da un lobo arrotondato e una porzione mediale appuntita. La troclea e il capitello sono più stretti e le rispettive creste e solchi sono ben definiti, la fossa coronoidea occupa una piccola area prossimale alla troclea e, infine, nessuno dei due epicondili si sviluppa in senso laterale (Fig. 4.1) (Schmidt, 1972; Hillson, 1996). Nell'omero in esame, la testa è più sviluppata in senso antero-posteriore e il tubercolo è di dimensioni minori e a forma di barra. Il capitello è piccolo e si separa dalla troclea tramite un solco poco evidente, mentre la troclea presenta un solco profondo e un labbro mediale sporgente. La fossa coronoidea occupa un'ampia area prossimale alla troclea e gli epicondili si sviluppano lateralmente (Fig. 4.1). Queste caratteristiche morfologiche avvicinano l'osso ai carnivori. L'omero analizzato, a differenza di quello dei Mustelidi (es. tasso, martora e faina), presenta una tuberosità maggiore che si eleva superiormente alla testa, una caratteristica che lo avvicina alla volpe e, in misura minore, al gatto (Fig. 4.1). Le ali laterali alla diafisi, presenti nei Mustelidi e meno evidenti nel gatto, sono assenti nell'omero siglato "BdF1915", come nella volpe (Fig. 4.1). La fossa olecranica mostra un foro circolare tipico della volpe e, allo stesso modo, differisce dagli altri carnivori confrontati per l'assenza del forame sopracondilare (Fig. 4.1) (Schmidt, 1972; Hillson, 1996; Johnson, 2015). La valutazione dei caratteri riscontrati su BdF1915 del Buco del Frate permette di dedurre che si tratti di un animale appartenente al genere *Vulpes*.



Fig. 4.1 - Omeri: a. *Capreolus capreolus*; b. *Felis sylvestris* (F25); c. *Meles meles* (F32); d. *Martes foina* (F34); e. *Martes martes* (F33); f. *Vulpes rueppellii* (F409); g. *Vulpes vulpes* (F26); h. *Vulpes lagopus* (BdF1915). (Visione rostrale, caudale, laterale, superiore e inferiore).

Il femore è l'osso lungo dello stilopodio dell'arto posteriore. Il femore attribuito al Canidae di piccola taglia (BdF1963) non mostra i caratteri tipici di un erbivoro come il capriolo (Fig. 4.2). Infatti, il femore del capriolo presenta una testa estesa lungo il margine prossimale, un collo poco svasato e un grande trocantere voluminoso, connesso al piccolo trocantere tramite un ponte trocanterico. La zona rotulea è caratterizzata da un solco profondo con bordi rilevati e obliqui rispetto all'asse lungo del femore, mentre la fossa sopracondilare risulta ampia e profonda (Fig. 4.2) (Schmidt, 1972; Hillson,



Fig. 4.2 - Femori: a. *Capreolus capreolus*; b. *Felis sylvestris* (F24); c. *Meles meles* (F31); d. *Martes martes* (F33); e. *Martes foina* (F34); f. *Vulpes vulpes* (F48); g. *Vulpes lagopus* (BdF1963). (Visione rostrale, caudale, superiore e inferiore).

1996). BdF1963, invece, mostra una testa sferica e sporgente, un collo ristretto e un grande trocantere di piccole dimensioni, connesso al piccolo trocantere tramite un ponte trocanterico. La zona rotulea è bassa e raccordata ai condili; infine, la fossa sopracondilare è poco evidente (Fig. 4.2). Queste caratteristiche sono tipiche dei carnivori. Nell'osso in esame, la testa non risulta deviata anteriormente come nel gatto e nei Mustelidi (es. tasso, martora e faina), richiamando invece la conformazione della

volpe (Fig. 4.2). Come in quest'ultima, il piccolo trocantere si estende posteriormente e il grande trocantere è più depresso rispetto a quello degli altri carnivori utilizzati come confronto. Il ponte trocanterico tra i due trocanteri appare più arrotondato e non angolato, come nel gatto e nei Mustelidi. La diafisi, inoltre, non risulta approssimativamente dritta come nel gatto, ma si assottiglia a metà lunghezza, caratteristica condivisa con la volpe (Fig. 4.2). Ancora, come quest'ultima, a livello



Fig. 4.3 - Tibie: a. *Capreolus capreolus*; b. *Felis sylvestris* (F25); c. *Meles meles* (F29); d. *Martes foina* (F35); e. *Martes martes* (F33); f. *Vulpes lagopus* (BdF3151); g. *Vulpes rueppellii* (F409); h. *Vulpes vulpes* (F26). (Visione rostrale, superiore e inferiore).

dell'epifisi distale, la superficie laterale tra il condilo laterale e la troclea è concava. Come nella volpe, la troclea è più allungata antero-posteriormente e la depressione al di sopra è elevata, mentre non è ampia come quella del tasso (Fig. 4.2) (Schmidt, 1972; Hillson, 1996; Johnson, 2015). Complessivamente, la morfologia di BdF1963 risulta ascrivibile al genere *Vulpes*.

La tibia è l'osso lungo dello zeugopodio, ovvero il segmento intermedio, dell'arto posteriore. La tibia attribuita al Canidae di piccole dimensioni (BdF3151) evidenzia morfologie differenti rispetto alla tibia di un erbivoro (Fig. 4.3). Nel capriolo, ad esempio, la tuberosità tibiale è molto sviluppata e arrotondata, e si congiunge alla diafisi tramite una cresta; mentre nell'epifisi distale, lateralmente all'articolazione, è presente un'area articolare a forma di flangia con due lobi (Fig. 4.3) (Schmidt, 1972; Hillson, 1996). In BdF3151, la tuberosità tibiale è sviluppata e più angolare, mentre l'epifisi distale mostra una sorta di gradino sul lato laterale dell'articolazione. Questi tratti morfologici sono propri di un carnivoro (Fig. 4.3). L'epifisi prossimale della tibia presenta un incavo laterale, caratteristica riscontrabile nella volpe ma assente nei Mustelidi (es. tasso, martora e faina) e nel gatto. In quest'ultimo, nella faina e nella martora, si osserva una morfologia a gradino sul margine laterale, non presente nella tibia esaminata (Fig. 4.3). L'epifisi distale dell'osso è caratterizzata da un malleolo laterale con curvatura regolare, simile a quello della volpe, e, come in quest'ultima, presenta due faccette articolari, a differenza del gatto che ne possiede tre (Fig. 4.3) (Schmidt, 1972; Hillson, 1996; Johnson, 2015). Nel complesso, dalle caratteristiche morfologiche di BdF3151, si può determinare l'appartenenza al genere *Vulpes*.

Tutte le tre ossa esaminate evidenziano delle caratteristiche morfologiche riconducibili alla volpe, ma di dimensioni molto ridotte. Nella letteratura scientifica sono principalmente note differenze morfologiche a livello del cranio tra la volpe rossa e la volpe artica (Frąckowiak et al. 2013), mentre per queste specie non si riscontrano differenze morfologiche nelle ossa lunghe. Nel prossimo capitolo sarà condotta un'analisi dei dati biometrici raccolti sulle ossa fossili del Buco del Frate e sui campioni di confronto, al fine di determinarne una verosimile attribuzione specifica. Queste ossa appartenenti al genere *Vulpes* sono caratterizzate da una taglia ridotta, simile a quella della volpe artica e della volpe di Rüppell. La prima rappresenterebbe un'ipotesi plausibile, considerando le caratteristiche paleoclimatiche e paleoambientali testimoniate dalla fauna del Buco del Frate (Bona et al. 2023), adatte per un elemento "freddo" quale la volpe artica. Infine, in Italia sono noti alcuni reperti fossili di questa specie rinvenuti presso la Grotta di Fumane (VR) (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al. 2013; Romandini et al. 2016; Romandini et al. 2018) e presso Grotta Romanelli (LE) (Compagnoni et al. 1997).

## Capitolo 5 – Risultati

### 5.1 Analisi morfometrica

Il campione osteologico fossile delle volpi del Buco del Frate, comprensivo di 497 reperti, include, come descritto in precedenza, 5 elementi scheletrici di dimensioni inferiori rispetto alla media della volpe rossa. Queste ossa sono state attribuite al genere *Vulpes* tramite lo studio dei caratteri morfologici diagnostici. In particolare, si tratta di un omero sinistro (BdF1915), un femore sinistro (BdF1963), una tibia destra (BdF - 3151), un terzo metatarsale sinistro (BdF1276) e un M<sup>1</sup> sinistro (BdF1245), che saranno analizzati più approfonditamente dal punto di vista morfometrico. Nonostante le dimensioni ridotte, si tratta di ossa appartenenti a un animale adulto, come indicato dall'assenza di caratteristiche tipiche degli individui giovani, quali la mancata fusione delle epifisi; inoltre, BdF1246 non è un dente deciduo.

Presso il Buco del Frate sono stati rinvenuti cinque M<sup>1</sup>, uno dei quali visibilmente di dimensioni ridotte (BdF1246), sebbene morfologicamente molto simile a quelli della volpe rossa. Le misure di lunghezza e larghezza di questi denti sono state illustrate in uno *scatterplot* (Fig. 5.1.1) per visualizzarne graficamente la distribuzione, identificare eventuali *outliers* e osservare possibili ripartizioni. Nello stesso grafico sono state inserite le misure di altri M<sup>1</sup>: uno fossile di volpe rossa (RF), uno fossile attribuito alla volpe rossa (SB), uno fossile attribuito a volpe artica (J), 9 attuali di

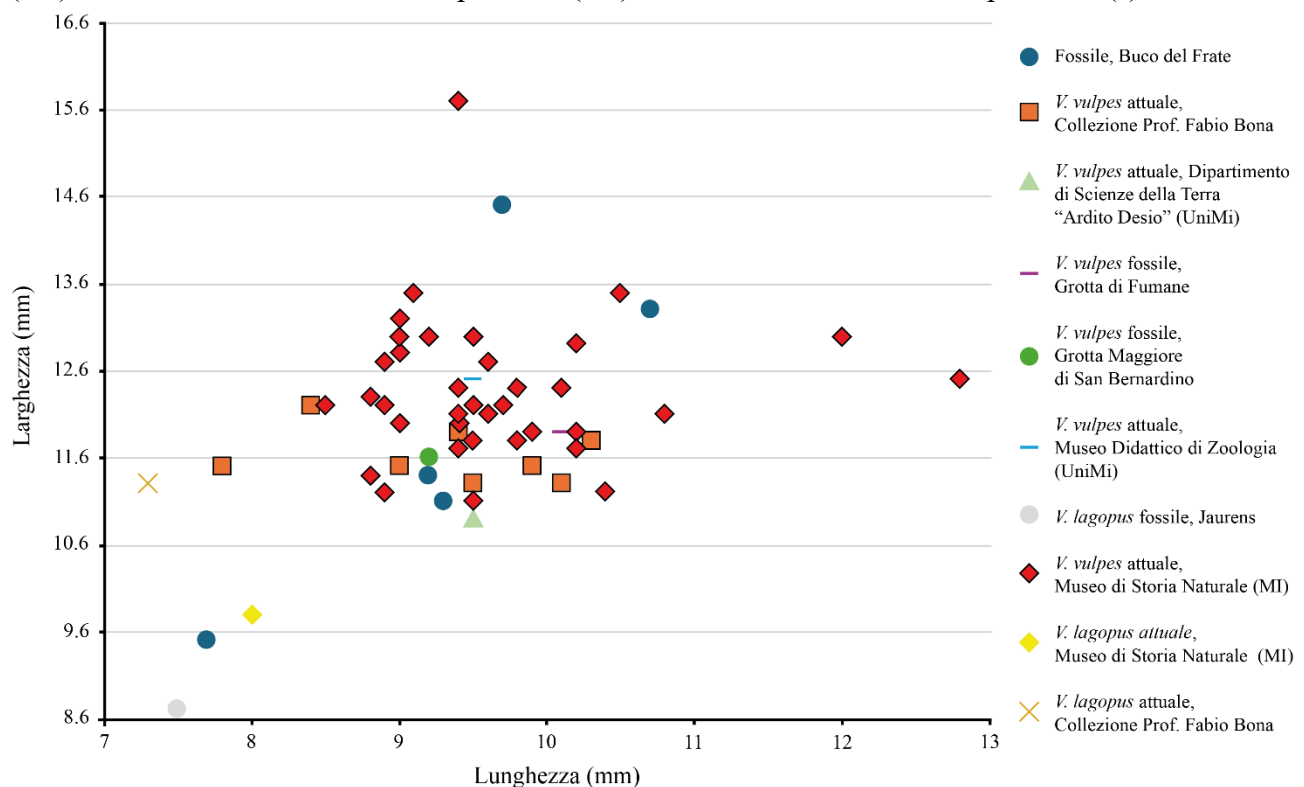


Fig. 5.1.1 - M<sup>1</sup> - Rappresentazione grafica delle misure di lunghezza e larghezza in mm, relative agli M<sup>1</sup> fossili di Buco del Frate e a quelli, sia fossili che attuali, utilizzati come confronto dimensionale.

volpe rossa e uno attuale di volpe artica (F), uno attuale di volpe rossa (CLO), due attuali attribuiti alla volpe rossa (MZ), 42 attuali di volpe rossa e 2 attuali di volpe artica (MSNM Ma) (Fig. 5.1.1).

Innanzitutto, possiamo notare una chiara ripartizione dei campioni (Fig. 5.1.1). Sulla destra del grafico si distribuiscono i campioni di volpe rossa, caratterizzati da dimensioni di lunghezza e larghezza maggiori rispetto a quelli di volpe artica. Tra le volpi rosse, sono presenti tre esemplari di dimensioni molto grandi (MSNM Ma 7851, MSNM Ma 4373, MSNM Ma 6680) che fungono da *outliers* (due per la lunghezza ed uno per la larghezza). Allo stesso modo si osserva un esemplare di volpe rossa (F26) di dimensioni ridotte rispetto alla media. Nella porzione in basso a sinistra nel grafico si trovano i campioni di volpe artica e BdF1246 di Buco del Frate. Tra questi, quello di dimensioni maggiori è l'esemplare attuale della collezione privata del Prof. Fabio Bona, che, per quanto riguarda la larghezza, raggiunge una taglia simile alla volpe rossa. BdF1246 del Buco del Frate, come previsto si separa dagli altri, mostrando dimensioni minori di quello attuale di volpe artica del Museo di Storia Naturale di Milano, ma di dimensioni maggiori rispetto a quello fossile della Grotta De Jaurens (Ballesio, 1979). Questo permette di attribuire di questo dente ad una specie differente dalla volpe rossa (*Vulpes vulpes*), ossia la volpe artica (*Vulpes lagopus*). Gli altri esemplari del Buco del Frate hanno una taglia paragonabile a tutti gli altri M<sup>1</sup> attuali e fossili di volpe rossa, suggerendo la stessa determinazione tassonomica.

Lo studio morfometrico è stato successivamente condotto sugli omeri. Buco del Frate ne sono stati rinvenuti 47, in condizioni molto frammentarie, tra i quali uno (BdF1915) presenta una taglia

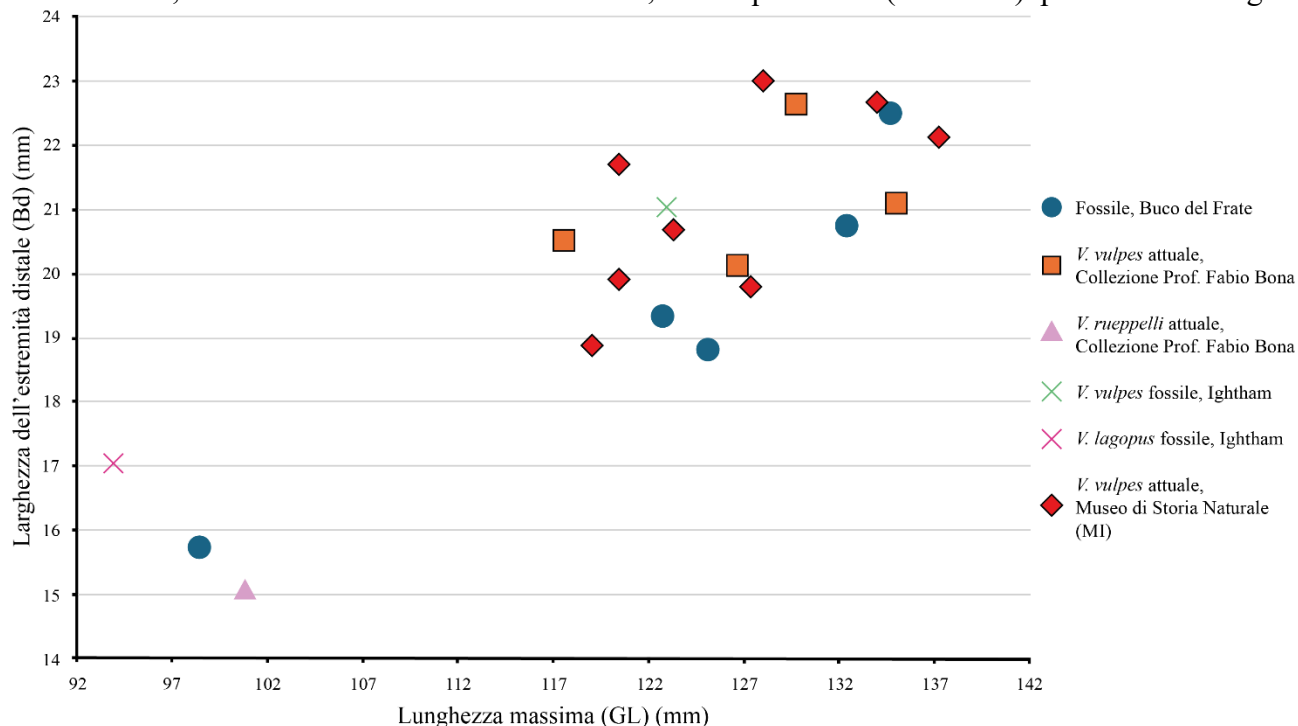
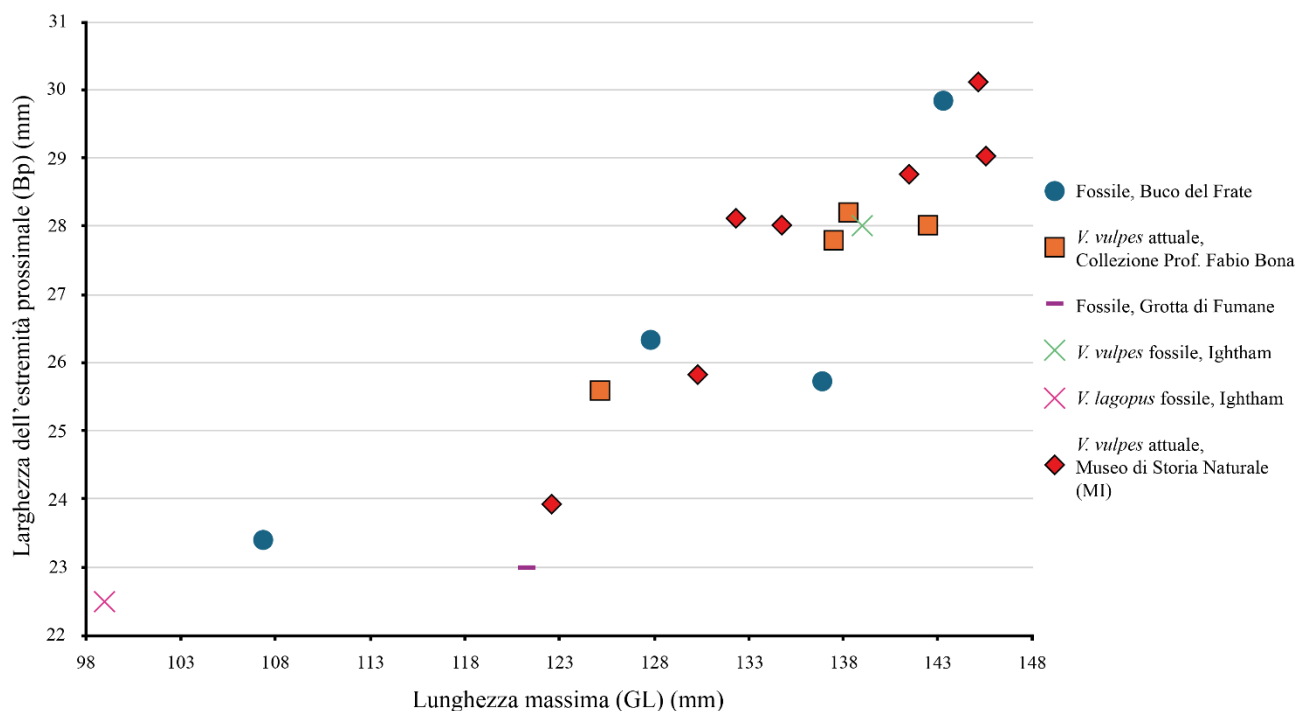


Fig. 5.1.2 - Omeri - Rappresentazione grafica delle misure di lunghezza massima e di lunghezza dell'estremità distale in mm, relative agli omeri fossili del Buco del Frate e a quelli attuali e fossili utilizzati come confronto dimensionale.

Le misure di queste ossa sono state inserite all'interno di alcuni *scatterplots*, che evidenziano una marcata ripartizione tra gli omeri di volpe rossa e quelli di volpe artica e di volpe di Rüppell. Nella parte destra del grafico (Fig. 5.1.2) si trovano i campioni di volpe rossa, di dimensioni nettamente maggiori, tra i quali si identificano la maggior parte degli omeri di Buco del Frate, ad eccezione di BdF1915. Date le dimensioni possono essere attribuiti alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*). In basso a sinistra nel grafico (Fig. 5.1.2) si collocano l'omero di volpe artica fossile (GBP), quello attuale appartenente al campione di volpe di Rüppell (F409), e per finire BdF1915 di Buco del Frate. Nel grafico in figura 5.2, si può apprezzare come quest'ultimo sia più lungo rispetto all'omero della volpe di Rüppell (F409), ma presenti un'epifisi distale di dimensioni minori; viceversa, per quanto riguarda l'omero (GBP). Possiamo quindi concludere che, date le sue dimensioni, l'omero in questione può essere verosimilmente attribuito alla volpe artica (*Vulpes lagopus*).

Presso il Buco del Frate sono stati rinvenuti 20 femori di volpe, anch'essi in condizioni frammentarie, tra i quali uno (BdF1963) presenta dimensioni inferiori rispetto alla media degli altri. Lo studio morfometrico di queste ossa ha incluso una comparazione dimensionale con campioni di confronto (Fig. 5.1.3), tra cui un femore fossile (RF-36) determinato come *Vulpes* sp. (Cassoli & Tagliacozzo,



*Fig. 5.1.3 - Femori - Rappresentazione grafica delle misure di lunghezza massima e di lunghezza dell'estremità prossimale in mm, relative ai femori fossili del Buco del Frate e a quelli attuali e fossili utilizzati come confronto dimensionale.*

Anche per i femori è possibile osservare una chiara ripartizione grafica dei campioni. Nella parte destra del grafico (Fig. 5.1.3) si trovano i campioni attuali e fossili attribuiti alla volpe rossa, insieme al campione di *Vulpes* sp. (RF-36), che risulta essere quello di dimensioni minori. Nella parte sinistra (Fig. 5.1.3), invece, si collocano il femore fossile di volpe artica (GBP) e BdF1963, che mostra misure leggermente superiori rispetto al primo. È quindi verosimile che quest'ultimo possa essere attribuito alla volpe artica (*Vulpes lagopus*) sulla base delle dimensioni. Per quanto riguarda il femore della Grotta di Fumane, determinato solo a livello di genere, la situazione è differente: nonostante le sue dimensioni ridotte, si raggruppa con gli altri campioni di volpe rossa, suggerendo che possa trattarsi di un esemplare femmina di questa specie o di un maschio di taglia ridotta. Infine, le altre tibie fossili del Buco del Frate possono essere attribuite alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*).

Scatter plot showing the relationship between maximum length (GL) and proximal end breadth (Bp) for various *Vulpes* specimens. The x-axis represents 'Lunghezza massima (GL) (mm)' (Maximum length) and the y-axis represents 'Larghezza dell'estremità prossimale (Bp) (mm)' (Proximal end breadth).

Legend:

- Fossile, Buco del Frate (Blue circle)
- V. vulpes* attuale, Collezione Prof. Fabio Bona (Orange square)
- V. vulpes* fossile, Ightham (Green 'x')
- V. lagopus* fossile, Ightham (Pink 'x')
- V. vulpes* attuale, Museo di Storia Naturale (MI) (Red diamond)

The plot shows a general positive correlation between GL and Bp. A dashed line indicates a trend for the current *V. vulpes* specimens (orange squares). The fossil *V. vulpes* (green 'x') and fossil *V. lagopus* (pink 'x') specimens are outliers, showing lower Bp values for their respective GL values.

La situazione osservata evidenzia una chiara ripartizione in due gruppi, come illustrato nel grafico in Fig. 5.1.4. Nella parte destra del grafico si trovano i campioni attuali e fossili di volpe rossa, tra cui due esemplari (MSNM Ma 6685 e MSNM Ma 6376), che risultano di taglia molto grande in termini

di lunghezza totale. In questo gruppo si concentrano i campioni fossili del Buco del Frate, a eccezione di BdF3151, che si colloca invece nella parte sinistra del grafico. Insieme a quest'ultimo, troviamo il campione fossile di volpe artica (GBP), che presenta dimensioni leggermente inferiori. Possiamo quindi concludere che BdF3151 può essere attribuito alla volpe artica (*Vulpes lagopus*), mentre gli altri campioni di Buco del Frate possono essere verosimilmente associati alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*).

Tra i metatarsali del Buco del Frate sono stati rinvenuti 9 terzi metatarsali, dei quali uno (BdF1276) evidenzia dimensioni inferiori agli altri. Le relative misure di lunghezza massima e di larghezza dell'estremità distale sono state plottate in uno *scatterplot* (Fig. 5.1.5), assieme a loro, le misure di altri terzi metatarsali di confronto, tra i quali 3 attuali di volpe rossa e uno attuale di *Vulpes rueppellii* (F) e 2 attuali di volpe rossa (MSNM Ma). Sebbene in questo caso il materiale di confronto sia numericamente inferiore rispetto ai casi precedenti, si può comunque osservare una suddivisione dei campioni (Fig. 5.1.5). Nella parte destra del grafico si trovano i reperti attuali di volpe rossa e la maggior parte dei fossili del Buco del Frate, tra i quali tre campioni mostrano dimensioni maggiori rispetto agli altri. A sinistra, invece, si collocano il campione attuale di volpe di Rüppell (F409) e BdF1276 del Buco del Frate, che risultano di dimensioni paragonabili. Si può quindi concludere che quest'ultimo possa essere attribuito alla volpe artica (*Vulpes lagopus*), mentre i restanti metatarsali fossili sono attribuibili alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*).

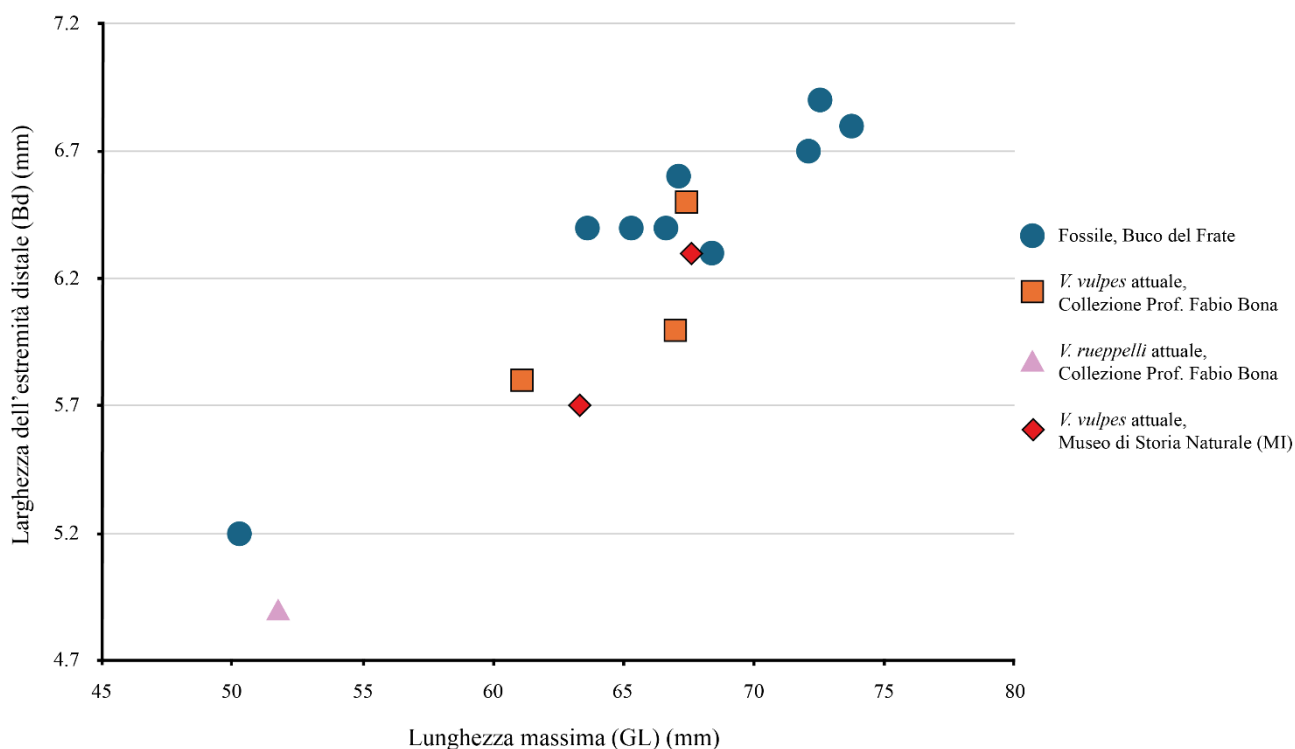


Fig. 5.1.5 - Terzi metatarsali - Rappresentazione grafica delle misure di lunghezza massima e di lunghezza dell'estremità prossimale in mm, relative ai terzi metatarsali fossili del Buco del Frate e a quelli attuali utilizzati come confronto dimensionale.

## 5.2 Principal Component Analysis

La valutazione della variabilità morfometrica e la ripartizione dei campioni fossili e attuali di volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e le ossa di taglia ridotta, potenzialmente attribuibili a volpe artica (*Vulpes lagopus*), è stata possibile tramite un'analisi delle componenti principali (PCA). A questo scopo, per le ossa analizzate, sono stati creati dei biplot al fine di valutare la distribuzione dei campioni rispetto alle componenti principali e per determinare in che misura le variabili morfometriche, ossia le misure utilizzate nell'analisi, contribuissero alle differenze osservate.

In seguito, viene illustrata la situazione osservata per ciascuna delle ossa le cui misure sono state utilizzate per condurre la PCA.

Per cominciare dal M<sup>1</sup>, la PCA svolta sulle misure di lunghezza e larghezza ha prodotto due componenti principali, PC1 e PC2, che spiegano rispettivamente l'88.9% e l'11.08% della varianza totale dei dati. Nel biplot risultante dalla PCA, la situazione evidenziata dal grafico in figura 5.2.1 è simile a quella evidenziata nello *scatterplot* in figura 5.1.1. Infatti, si separano a sinistra i due esemplari di grandi dimensioni (MSNM Ma 7581 e MSNM Ma 6680) rispetto alla media delle altre

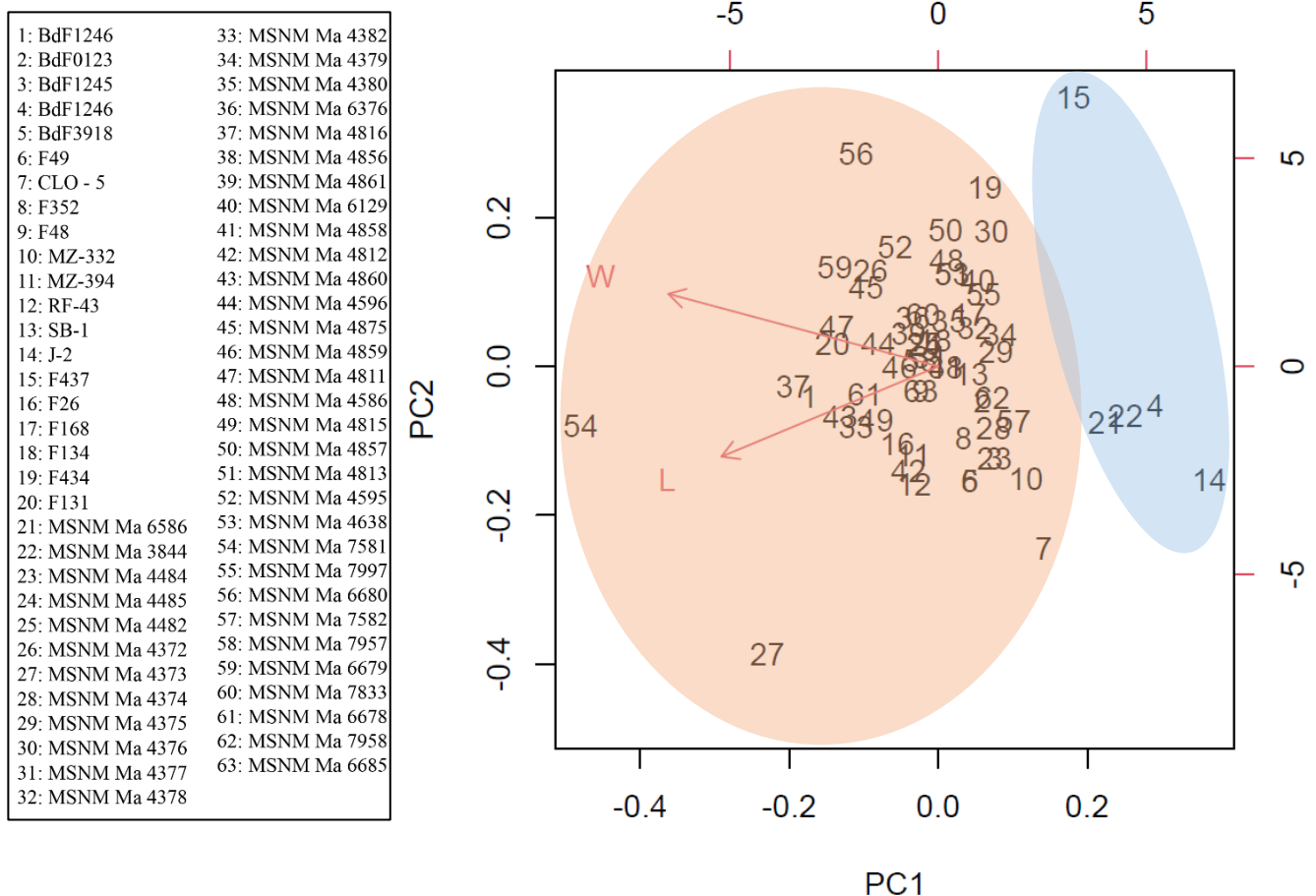


Fig. 5.2.1 - M<sup>1</sup> - Biplot ottenuto dalla PCA effettuata per analizzare le misure di lunghezza (L) e larghezza (W) degli M<sup>1</sup> fossili del Buco del Frate, quelli attuali e quelli fossili di confronto. In arancione sono evidenziati gli M<sup>1</sup> di volpe rossa, mentre in azzurro sono evidenziati gli M<sup>1</sup> di volpe artica.

volpi rosse. Nella parte centrale del biplot si concentrano tutti i restanti campioni attuali e fossili di volpe rossa di confronto e i campioni fossili del Buco del Frate. Questi ultimi possono essere determinati come volpe rossa (*Vulpes vulpes*). Infine, nella parte in alto a destra si separa la volpe artica attuale (F437), mentre, a destra sono collocati i campioni di volpe artica attuale, quello fossile (J) e BdF1246 del Buco del Frate. In particolare, è possibile determinare l'effetto delle variabili originarie, lunghezza (L) e larghezza (W). Valutando i rispettivi pesi forniti dalla funzione "prcomp()" possiamo determinare il contributo di ciascuna variabile originaria alla distribuzione dei dati. La prima componente principale (PC1) è definita da una combinazione lineare negativa di L e W, con pesi rispettivamente di -0.64 e -0.77. Tra le due, la larghezza (W) mostra un contributo leggermente superiore rispetto alla lunghezza (L) lungo PC1. Questo suggerisce che la larghezza gioca un ruolo dominante nella spiegazione delle differenze dimensionali generali osservate nei campioni. La seconda componente principale (PC2) è caratterizzata da pesi di segno opposto per le due variabili, con un valore di -0.77 per la lunghezza (L) e di 0.64 per la larghezza (W). Quindi, PC2 enfatizza le differenze di proporzione tra queste due variabili piuttosto che la loro dimensione assoluta.

La PCA condotta sugli omeri ha prodotto due componenti principali, PC1 e PC2, che spiegano rispettivamente il 99,09% e lo 0,009% della varianza totale dei dati. L'analisi ha generato un biplot (Fig. 5.2.2) che mostra una situazione simile a quella dello scatterplot in Figura 5.1.2. Si osserva che nella parte sinistra del biplot si raggruppano tutti i reperti fossili e attuali attribuiti alla volpe rossa, utilizzati come confronto, compresi gli omeri fossili del Buco del Frate, quindi, determinabili come volpe rossa (*Vulpes vulpes*). Nella parte destra del grafico, invece, si trovano l'omero fossile di volpe artica (GBP) e BdF1915 rinvenuto nel Buco del Frate. I pesi delle variabili originarie permettono di determinare l'effetto delle stesse sulla distribuzione dei dati. PC1 è fortemente influenzata dalla variabile lunghezza massima (GL), con un peso di -0.99, mentre la larghezza dell'estremità distale (Bd) ha un'influenza marginale, con un peso di -0.14. PC2, invece, è dominata dalla variabile larghezza dell'estremità distale (Bd), con un peso di 0.99, e solo marginalmente dalla lunghezza massima (GL), con un peso di -0.14.

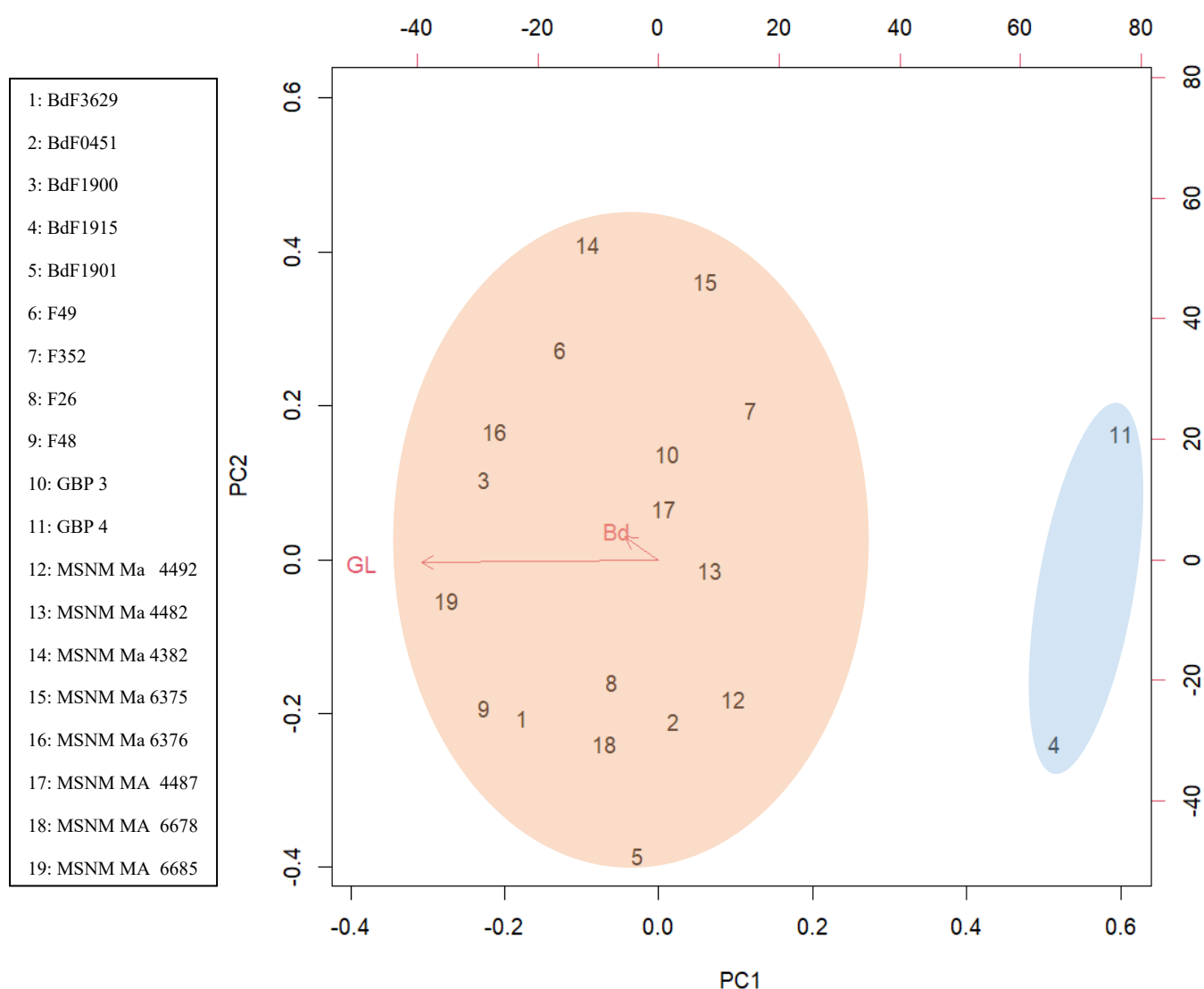


Fig. 5.2.2 - Omeri - Biplot ottenuto dalla PCA effettuata per analizzare le misure di lunghezza massima (GL) e larghezza dell'estremità distale (Bd) degli omeri fossili del Buco del Frate, quelli attuali e quelli fossili di confronto. In arancione sono evidenziati gli omeri di volpe rossa, mentre in azzurro sono evidenziati gli omeri di volpe artica.

La PCA condotta sui femori ha generato le prime due componenti principali, PC1 e PC2, che spiegano una quantità di varianza pari rispettivamente al 99.05% e allo 0.007% del totale. Il relativo biplot (Fig. 5.2.3) evidenzia una situazione simile allo *scatterplot* in Fig. 5.1.3. Si nota la ripartizione, nella parte sinistra del grafico, dei campioni di volpe rossa fossili e attuali di confronto, comprensivi dei femori fossili del Buco del Frate, dunque determinabili come volpe rossa (*Vulpes vulpes*) e di quello fossile di Grotta di Fumane (RF-36) catalogato come *Vulpes* sp. (Cassoli & Tagliacozzo, 1994). Nella parte destra dell'area del grafico sono presenti il campione fossile di volpe artica (GBP) e BdF1963 del Buco del Frate. PC1 è fortemente influenzata dalla variabile lunghezza massima dalla testa (GLC), con un peso di -0.97; seguita in misura minore dalla larghezza dell'estremità prossimale (Bp), con un peso di -0.17; dallo spessore della testa del femore (DC) con un peso di -0.08; e dalla larghezza dell'estremità terminale (Bd) con un peso di -0.15. Questo suggerisce che la lunghezza

massima dalla testa (GLC) contribuisce maggiormente a PC1 rispetto alle altre variabili originarie. Mentre PC2 è dominata dalla larghezza dell'estremità prossimale (Bp), con un peso di 0.66, e dalla larghezza dell'estremità distale (Bd) con un peso di 0.62; infine, lo spessore della testa del femore (DC) ha un contributo più modesto, con un peso di 0.35.

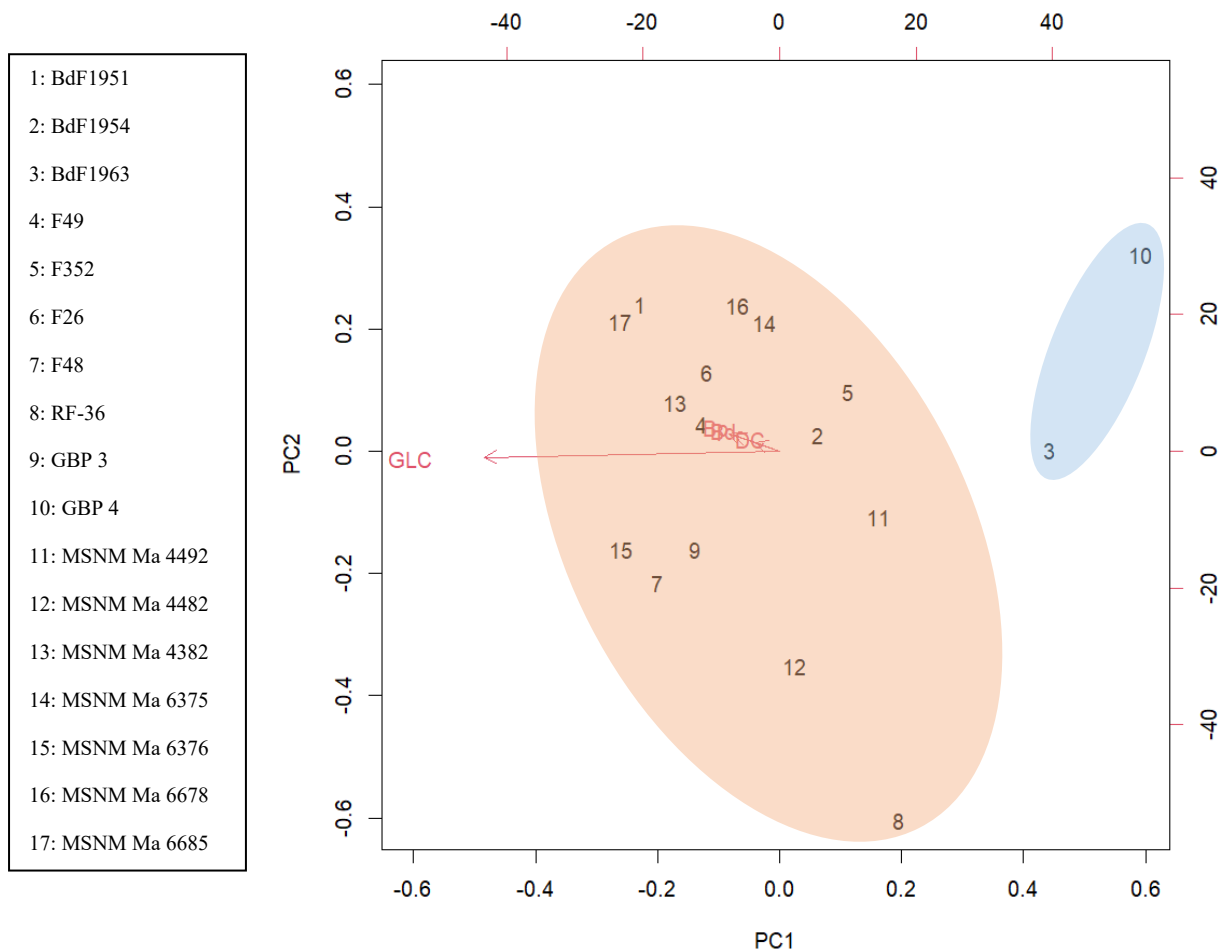


Fig. 5.2.3 - Femori - Biplot ottenuto dalla PCA effettuata per analizzare le misure di lunghezza massima dalla testa (GLC), di larghezza dell'estremità prossimale (BP), di spessore della testa del femore (DC) e larghezza dell'estremità distale (Bd) dei femori fossili del Buco del Frate, quelli attuali e quelli fossili di confronto. In arancione sono evidenziati i femori di volpe rossa, mentre in azzurro sono evidenziati i femori di volpe artica.

La PCA svolta sulle tibie ha prodotto le prime due componenti principali, PC1 e PC2, che spiegano il 99.19% e il 0.007% della varianza totale dei dati. Il biplot (Fig. 5.2.4) prodotto in output dall'analisi, anche in questo caso, mostra una situazione analoga a quella presentata nello *scatterplot* in Fig. 5.1.4. Sono evidenti due raggruppamenti dei campioni. A sinistra si raggruppano i campioni fossili e attuali di volpe rossa di confronto, assieme alle tibie fossili del Buco del Frate, che possono quindi essere determinate come appartenenti alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*). Uno di questi si separa nella parte bassa del grafico, ma presenta dimensioni paragonabili a quelle di volpe rossa. A destra si collocano la tibia fossile di volpe artica (GBP) e quella BdF3151 rinvenuta presso il Buco del Frate. PC1 è fortemente influenzata dalla variabile lunghezza massima (GL), caratterizzata da un peso di -0.99; mentre, la larghezza dell'estremità prossimale (Bp) e la larghezza dell'estremità distale (Bd) hanno

valori inferiori, rispettivamente di -0.09 e -0.06, contribuendo in misura molto minore. Questo suggerisce che PC1 rappresenta principalmente variazioni nella misura di lunghezza massima (GL) e cattura la maggior parte della variabilità complessiva relativa alla lunghezza. PC2 è dominata dalla larghezza dell'estremità prossimale (Bp) e dalla larghezza dell'estremità distale (Bd), con i rispettivi pesi di -0.82 e -0.57, mentre la lunghezza massima (GL) ha un contributo minore, pari a 0.11. Questo implica che PC2 cattura le variazioni nella larghezza delle estremità dell'osso (Bp e Bd).

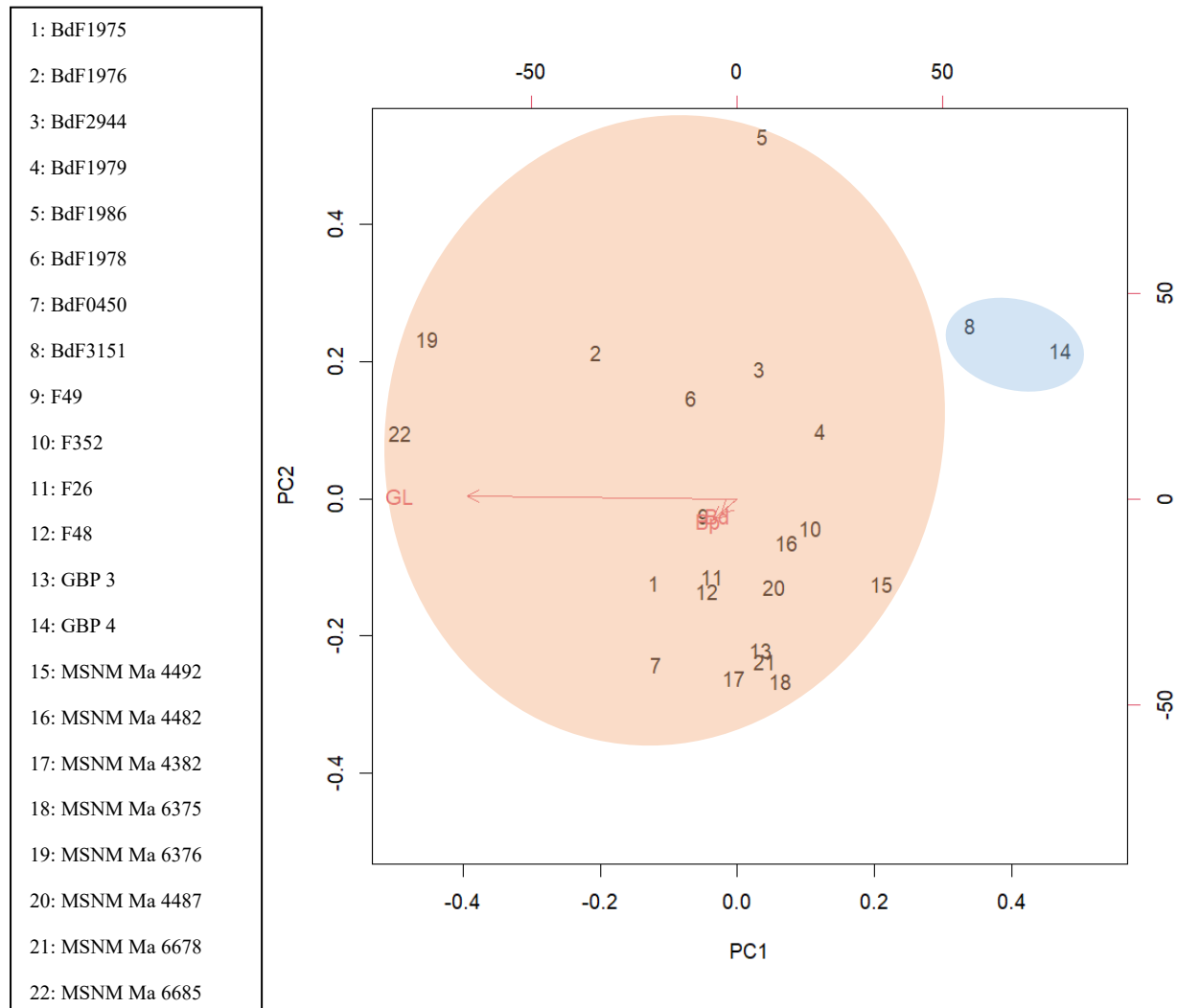


Fig. 5.2.4 - Tibie - Biplot ottenuto dalla PCA effettuata per analizzare le misure di lunghezza massima (GL), di larghezza dell'estremità prossimale (BP) e di larghezza dell'estremità distale (Bd) delle tibie fossili del Buco del Frate, quelli attuali e quelli fossili di confronto. In arancione sono evidenziate le tibie di volpe rossa, mentre in azzurro sono evidenziate le tibie di volpe artica.

La PCA condotta sui terzi metatarsali ha permesso di ottenere due componenti principali, PC1 e PC2, che spiegano una quota di varianza rispettivamente pari al 99.84% e allo 0.001% della varianza totale. Il biplot (Fig. 5.2.5) ottenuto al termine di questa analisi evidenzia una situazione analoga a quella riportata nello *scatterplot* in Fig. 5.1.5. Si nota che i campioni attuali di volpe rossa utilizzati come confronto, assieme ai fossili del Buco del Frate si collocano a destra dell'area del grafico. Questi ultimi possono essere ragionevolmente determinati come volpe rossa (*Vulpes vulpes*). Nella porzione

destra, invece, si separa BdF1276 del Buco del Frate. I pesi indicano che la prima componente principale (PC1) è fortemente influenzata dalla variabile lunghezza massima (GL) con un valore di -0.997, mentre la variabile larghezza dell'estremità distale (Bd) ha un contributo minore, pari a -0.074. Questo suggerisce che PC1 rappresenti principalmente la variabilità relativa alla misura di lunghezza massima (GL). Al contrario, la seconda componente principale (PC2) è principalmente associata alla variabile larghezza dell'estremità distale (Bd) con un peso di -0.997, mentre si ha un contributo nettamente minore della lunghezza totale (GL) con un valore di 0.074.

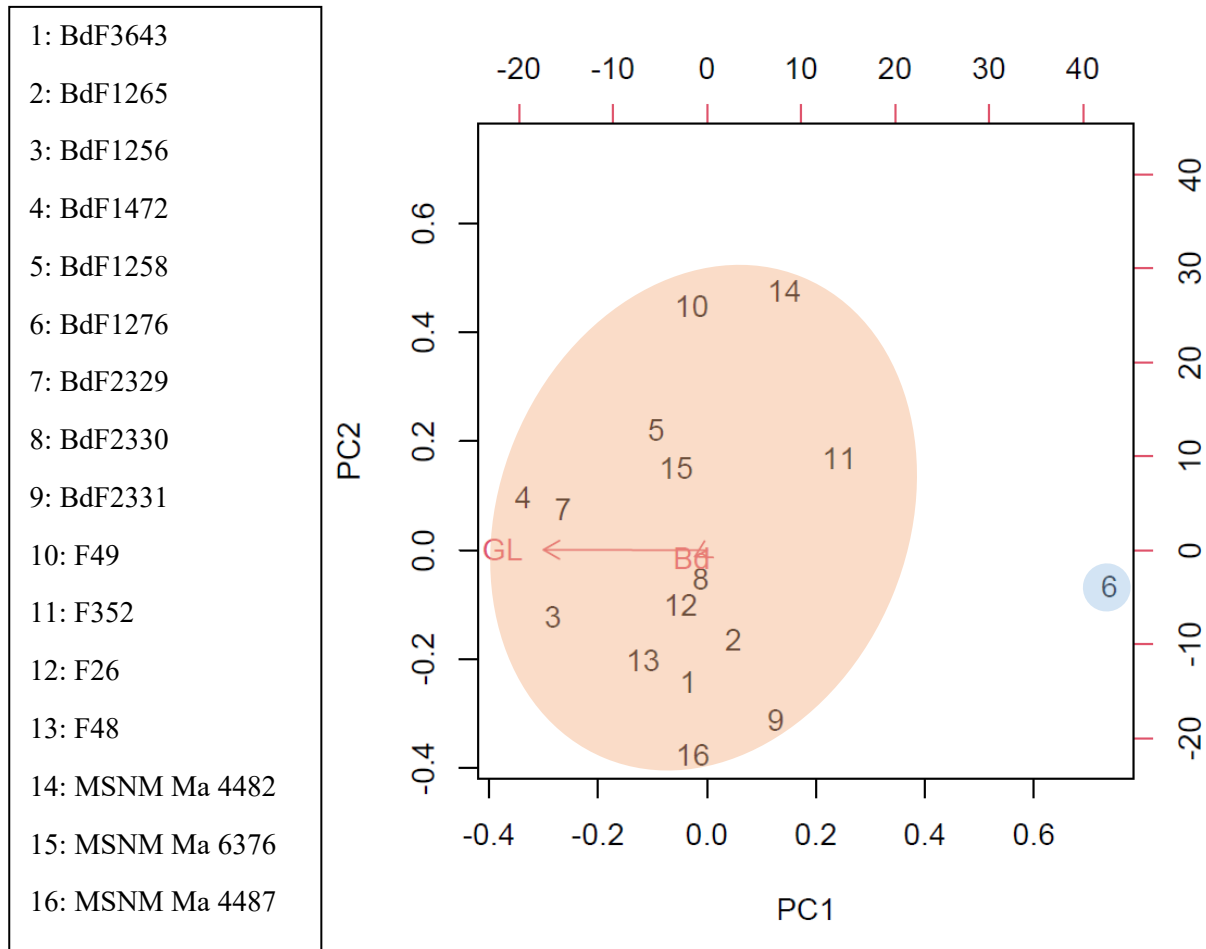


Fig. 5.2.5 - Terzi metatarsali - Biplot ottenuto dalla PCA effettuata per analizzare le misure di lunghezza massima (GL) e di larghezza dell'estremità distale (Bd) dei terzi metatarsali fossili del Buco del Frate e quelli attuali di confronto. In arancione sono evidenziati i terzi metatarsali di volpe rossa, mentre in azzurro sono evidenziati i terzi metatarsali di volpe artica.

L'analisi dei dati biometrici tramite la PCA ha fornito risultati utili nell'attribuzione tassonomica dei campioni fossili del Buco del Frate. I campioni fossili di piccola taglia, ossia l'M1 (BdF1246), l'omero (BdF1915), il femore (BdF1963), la tibia (BdF3151) ed il terzo metatarsale (BdF1276), sono coerenti con l'attribuzione alla volpe artica (*Vulpes lagopus*). Questa attribuzione è supportata dalle differenze dimensionali rispetto ai campioni della volpe rossa (*Vulpes vulpes*), utilizzati come confronto. Gli altri campioni fossili del Buco del Frate presentano invece dimensioni paragonabili a quelle dei campioni attuali di volpe rossa, suggerendo l'attribuzione di questi fossili a *Vulpes vulpes*.

In aggiunta, il femore fossile di Grotta di Fumane (RF-36), precedentemente catalogato come *Vulpes* sp. (Cassoli & Tagliacozzo, 1994), sulla base di questa analisi risulta compatibile con la volpe rossa (*Vulpes vulpes*).

### 5.3 Analisi dei morfotipi dentari

L'analisi dei morfotipi dentari, condotta seguendo gli standard proposti da Szuma (2002, 2004, 2007, 2011), si è concentrata sullo studio delle caratteristiche morfologiche dei denti di volpe rossa fossili del Buco del Frate e su campioni attuali, per effettuare una comparazione. In particolare, sono stati analizzati i carnassiali, gli  $M_1$  e i  $P^4$ , poiché tra i fossili del Buco del Frate questi denti risultano i più numerosi. Di seguito verranno illustrate le caratteristiche morfologiche di ciascun dente, con un confronto tra campioni fossili e attuali.

Per cominciare dalla dentizione superiore, i  $P^4$  sono caratterizzati da 4 gruppi di morfotipi dentari: il gruppo D, il gruppo E, il gruppo F e il gruppo G (Fig. 3.3).

Il gruppo di morfotipi D (Fig. 3.3), relativo alla morfologia della porzione rostrale del  $P^4$ , evidenzia alcune differenze tra i denti fossili e quelli attuali. Nei 10 carnassiali superiori fossili, il morfotipo D1 non è mai stato riscontrato. Il morfotipo D2 è il più frequente e appare in 7  $P^4$  (70%); mentre il

|        | N fossili | Frequenza relativa fossili | Frequenza % fossili | N attuali | Frequenza relativa attuali | Frequenza % attuali |
|--------|-----------|----------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|---------------------|
| D1     | 0         | 0                          | 0                   | 2         | 0.04                       | 3.85                |
| D2     | 7         | 0.7                        | 70                  | 23        | 0.44                       | 44.23               |
| D3     | 3         | 0.3                        | 30                  | 27        | 0.52                       | 51.92               |
| Totale | 10        | 1                          | 100                 | 52        | 1                          | 100                 |

Tab. 5.3.1 - Numero (N), frequenze relative e percentuali dei morfotipi del gruppo D rilevati sui  $P^4$  fossili del Buco del Frate e sui campioni attuali di confronto.

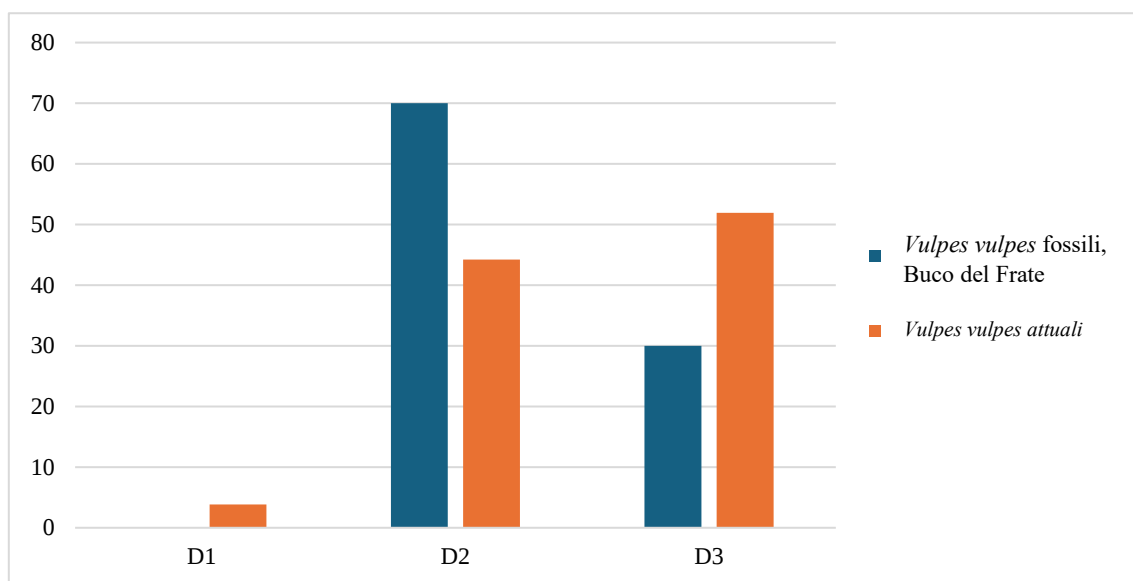


Fig. 5.3.1: Istogramma in cui sono riportate le frequenze percentuali dei morfotipi del gruppo D, rilevati sui  $P^4$  fossili del Buco del Frate e su quelli attuali di confronto.

morfotipo D3 è stato rilevato su 3 denti (30%) (Fig. 5.3.1; Tab. 5.3.1). Nei P<sup>4</sup> attuali, invece, si osserva una distribuzione differente. In questo caso, il morfotipo D1 è il meno frequente, presente su 2 denti (3,85%); il morfotipo D2 è riscontrato su 23 denti (44,23%); infine, il morfotipo più frequente è il D3, identificato su 27 denti (51,92%) (Fig. 5.3.1; Tab. 5.3.1).

I dati raccolti sul gruppo di morfotipi E (Fig. 3.3), relativo alla morfologia del margine anterobasale del paracono, evidenziano una maggiore somiglianza tra i P<sup>4</sup> fossili e quelli attuali. Tra i denti fossili, il morfotipo più frequente è il E1, ed è stato riscontrato in 9 denti (90%). Il morfotipo E2 non è stato riscontrato in alcun dente. Infine, il morfotipo E3 è stato osservato in un unico dente (10%) (Fig. 5.3.2; Tab. 5.3.2). Per quanto riguarda i carnassiali superiori attuali, il morfotipo più frequente è E1, rinvenuto in 41 denti (77,36%). Il morfotipo E2, sebbene presente, risulta il meno frequente, riscontrato in 5 denti (9,43%). Infine, il morfotipo E3 è stato osservato in 7 denti (13,21%) (Fig. 5.3.2; Tab. 5.3.2).

|        | N fossili | Frequenza relativa fossili | Frequenza % fossili | N attuali | Frequenza relativa attuali | Frequenza % attuali |
|--------|-----------|----------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|---------------------|
| E1     | 9         | 0.9                        | 90                  | 41        | 0.77                       | 77.36               |
| E2     | 0         | 0                          | 0                   | 5         | 0.09                       | 9.43                |
| E3     | 1         | 0.1                        | 10                  | 7         | 0.13                       | 13.21               |
| Totale | 10        | 1                          | 100                 | 53        | 1                          | 100                 |

Tab. 5.3.2 - Numero (N), frequenze relative e percentuali dei morfotipi del gruppo E rilevati sui P<sup>4</sup> fossili del Buco del Frate e sui campioni attuali di confronto.

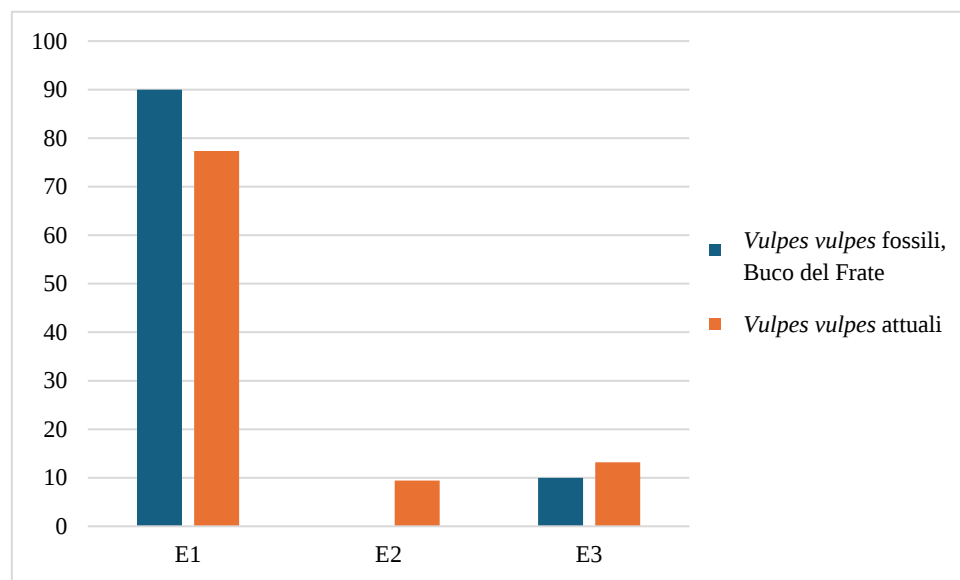


Fig. 5.3.2 - Istogramma in cui sono riportate le frequenze percentuali dei morfotipi del gruppo E, rilevati sui P<sup>4</sup> fossili del Buco del Frate e su quelli attuali di confronto.

Il gruppo di morfotipi F (Fig. 3.3), relativo alla morfologia del margine buccale del P<sup>4</sup>, è stato rilevato con frequenze differenti tra i denti fossili del Buco del Frate e quelli attuali di confronto. Tra i fossili, il morfotipo più frequente è il F2, riscontrato in 7 denti (70%), seguito dal morfotipo F3, rilevato in

|        | N fossili | Frequenza relativa fossili | Frequenza % fossili | N attuali | Frequenza relativa attuali | Frequenza % attuali |
|--------|-----------|----------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|---------------------|
| F1     | 1         | 0.1                        | 10                  | 3         | 0.06                       | 5.56                |
| F2     | 7         | 0.7                        | 70                  | 26        | 0.48                       | 48.15               |
| F3     | 2         | 0.2                        | 20                  | 25        | 0.46                       | 46.30               |
| Totale | 10        | 1                          | 100                 | 54        | 1                          | 100                 |

Tab. 5.3.3 - Numero (N), frequenze relative e percentuali dei morfotipi del gruppo F rilevati sui P<sup>4</sup> fossili del Buco del Frate e sui campioni attuali di confronto.

2 denti (20%), e infine, il morfotipo meno frequente è F1, riscontrato in un unico dente (10%) (Fig. 5.3.3; Tab. 5.3.3). Tra i denti attuali, invece, il morfotipo meno frequente rimane F1, presente in 3 denti (5,56%); mentre i morfotipi F2 e F3 sono stati riscontrati rispettivamente in 26 denti (48,15%) e 25 denti (46,30%), con una frequenza paragonabile (Fig. 5.3.3; Tab. 5.3.3).

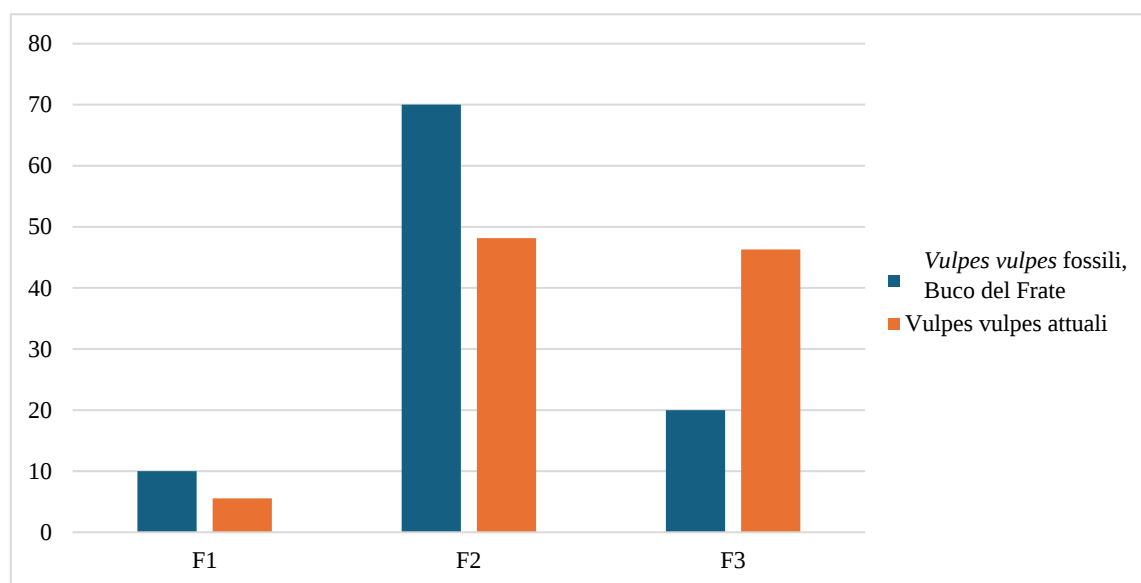


Fig. 5.3.3: Istogramma in cui sono riportate le frequenze percentuali dei morfotipi del gruppo F, rilevati sui P<sup>4</sup> fossili del Buco del Frate e su quelli attuali di confronto.

Lo studio del gruppo di morfotipi G (Fig. 3.3), relativo alla morfologia della parte linguale del P<sup>4</sup>, ha condotto ai seguenti risultati. Nei denti fossili, il morfotipo più frequente è il G1, riscontrato in 8 denti (80%), mentre il morfotipo G2, il meno frequente, è stato rilevato in 2 denti (20%) (Fig. 5.3.4; Tab. 5.3.4). Nei denti attuali, invece, è stato riscontrato solo il morfotipo G1 (100%) (Fig. 5.3.4; Tab. 5.3.4).

|        | N fossili | Frequenza relativa fossili | Frequenza % fossili | N attuali | Frequenza relativa attuali | Frequenza % attuali |
|--------|-----------|----------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|---------------------|
| G1     | 8         | 0.8                        | 80                  | 53        | 1                          | 100                 |
| G2     | 2         | 0.2                        | 20                  | 0         | 0                          | 0                   |
| Totale | 10        | 1                          | 100                 | 53        | 1                          | 100                 |

Tab. 5.3.4 - Numero (N), frequenze relative e percentuali dei morfotipi del gruppo G rilevati sui P<sup>4</sup> fossili del Buco del Frate e sui campioni attuali di confronto.

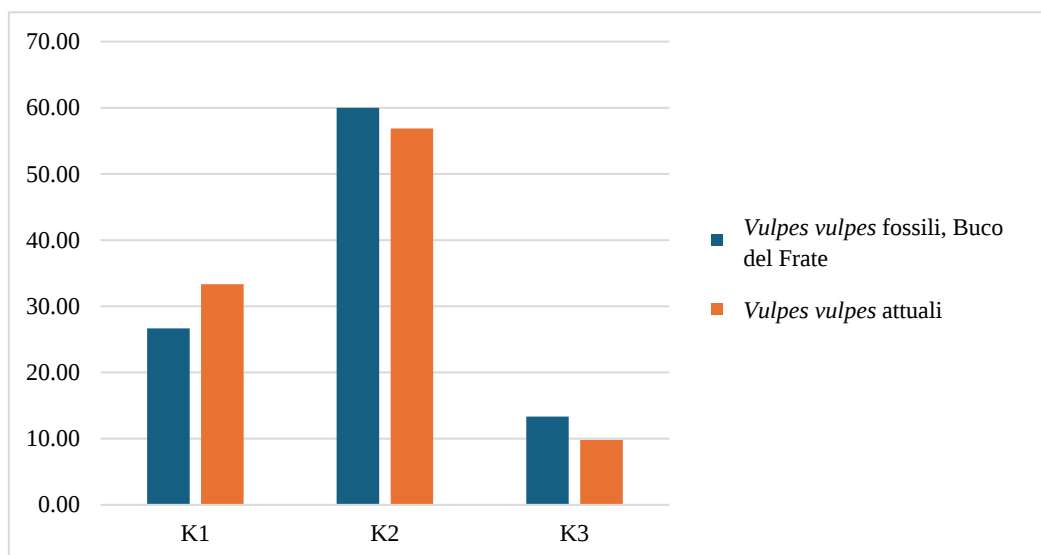


Fig. 5.3.4 - Istogramma in cui sono riportate le frequenze percentuali dei morfotipi del gruppo G, rilevati sui P<sup>4</sup> fossili del Buco del Frate e su quelli attuali di confronto.

Gli M<sub>1</sub>, ossia i carnassiali inferiori, sono caratterizzati 2 tipologie di morfotipi dentari: il gruppo K e il gruppo L (Fig. 3.3).

I morfotipi del gruppo K (Fig. 3.3), associati alla parte posterolinguale dell'M<sub>1</sub>, si distribuiscono in modo abbastanza simile tra i denti fossili del Buco del Frate e i denti attuali di confronto. Tra i denti fossili, il morfotipo più comune è il K2, riscontrato in 9 denti (60%), seguito dal K1, presente in 4

|        | N fossili | Frequenza relativa fossili | Frequenza % fossili | N attuali | Frequenza relativa attuali | Frequenza % attuali |
|--------|-----------|----------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|---------------------|
| K1     | 4         | 0.27                       | 26.67               | 17        | 0.33                       | 33.33               |
| K2     | 9         | 0.6                        | 60                  | 29        | 0.57                       | 56.86               |
| K3     | 2         | 0.13                       | 13.33               | 5         | 0.10                       | 9.80                |
| Totale | 15        | 1                          | 100                 | 51        | 1                          | 100                 |

Tab. 5.3.5 - Numero (N), frequenze relative e percentuali dei morfotipi del gruppo K rilevati sugli M<sub>1</sub> fossili del Buco del Frate e sui campioni attuali di confronto.

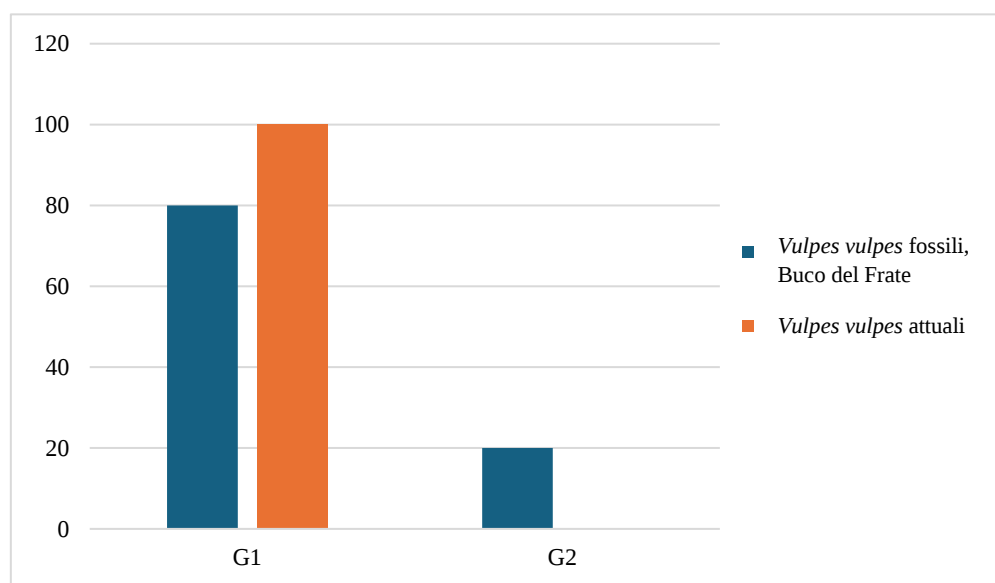


Fig. 5.3.5 - Istogramma in cui sono riportate le frequenze percentuali dei morfotipi del gruppo K, rilevati sugli M<sub>1</sub> fossili del Buco del Frate e su quelli attuali di confronto.

denti (26,67%), mentre il morfotipo meno frequente è il K3, osservato in soli 2 denti (13,33%) (Fig. 5.3.6; Tab. 5.3.6). Allo stesso modo, tra i denti attuali, il morfotipo più comune è anch'esso il K2, rilevato in 29 denti (56,86%), seguito dal K1, presente in 17 denti (33,33%), e infine il morfotipo meno frequente è il K3, trovato in 5 denti (9,80%) (Fig. 5.3.6; Tab. 5.3.6).

Il morfotipo L (Fig. 3.3), che descrive la morfologia della parte posterobuccale dell' $M_1$ , mostra una distribuzione simile tra i denti fossili del Buco del Frate e quelli attuali di confronto, sebbene con frequenze leggermente diverse. Nei denti fossili, il morfotipo più frequente è L1, riscontrato in 10 denti (66,67%), seguito da L2 con 4 denti (26,67%); mentre il morfotipo meno comune è L3, presente in un solo dente (6,67%) (Fig. 5.3.7; Tab. 5.3.7). Allo stesso modo, nei denti attuali, il morfotipo L1 è il più frequente, riscontrato in 49 denti (96,08%), mentre L2 e L3 sono entrambi presenti in un singolo dente ciascuno (1,96%), con una frequenza quindi inferiore rispetto ai fossili (Fig. 5.3.7; Tab. 5.3.7).

|        | N fossili | Frequenza relativa fossili | Frequenza % fossili | N attuali | Frequenza relativa attuali | Frequenza % attuali |
|--------|-----------|----------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|---------------------|
| L1     | 10        | 0.67                       | 66.67               | 49        | 0.96                       | 96.08               |
| L2     | 4         | 0.27                       | 26.67               | 1         | 0.02                       | 1.96                |
| L3     | 1         | 0.07                       | 6.67                | 1         | 0.02                       | 1.96                |
| Totale | 15        | 1                          | 100                 | 51        | 1                          | 100                 |

Tab. 5.3.6 - Numero (N), frequenze relative e percentuali dei morfotipi del gruppo L rilevati sugli  $M_1$  fossili del Buco del Frate e sui campioni attuali di confronto.

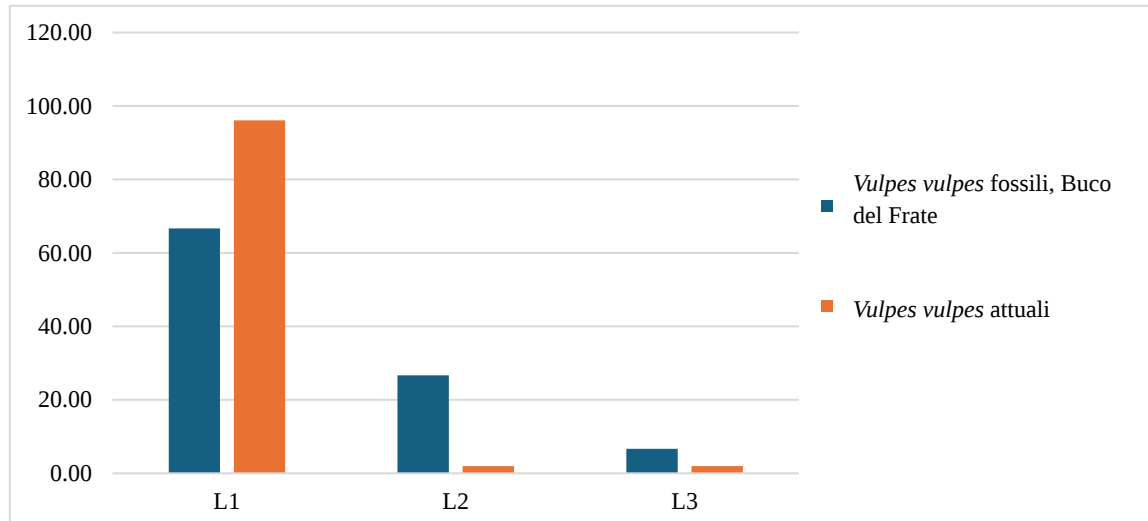


Fig. 5.3.6 - Istogramma in cui sono riportate le frequenze percentuali dei morfotipi del gruppo L, rilevati sugli  $M_1$  fossili del Buco del Frate e su quelli attuali di confronto.

## Capitolo 6 – Discussione

### 6.1 La presenza della volpe artica (*Vulpes lagopus*) nel record fossile del Buco del Frate

L'analisi morfometrica e la PCA, condotte sui dati biometrici dei reperti fossili del Buco del Frate e sul materiale di confronto, sia fossile che attuale, ha permesso di trarre diverse considerazioni relative alla loro determinazione tassonomica.

La maggior parte degli M<sup>1</sup> fossili rinvenuti nel Buco del Frate, come illustrato in Fig. 5.1.1 e in Fig. 5.2.1, si distribuisce graficamente nel medesimo areale dei reperti attuali e fossili di confronto attribuiti alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*). Si può quindi concludere che questi denti sono per lo più attribuibili a tale specie. Fa eccezione l'M<sup>1</sup> BdF1246 (Fig. 6.1.1), che si distingue dalle volpi rosse, collocandosi vicino agli esemplari attuali di volpi artiche (F e MSNM Ma), oltre che a un reperto fossile proveniente dalla Grotta De Jaurens (J).

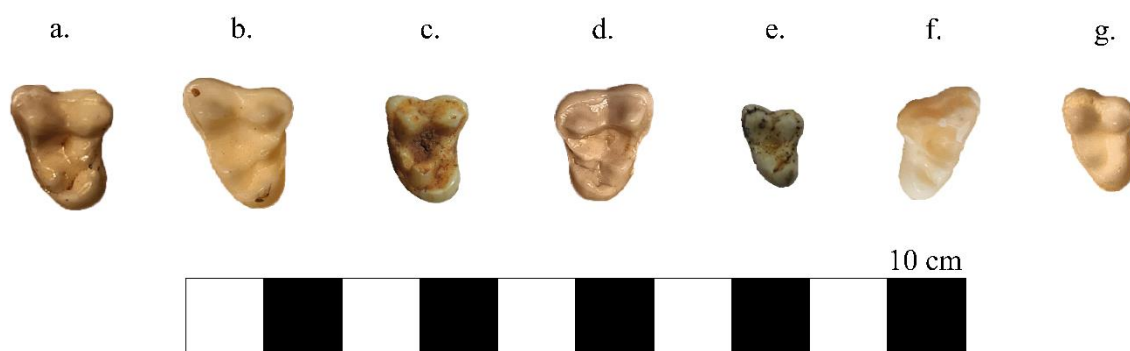


Fig. 6.1.1 - M<sup>1</sup> di *Vulpes vulpes*: a. F352; b. F26; c. BdF123; d. F48. M<sup>1</sup> di *Vulpes lagopus*: e. BdF1246; f. F437; g. MSNM Ma 03844.

Gli omeri fossili del Buco del Frate, come si evince in Fig. 5.1.1 e in Fig. 5.2.1, si collocano prevalentemente nella stessa area occupata dai reperti attuali e fossili attribuiti alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*). Tali reperti possono essere determinati come appartenenti a questa specie eccetto il campione BdF1915 (Fig. 6.1.2). Questo si raggruppa con l'omero attuale di volpe di Rüppell (F409) e l'omero fossile di volpe artica (*Vulpes lagopus*) (GBP), risultando quindi classificabile come volpe artica, come detto, per ragioni prettamente ecologiche si ritiene non verosimile la presenza della volpe di Rüppell nel MIS3 del Nord Italia.

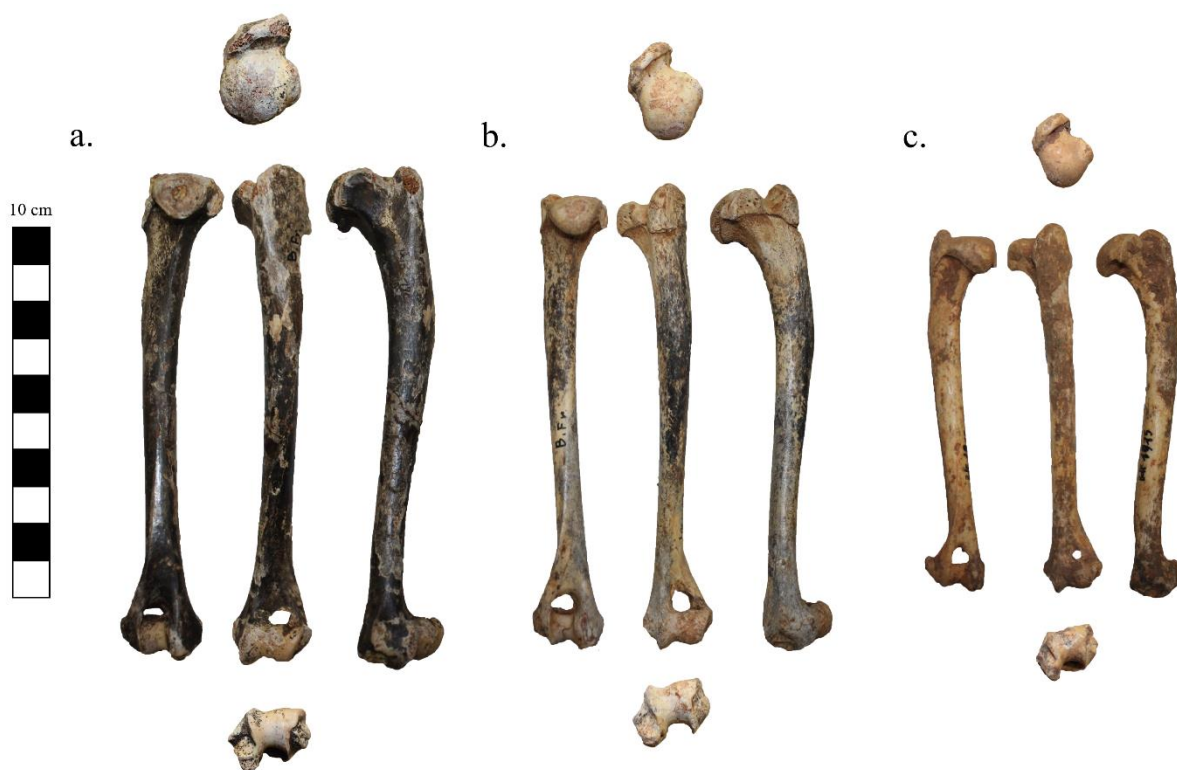


Fig. 6.1.2 - Omeri di *Vulpes vulpes*: a. BdF1900; b. BdF1901. Omero di *Vulpes lagopus*: c. BdF1915. (Visione rostrale, caudale, laterale, superiore e inferiore).

Il femore fossile del Buco del Frate, denominato BdF1963, come evidenziano la Fig. 5.1.3 e la Fig. 5.2.3, si distribuisce distintamente rispetto agli altri reperti fossili dello stesso sito e ai femori di

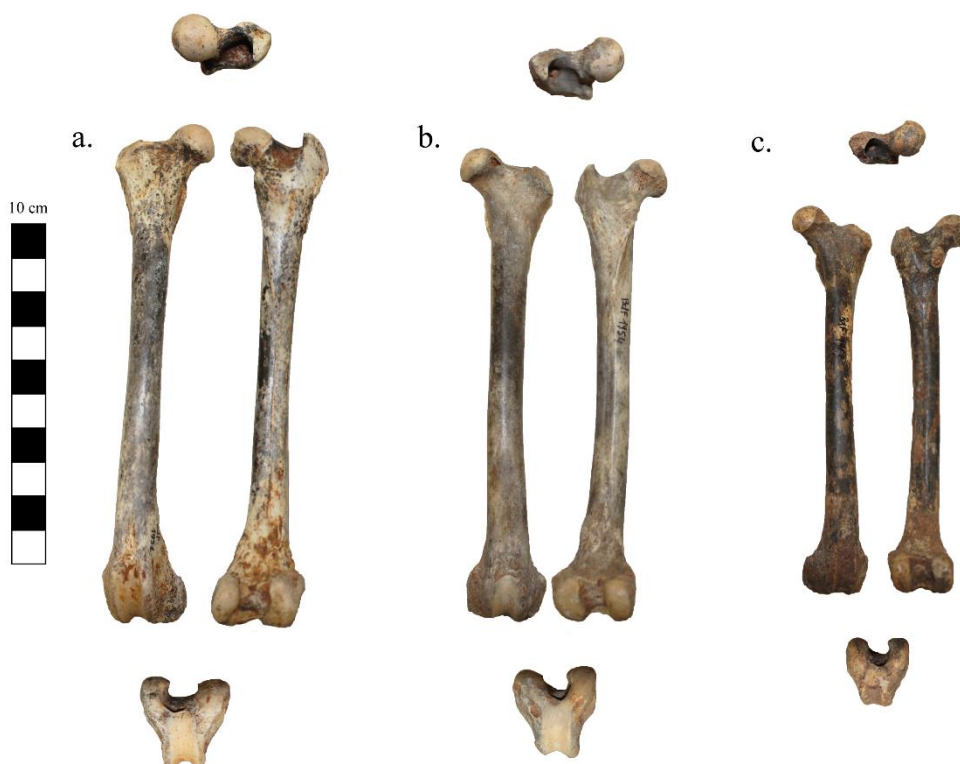


Fig. 6.1.3 - Femori di *Vulpes vulpes*: a. BdF1951; b. BdF1954. Femore di *Vulpes lagopus*: c. BdF1963. (Visione rostrale, caudale, superiore e inferiore).

confronto. BdF1963 (Fig. 6.1.3) si colloca in prossimità del femore fossile di volpe artica (*Vulpes lagopus*) (GBP), consentendo di confermare la medesima determinazione specifica. I restanti femori fossili del Buco del Frate (Fig. 6.1.3), invece, si raggruppano assieme al materiale di confronto appartenente alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*), risultando identificabili come tale. Inoltre, il femore fossile di Grotta di Fumane (RF-36), determinato a livello di genere come *Vulpes* sp. (Cassoli & Tagliacozzo, 1994), si colloca tra le volpi rosse, rappresentandone l'elemento di dimensioni minori. Pertanto, si ritiene che possa essere attribuito ad una volpe rossa (*Vulpes vulpes*) di piccole dimensioni.

Le tibie fossili rinvenute presso il Buco del Frate, per la maggior parte, si collocano graficamente assieme al materiale, sia fossile che attuale, di volpe rossa (Fig. 5.1.4; Fig. 5.2.4). A fare eccezione è BdF3151 (Fig. 6.1.4), che a sua volta si distingue da questi, posizionandosi con la tibia fossile di volpe artica (*Vulpes lagopus*) (GBP) (Fig. 5.1.4; Fig. 5.2.4), permettendo di conferirgli la stessa

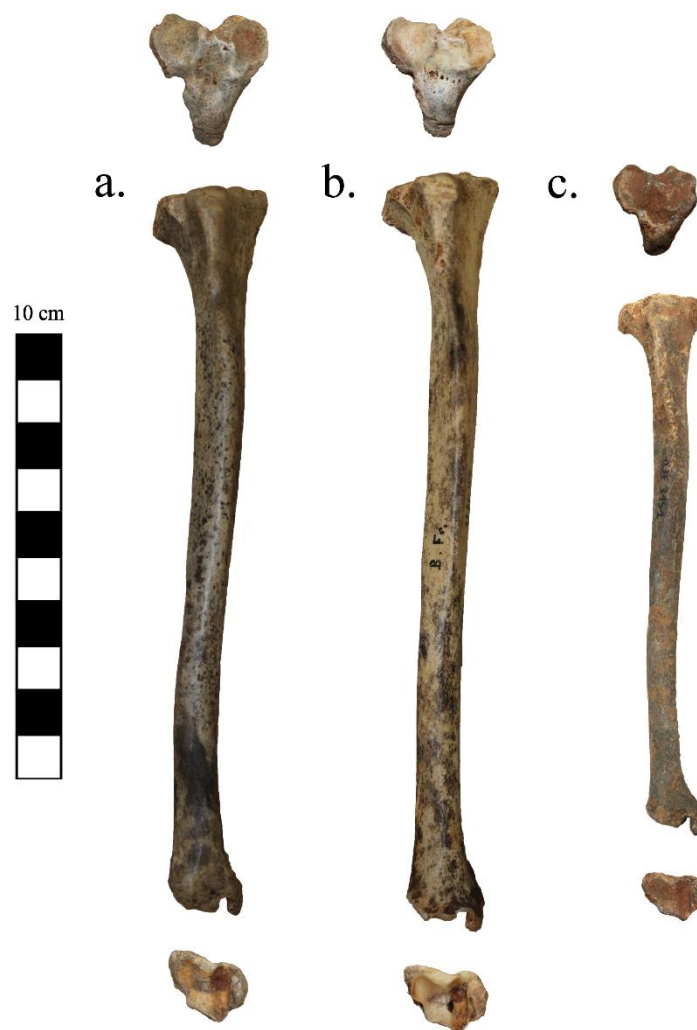


Fig. 6.1.4 - Tibia di *Vulpes vulpes*: a. BdF1975; b. BdF0450. Tibia di *Vulpes lagopus*: c. BdF3151. (Visione rostrale, superiore e inferiore).

attribuzione tassonomica. I restanti reperti fossili del Buco del Frate (Fig. 6.1.4) risultano appartenenti alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*).

I terzi metatarsali fossili del Buco del Frate (Fig. 6.1.5), salvo il campione BdF1276 (Fig. 6.1.5), si dispongono con le ossa attuali di volpe rossa di confronto, come evidenziato in Fig. 5.1.5 e in Fig. 5.2.5. Di conseguenza, questi metatarsali possono essere determinati come volpe rossa (*Vulpes vulpes*). BdF1276 (Fig. 6.1.5) si colloca in prossimità del campione attuale di volpe di Rüppell (F409), perciò, per le ragioni sopra esposte, la classificazione più plausibile è la volpe artica (*Vulpes lagopus*).

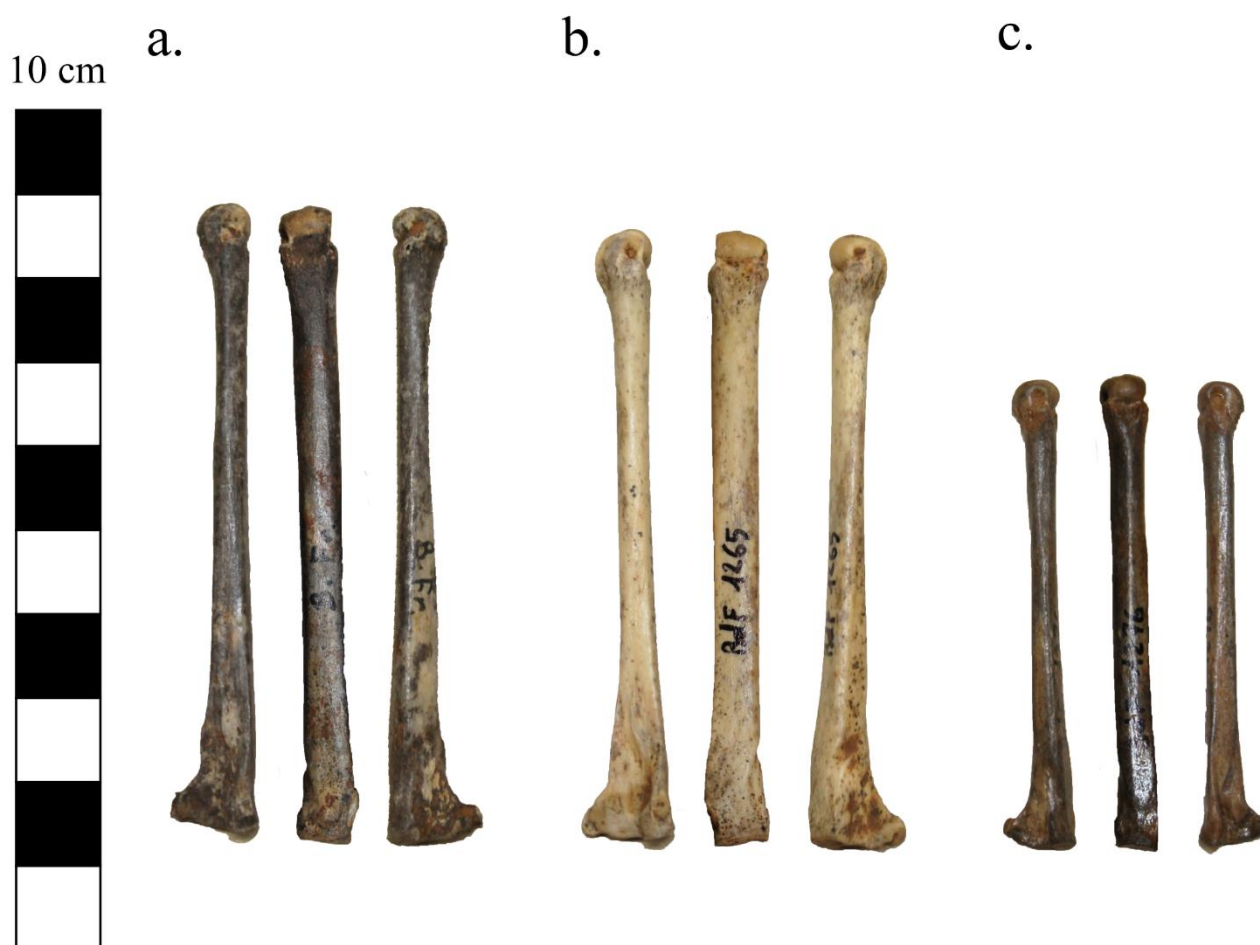


Fig. 6.1.5 - Terzi metatarsali di *Vulpes vulpes*: a. BdF1256; b. BdF1265. Terzo metatarsale di *Vulpes lagopus*: c. BdF1276. (Visione laterale, superiore e mesiale).

Sulla base di queste conclusioni riguardo alla determinazione tassonomica dei fossili del Buco del Frate, su un totale di 497 reperti, solo 5 sono attribuiti con certezza alla volpe artica (*Vulpes lagopus*), mentre le restanti 492 ossa appartengono alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*) (Allegato 1). Con il metodo illustrato nel Capitolo 3, è stato possibile stimare il numero minimo di individui (NMI), che risulta pari a 35 per le volpi rosse e un unico individuo per la volpe artica (Tab. 3.1). Tuttavia, a causa dell'elevata variabilità dimensionale di entrambe le specie, alcune statistiche descrittive relative a dati

biometrici (Ballesio, 1979; Altuna, 2004; Germonpre & Sablin, 2004; Monchot & Gendron, 2010), rivelano come la variabilità dimensionale delle ossa di volpe artica possa sovrapporsi parzialmente a quella della volpe rossa. Un esempio pertinente al materiale studiato in questo lavoro di tesi è l'M<sup>1</sup> di volpe artica attuale (F437). Si tratta di un esemplare di grandi dimensioni, la cui misura di larghezza (B) raggiunge ed è comparabile a quella delle volpi rosse attuali di piccole dimensioni. Pertanto, pur essendo certi che i cinque elementi scheletrici classificati come volpe artica appartengano a questa specie, non escludiamo che tra i reperti attribuiti a volpe rossa possa esserci qualche elemento di volpe artica. Tali elementi, tuttavia, non sono identificabili tramite i soli dati biometrici. Sarà necessario adattare un approccio multidisciplinare, effettuando ulteriori analisi, come l'uso di DNA antico (aDNA) o ZooMS (*Zooarchaeology by mass spectrometry*), su frammenti morfologicamente non/o difficili da identificare.

## 6.2 La dispersione della volpe artica (*Vulpes lagopus*) in Italia

Durante l'ultimo massimo glaciale si è verificato un deterioramento climatico che ha favorito la dispersione di specie animali e vegetali verso i così detti “rifugi glaciali”, tra cui l'Italia, in modo da sopravvivere in condizioni climatiche avverse (Caloi et al., 1986). Numerosi esempi di questo fenomeno sono riportati in letteratura, alcuni dei quali saranno riportati di seguito. L'alce (*Alces alces*) durante l'ultimo massimo glaciale è scomparso in gran parte dell'Europa a causa della diffusione di ambienti steppici, disperdendo verso i rifugi glaciali a latitudini inferiori come la nostra penisola, per poi ricolonizzare l'Europa settentrionale con la ricomparsa di habitat boschivi (Meiri et al. 2020). L'alca impenne (*Alca impennis*) era un uccello non volatore, tipico dei climi freddi e attualmente estinto. Durante l'ultimo periodo glaciale, questa specie raggiunse l'Europa meridionale via mare, penetrando nel Mediterraneo attraverso lo Stretto di Gibilterra. Reperti attribuibili a questa specie sono stati rinvenuti nel sito di Grotta Romanelli, in Puglia (Blanc, 1928; Pieruccini et al. 2022). Un caso studio in ambito botanico è quello dell'abete bianco (*Abies alba*). Questa specie si è andata a distribuire a latitudini inferiori durante l'ultima glaciazione, in particolare in rifugi glaciali come i Balcani e l'Italia centrale, dove si sono originate la maggior parte delle popolazioni attuali (Konnert & Bergmann, 1995; Taberlet et al. 1998). Allo stesso modo, durante l'ultimo massimo glaciale, la volpe artica si è distribuita nell'Europa centrale, dove è documentata la presenza di popolazioni locali. In quel periodo, questa specie ha raggiunto la sua massima estensione areale, per poi estinguersi localmente con l'aumento delle temperature e le variazioni ambientali che ne sono seguite (Sommer & Benecke, 2005; Dalén, 2007). Questa specie durante l'ultima glaciazione ha raggiunto alcuni rifugi glaciali in Europa meridionale, quali la Spagna e l'Italia. I rinvenimenti di volpe artica presso siti

spagnoli, come nel caso di quelli italiani, sono scarsi e si concentrano in tre siti fossiliferi situati a Nord – Ovest dei Pirenei (provincia di Guipúzcoa) (Álvarez-Lao & García, 2010; Álvarez-Lao & García, 2011). Questi reperti sono datati a 35.800 anni cal. BP per il sito di Labeko Koba, quelli rinvenuti nel sito di Amalda a 32.000 anni cal. BP e quelli di Aitzbitarte III sono datati tra i 22.000 e i 24.300 anni cal. BP (Altuna, 1992; Altuna & Mariezkurrena, 2000; Altuna, 2004). Quindi, la presenza di questa specie in Spagna durante il MIS3 risulta rara ed associata alla diffusione di ambienti steppici (Álvarez-Lao & García, 2010; Álvarez-Lao & García, 2011).

La presenza della volpe artica in Italia ad oggi è testimoniata solamente presso due siti: Grotta di Fumane (VR) (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al. 2013; Romandini et al. 2016; Romandini et al. 2018) e Grotta Romanelli (LE) (Compagnoni et al. 1997). Lo studio del materiale proveniente dal Buco del Frate, oggetto del presente lavoro di tesi, fornisce la terza segnalazione della volpe artica nel record fossilifero italiano.

Le segnalazioni di volpe artica presso la Grotta di Fumane riguardano elementi scheletrici morfologicamente simili alla volpe rossa, ma di dimensioni ridotte. Nei livelli musteriani A5-A6, datati dai 44.800 anni ai 42.200 anni cal. BP, sono stati rinvenuti un frammento di emimandibola e due frammenti craniali attribuiti alla volpe artica, riconducibili ad un unico individuo adulto (Romandini et al. 2018). Gli scavi condotti nei livelli uluzziani A4-A3, datati tra i 43.600-43.000 anni e i 41.200 e i 40.400 anni cal. BP, hanno portato alla luce 11 elementi scheletrici determinati come volpe artica, attribuibili a due individui (Tagliacozzo et al. 2013). Nei livelli aurignaziani A2-1, D7-6, D3 (datati tra i  $40.000 \pm 4000/3000$  anni BP e i  $31.600 \pm 400$  anni BP), D2 e D1d-1e sono stati rinvenuti 11 reperti attribuibili a 7 individui. Tra questi figurano una porzione craniale, un epistrofeo, un frammento prossimale di omero, un radio, un'ulna, un osso iliaco, tre frammenti diafisari di tibia e un calcagno. Questi reperti sono stati rinvenuti in livelli dominati da specie adattate a climi freddi come il ghiottone, la marmotta e le leprie artiche, inoltre caratterizzati dalla massima diffusione dello stambecco (Cassoli & Tagliacozzo, 1994).

Grotta Romanelli ha restituito, dai livelli epigravettiani, una popolazione fossile di volpi, in gran parte determinate come volpi rosse. Tuttavia, sono stati rinvenuti alcuni elementi di piccola taglia. La presenza della volpe artica in questo sito è incerta, così come le attribuzioni a questa specie. Gli unici elementi scheletrici che si distinguono in chiaramente dalla volpe rossa sono un radio e un'emimandibola, per i quali la determinazione tassonomica come volpe artica appare più plausibile (Compagnoni et al. 1997).

I reperti del Buco del Frate, come affermato nel sottocapitolo 6.1, permettono di attestare la presenza di un individuo di volpe artica, rappresentato da 5 elementi scheletrici (BdF – 1245, BdF – 1915, BdF

– 1963, BdF – 3151 e BdF - 1276). In questo sito, datato a 41.130 – 40.465 anni cal. BC (MIS3), sono stati rinvenuti altri elementi freddi come la marmotta e il ghiottone. Inoltre, il paleoambiente rivelato dallo studio dei micromammiferi era una taiga aperta caratterizzata da scarsa copertura vegetale. Si tratta quindi di un contesto paleoecologico, la steppa dei Mammuth, caratterizzato da condizioni paleoclimatiche in cui le temperature medie annuali raggiungevano i 7.8°C, la temperatura media del mese più caldo i 19.5 °C e quella del mese più freddo i -3.6°C, con delle precipitazioni medie annue pari a 628 mm (Bona et al. 2023). Le condizioni paleoambientali e paleoclimatiche testimoniate dal Buco del Frate sono compatibili con la presenza della volpe artica in questo momento del MIS3 (Fig. 6.2.1).



Fig. 6.2.1 – Ricostruzione paleoambientale dell'area del Buco del Frate nella parte finale del MIS3 (illustrazione realizzata da Valeria Carnevali -@natur\_val-)

La dispersione della volpe artica in Italia è un evento che può essere fatto risalire all'ultima glaciazione. Riteniamo plausibile che la penetrazione di questa specie in Italia possa essere avvenuta a partire dalle popolazioni centroeuropee testimoniate a livello fossile e a livello genetico (Sommer & Benecke, 2005; Dalen, 2007). Sarebbe interessante valutare la possibilità di sottoporre le ossa del Buco del Frate, attribuite alla volpe artica, ad analisi genetiche, qualora tali reperti lo consentissero, per verificare l'appartenenza a questa popolazione centroeuropea. Tuttavia, in Italia, la scarsità di

reperi fossili attribuiti a questa specie indica che la sua presenza fosse sporadica durante il MIS3. Una possibile spiegazione di tale rarità è imputabile alla conformazione topografica italiana, caratterizzata dalla catena alpina. Le Alpi, infatti, rappresentano un'importante barriera geografica che potrebbe aver ostacolato la dispersione della volpe artica nella nostra penisola. Nonostante ciò, la disponibilità di ambienti steppici in Italia durante il MIS3 potrebbe aver rappresentato il limite meridionale di distribuzione geografica di *Vulpes lagopus*, favorendone la dispersione.

### **6.3 Morfologia dei carnassiali di volpe rossa (*Vulpes vulpes*) del Buco del Frate**

Nel capitolo 5.3 sono state illustrate le frequenze dei gruppi di morfotipi che caratterizzano il carnassiale superiore ( $P^4$ ) e inferiore ( $M_1$ ) (Fig. 3.3) nelle volpi rosse fossili del Buco del Frate e in quelle attuali utilizzate come confronto. Si osserva che, per ogni gruppo di morfotipi, relativo a diverse aree del dente, si riscontrano morfologie differenti. Questo rappresenta un esempio dell'adattabilità del genotipo della volpe rossa, che le consente di rispondere ai rapidi cambiamenti ambientali. In questo modo, la specie è riuscita ad adattarsi con successo a ambienti fortemente antropizzati. Nel caso specifico della dentizione, questa grande adattabilità fenotipica della morfologia dentaria le permette di sfruttare diverse fonti alimentari, garantendo così il successo evolutivo della specie (Szuma, 2020).

Il  $P^4$ , il carnassiale superiore, nella porzione rostrale della corona può assumere differenti morfologie, descritte dal gruppo di morfotipi D (Fig. 3.3). Tra i denti fossili e quelli attuali di confronto, si osservano differenti frequenze di questi polimorfismi. Tra i primi, è molto comune la presenza di una piccola depressione del profilo del dente (morfotipo D2), rispetto alla presenza di una depressione accentuata a “U” (morfotipo D3). Tra i campioni attuali si osserva la situazione opposta, la depressione accentuata del morfotipo D3 è molto frequente, mentre lo è meno il morfotipo D2. Infine, è rara l'assenza di depressione lungo il margine rostrale della corona (morfotipo D3), che nei fossili non si osserva. Per quanto riguarda il margine anteriore del paracono (morfotipi E) (Fig. 3.3), le frequenze dei diversi polimorfismi sono paragonabili. L'assenza di convessità in questa parte del carnassiale e l'assenza di una piccola cuspide (morfotipo E1) è la situazione più comune sia tra i fossili che tra gli attuali; e allo stesso modo sono seguiti in entrambi i gruppi dalla presenza di una piccola cuspide rostrale (morfotipo E3). La convessità del margine del paracono (morfotipo E2) non si riscontra nei fossili ed è poco frequente negli attuali. E1 ed E2 sono morfotipi arcaici che si riscontrano, a basse frequenze, tipicamente in Asia ed in Europa (Szuma, 2007). La morfologia della corona lungo il margine buccale (morfotipi F) presenta tre polimorfismi (Fig. 3.3). Nei fossili il più frequente è la presenza di una concavità mediale (morfotipo F2), seguito dalla presenza di due

concavità, una nella parte mediale e una in quella distale (morfotipo F3). Negli attuali F2 e F3 hanno frequenze paragonabili; infine, sia nei fossili che negli attuali è poco comune F1, ovvero, l'assenza di concavità, poco più frequente nei primi. La porzione linguale del carnassiale superiore (morfotipi G) (Fig. 3.3) può essere caratterizzata da un cingolo continuo (morfotipo G1), situazione osservata comunemente sia nei denti fossili che in quelli attuali, oppure da un cingolo che si interrompe nella parte mediale (morfotipo G2), assente negli attuali e poco frequente nei fossili. Il morfotipo G1 è un carattere arcaico, che differenzia le volpi rosse paleartiche da quelle neartiche, infatti, nella prima risulta la morfologia più frequente, mentre nei secondi è poco comune al contrario di G2 (Szuma, 2007).

L'M<sub>1</sub>, ossia il carnassiale inferiore, nella sua porzione posterolinguale evidenzia tre varianti (morfotipi K) (Fig. 3.3). La morfologia più frequente nei fossili e negli attuali è rappresentata dalla presenza dell'entoconulide tra il metaconide e l'entoconide (K2), seguito in entrambi dall'assenza dell'entoconulide (K1) e per finire con la presenza di entoconulide e metaconulide (K3). Le morfologie della parte posterobuccale del carnassiale inferiore (morfotipi L) presenta tre polimorfismi (Fig. 3.3), che si distribuiscono in maniera simile tra fossili e attuali. L'assenza di conuli tra il protoconide e l'ipoconide (morfotipo L1) è il più comune in entrambi i gruppi, ma negli attuali con una frequenza nettamente maggiore rispetto ai fossili. Negli attuali questi ultimi due morfotipi hanno frequenza molto ridotta. Per i fossili, di seguito c'è la presenza di un conulo tra il protoconide e l'ipoconide (morfotipo L2) e infine la presenza di due conuli (morfotipo L3). Relativamente a queste piccole cuspidi aggiuntive, tipicamente sono considerate come un'adattamento all'ipocarnivoria. Si può assumere che la dieta delle volpi rosse del Buco del Frate fosse meno carnivora rispetto a quella delle volpi rosse attuali studiate, permettendo di sfruttare efficacemente a differenti fonti alimentari. Nella volpe rossa, la morfologia dentaria è variata nel tempo, permettendo una rapida risposta evolutiva a variazioni della nicchia trofica, determinandone l'adattabilità a contesti soggetti a repentini cambiamenti (Szuma, 2007; 2020).

## Capitolo 7 – Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha consentito di condurre uno studio approfondito sulla popolazione fossile di volpi rinvenuta nel sito fossilifero del Buco del Frate (BS). L'analisi morfometrica dei dati biometrici ottenuti dal materiale fossile in esame e dal materiale di confronto, sia fossile che attuale, ha portato a conclusioni significative. Dai risultati emersi, è stato possibile attribuire la maggior parte dei reperti fossili alla volpe rossa (*Vulpes vulpes*). In questo lavoro sono state utilizzate le misure biometriche di un femore fossile proveniente dalla Grotta di Fumane, pubblicate da Cassoli & Tagliacozzo (1994), inizialmente identificate come *Vulpes* sp. Secondo quanto osservato durante le nostre analisi, potrebbe trattarsi di un esemplare di *V. vulpes* di piccole dimensioni. L'aspetto più degno di nota dello studio riguarda l'identificazione di un individuo appartenente alla volpe artica (*Vulpes lagopus*), risalente al MIS3. Ad oggi, la presenza di questa specie in Italia era documentata unicamente in due siti, ovvero Grotta di Fumane (Cassoli & Tagliacozzo, 1994; Tagliacozzo et al., 2013; Romandini et al., 2016; Romandini et al., 2018) e Grotta Romanelli (Compagnoni et al., 1979). La segnalazione della volpe artica presso il Buco del Frate consente di condurre studi futuri, anche multidisciplinari. Tra questi, l'analisi del DNA antico (aDNA) consentirebbe di chiarire l'origine biogeografica degli esemplari pleistocenici italiani appartenenti a questa specie.

Un'ulteriore analisi condotta sulle volpi rosse (*Vulpes vulpes*) fossili del Buco del Frate e sul materiale di confronto attuale, in particolare sui carnassiali superiori ( $P^4$ ) e inferiori ( $M_1$ ), ha riguardato l'analisi dei morfotipi dentari. Questo approccio ha permesso di ottenere una panoramica delle frequenze delle diverse morfologie riscontrabili su queste strutture, esplorando la variabilità intraspecifica. Inoltre, è stato possibile confrontare le frequenze di questi polimorfismi tra i campioni fossili e quelli attuali. In particolare, la presenza di numerose cuspidi sul carnassiale inferiore delle volpi del Buco del Frate sembrerebbe indicare una dieta meno carnivora rispetto a quella delle volpi attuali utilizzate come confronto.

## Capitolo 8 – Bibliografia

1. Abbazzi L., Fanfani F., Ferretti M. P., Rook L., Cattani L., Masini F., Mallegni F., Negrino F., Tozzi C. (2000). New human remains of archaic Homo sapiens and Lower Palaeolithic industries from Visogliano (Duino Aurisina, Trieste, Italy). *Journal of Archaeological Science*, 27(12), 1173-1186, <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0541>
2. Alexandra M. Audet, C. Brian Robbins, and Serge Larivière (2002). "*Alopex lagopus*," *Mammalian Species* (713), 1-10, [https://doi.org/10.1644/1545-1410\(2002\)713<0001:AL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1410(2002)713<0001:AL>2.0.CO;2)
3. Altuna J. (2004). Studio biometrico di *Vulpes vulpes* L. e *Alopex lagopus* L.: contributo alla loro differenziazione nei siti paleolitici della Cantabria. *Munibe Antropologia-Archeologia*, 56, 45-59.
4. Álvarez-Lao D. J. & Garcia N. (2010). Chronological distribution of Pleistocene cold-adapted large mammal faunas in the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 212(2), 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.02.029>
5. Álvarez-Lao D. J. & Garcia N. (2011). Geographical distribution of Pleistocene cold-adapted large mammal faunas in the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 233(2), 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.04.017>
6. Ballesio R. (1979). Le gisement pléistocène supérieur de Jaurens à Nespouls, Corrèze, France: Les carnivores (*Mammalia*, *Carnivora*). I: *Canidae* et *Hyaenidae*. In: *Nouvelles archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon*, tome 17, pp. 25-56.
7. Bartolini-Lucenti S., Madurell-Malapeira J., 2020. Unraveling the fossil record of foxes: An updated review on the Plio-Pleistocene *Vulpes* ssp. from Europe. *Quaternary Science Reviews*, 236: 106296, [10.1016/j.quascirev.2020.106296](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106296)
8. Bona F., 2005. I depositi del Pleistocene Superiore della Caverna Generosa (Lo Co 2694) analisi paleontologica ed interpretazioni paleoambientali. Tesi di dottorato in Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano.
9. Bona F., Laurenti B., Delfino M. (2009). Climatic fluctuations during the last glacial in the north-western Lombardian Prealps: The Upper Pleistocene faunal assemblages of the Caverna Generosa (Como, Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 115(2), 253-267. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/6382>
10. Bona F., Baioni M., Cilli E. (2023). Paleoclimate and paleoenvironment in north-western Italy (Southern Alps) during the last glacial stage: The small-mammal record from the Buco del Frate cave (Prevalle – Brescia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 129(1), 79-90. <https://doi.org/10.54103/2039-4942/18113>

11. Bonifay M. (1971). Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 334p. (Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Sér. C – Sciences de la Terre (1950-1992); 21 (2).
12. Blanc G. A. (1927). Sulla presenza di *Alca impennis* Linn. nella formazione superiore di Grotta Romanelli in Terra d'Otranto. Archivio per l'Antropologia e la Etnologia, 58, 155–186.
13. Caloi L., Gliozzi E., Kotsakis T., Palombo M. R. (1986). On the Paleobiogeography of Pleistocenic Italian Mammals / Osservazioni sulla paleobiogeografia dei mammiferi del Pleistocene italiano. Hystrix, 1(1). <https://doi.org/10.4404/hystrix-1.1-3869>
14. Cassoli P.F., Tagliacozzo A. 1994. Considerazioni paleontologiche, paleoeconomiche e archeozoologiche sui macromammiferi e gli uccelli dei livelli del Pleistocene superiore del Riparo di Fumane (VR) (Scavi 1988-91). Bullettino Museo Civico Storia Naturale Verona, vol. 18, pp. 349-445.
15. Cassoli P. F., Tagliacozzo A. (1994). I resti ossei di macromammiferi, uccelli e pesci della Grotta Maggiore di San Bernardino sui Colli Berici (VI): considerazioni paleoeconomiche, paleoeco-logiche e cronologiche. Bul Paletol Ital 85:1–71
16. Compagnoni B., Curci A., Tagliacozzo A. (1997). Exploitation of the fox in the Epigravettian levels of Grotta Romanelli (Apulia, Italy): Old world hunters and gatherers - L'exploitation du renard dans les niveaux épigravettiens de la Grotta Romanelli (Pouilles, Italie) International Conference for Archaeozoology, Icaz (25-26): 319-328.
17. Dalén L., Nyström V., Valdiosera C., Germonpré M., Sablin M., Turner E., Angerbjörn A., Arsuaga J. L., Götherström A. (2007). Ancient DNA reveals a lack of habitat tracking in the Arctic fox. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(16), 6726–6729. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701341104>
18. de Bonis L, Peigné S, Likius A, Mackaye HT, Vignaud P, Brunet M. The oldest African fox (*Vulpes ruffatus* n. sp., Canidae, Carnivora) recovered in late Miocene deposits of the Djurab desert, Chad. Naturwissenschaften. 2007 Jul;94(7):575-80. doi: 10.1007/s00114-007-0230-6. Epub 2007 Mar 15. PMID: 17361401, [10.1007/s00114-007-0230-6](https://doi.org/10.1007/s00114-007-0230-6)
19. De Lorenzi M., Terlato G., Peresani M. (2024). Archeozoologia dei mammiferi del Paleolitico medio (Unità V, MIS 5) di Grotta Maggiore di San Bernardino (Vicenza) – Preistoria Alpina, 54: 05-16.
20. Geptner V. G. (1988). Mammals of the Soviet Union, Volume 2, Part 1 (A. G. Bannikov, Ed.). Smithsonian Institution Libraries and National Science Foundation.
21. Germonpré M., Sablin M. V. (2004). Systematics and osteometry of Late Glacial foxes from Belgium. Bull Inst R Sci Nat Belg Sci 74:75–188

22. Guérin C., Philippe M., Vilain R. (1979). Le gisement pléistocène supérieur de la Grotte de Jaurens à Nespouls, Corrèze, France: Historique et généralités. *Nouvelles Archives du Museum d'Histoire Naturelle de Lyon*, 17, 11-16, pl. 1.
23. Guérin C., Ballesio R., Beden M., Bouvier J., Faure M., Lopez Martinez N., Mallye J.-B., Mourer-Chauviré C., Mein P., Philippe M., Rage J.-C., Valli A., Vilain R. (2002). Conclusion générale sur la faune du Pléistocène supérieur de la grotte de Jaurens (commune de Nespouls, Corrèze, France). *Publications du musée des Confluences*, 4, 55–66.
24. Hartstone-Rose A., Kuhn B. F., Nalla S., Werdelin L., & Berger, L. R. (2013). A new species of fox from the *Australopithecus sediba* type locality, Malapa, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 68(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/0035919X.2012.748698>
25. Hillson S. (2016). *Mammal Bones and Teeth: An Introductory Guide to Methods of Identification* (Illustrated edition). Routledge.
26. Jeffrey V. Yule, Wang X., and R. H. Tedford (2008). Dogs: Their Fossil Relatives and Evolutionary History. Columbia University Press, New York, New York, 219 pp., *Journal of Mammalogy*, Volume 90, Issue 2, 14 April 2009, Pages 525–526, <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-R-282.1>
27. Johnson E. (2015). A skeletal comparison of Domestic Dog (*Canis familiaris*), Red Fox (*Vulpes vulpes*), Badger (*Meles meles*) and Domestic Cat (*Felis catus*). University of Exeter.
28. Konnert M., & Bergmann F. (1995). The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution*, 196(1/2), 19–30.
29. Lembo G., Arzarello M., Fontana F., Peresani M., Peretto C., Sala B., & Thun Hohenstein U. (2020). Museologia scientifica e naturalistica: Le ricerche preistoriche dell'Università di Ferrara. *Annali Università di Ferrara*, 15, 1-xx, <https://doi.org/10.15160/1824-2707/15/0>
30. López-García J. M., Luzi E., Peresani M. (2017). Middle to Late Pleistocene environmental and climatic reconstruction of the human occurrence at Grotta Maggiore di San Bernardino (Vicenza, Italy) through the small-mammal assemblage. *Quaternary Science Reviews*, 168, 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.05.005>
31. Madurell-Malapeira J., Bartolini Lucenti S., Alba D.M. (2021). Middle Pleistocene fox from the Vallparadís Section (Vallès-Penedès Basin, NE Iberian Peninsula) and the earliest records of the extant red fox. *Riv. It. Paleontol. Strat.*, 127 (1), 179–187, <https://doi.org/10.13130/2039-4942/15229>

32. Meiri M., Lister A., Kosintsev P., Zazula G., Barnes I. (2020). Population dynamics and range shifts of moose (*Alces alces*) during the Late Quaternary. *Journal of Biogeography*, 47(3). <https://doi.org/10.1111/jbi.13935>
33. Monchot H. & Gendron D. (2010). Disentangling long bones of foxes (*Vulpes vulpes* and *Alopex lagopus*) from arctic archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, 37(4), 799–806. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.11.009>
34. Norén K., White P.A., Angerbjörn A. (2023). Arctic Fox *Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758). In: Hackländer, K., Zachos, F.E. (eds) Handbook of the Mammals of Europe. Handbook of the Mammals of Europe. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-65038-8\\_116-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-65038-8_116-1)
35. Pasa A. (1958) - La fauna del Buco del Frate (Brescia). Nota preliminare. *Commentari Ateneo Brescia*: 231-235.
36. Petronio C., Petrucci M. & Salari L. (2006) - La volpe nel Pleis-tocene superiore della Puglia: indicazioni paleoambien-tali. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 30: 59-78.
37. Petronio C., Di Stefano G., Kotsakis T., Salari L., Marra F. & Jicha B.R. (2019) - Biochronological framework for the late Galerian and early-middle Aurelian Mammal Ages of peninsular Italy. *Geobios*, 53: 35-50, [10.1016/j.geobios.2019.02.002](https://doi.org/10.1016/j.geobios.2019.02.002)
38. Pieruccini P., Forti L., Mecozzi B., Iannucci A., Yu T.-L., Shen C.-C., Bona F., Lembo G., Muttillio B., Sardella R., Mazzini I. (2022). Stratigraphic reassessment of Grotta Romanelli sheds light on Middle-Late Pleistocene palaeoenvironments and human settling in the Mediterranean. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16906-9>
39. Reynolds Sidney H., Palaeontographical Society., and Palaeontographical Society. *A Monograph of the British Pleistocene Mammalia. Vol.2, Pt.3, The Canidae*. London: Printed for the Palaeontographical Society, 1909. Print.
40. Schmidt E. (1972). Atlas of Animal Bones: For Prehistorians, Archaeologists and Quaternary Geologists. *Knochenatlas. Für Prähistoriker, Archäologen und Quartärgeologen*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
41. Serge Larivière, Maria Pasitschniak-Arts (2006). *Vulpes vulpes*, *Mammalian Species*, Issue 537, 27, Pages 1–11, <https://doi.org/10.2307/3504236>
42. Sessa E., Bona F., Angiolini L. (2020). Frost action and human occupation during the Late Pleistocene in the Italian Southern Alps: Micromorphological evidences from the Caverna Generosa cave. *Italian Journal of Geosciences*, 140(2), 1-16, <https://doi.org/10.3301/IJG.2020.28>

43. Simoni P. (1971) - Ricerche paleontologiche nella grotta Buco del Frate (n. 1 LO - Prevalle, Brescia). *Annali del Museo Notiziario di preistoria e archeologia edito dalla Associazione Civico Museo Gruppo Grotte Gavardo*, 9: 43-86.
44. Sommer R. S., & Benecke N. (2005). Late-Pleistocene and early Holocene history of the canid fauna of Europe (Canidae). *Mammalian Biology*, 70(4), 227-241, [10.1016/j.mambio.2004.12.001](https://doi.org/10.1016/j.mambio.2004.12.001)
45. Sommer R. S., & Nadachowski A. (2006). Glacial refugia of mammals in Europe: Evidence from fossil records. *Mammal Review*, 36(4), 251-265, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2006.00093.x>
46. Szuma E. (2002). Dental polymorphism in a population of the red fox (*Vulpes vulpes*) from Poland. *Journal of Zoology*, London 256: 243–253, [10.1017/S0952836902000286](https://doi.org/10.1017/S0952836902000286)
47. Szuma E. (2003). Microevolutionary trends in the dentition of the Red fox (*Vulpes vulpes*). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 41: 47–56, [10.1046/j.1439-0469.2003.00196.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0469.2003.00196.x)
48. Szuma E. (2007). Geography of dental polymorphism in red fox *Vulpes vulpes* and its evolutionary implications. *Biological Journal of the Linnean Society*, 90(1), 61–84. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2007.00712.x>
49. Szuma E., Germonpré M. (2020) Were ancient foxes far more carnivorous than recent ones? —Carnassial morphological evidence. *PLoS ONE* 15(1): e0227001. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227001>
50. Romandini M., Tagliacozzo A., Fiore I., Gala M., Peresani M. (2016). Strategie di sfruttamento delle risorse animali dei livelli uluzziani di Grotta di Fumane (Verona). In U. Thun Hohenstein, M. Cangemi, I. Fiore, & J. De Grossi Mazzorin (a cura di), *Atti del 7° Convegno Nazionale di Archeozoologia: Museologia Scientifica e Naturalistica*. Annali dell'Università degli Studi di Ferrara.
51. Romandini M., Thun hohenstein U., Fiore I., Tagliacozzo A., Perez A., Lubrano V., Terlato G., Peresani M. (2018). Late neandertals and the exploitation of small mammals in northern Italy: fortuity, necessity or hunting variability? *Quaternaire*, vol. 29/1 | 2018, 61-67.
52. Taberlet P., Fumagalli L., Wust-Saucy A.-G., Cosson J.-F. (2002). Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology*, 7(4), 453–464. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00289.x>
53. Tagliacozzo, A., Romandini, M., Fiore, I., Gala, M., Peresani, M. (2013). Animal Exploitation Strategies during the Uluzzian at Grotta di Fumane (Verona, Italy). In: Clark, J., Speth, J.

- (eds) Zooarchaeology and Modern Human Origins. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology. Springer, Dordrecht [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6766-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6766-9_8)
54. Von den Driesch, A. 1976. Bone Measurement for Archaeologists. Peabody Museum, Bulletin no. 1, Harvard University.
  55. Wang, X., Tedford, R.H., Van Valkenburgh, B., Wayne, R.K. (2004). Evolutionary history, molecular systematics, and evolutionary ecology of canidae. In: Macdonald, D.W., Sillero-Zubiri, C. (Eds.), Biology and Conservation of Wild Canids. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, pp. 39–54.
  56. Wang X., Tseng Z., Li Q., Takeuchi G.T., Xie G. (2014). From ‘third pole’ to north pole: A Himalayan origin for the arctic fox. Proc. R. Soc. B Biol. Sci., 281, 20140893, [10.1098/rspb.2014.0893](https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0893)
  57. Zrzavý J., P. Duda, J. Robovský, I. Okřínová, V. PavelkováŘičánková (2018). Phylogeny of the Caninae (Carnivora): combining morphology, behaviour, genes and fossils. Zoologica Scripta 47:373–389, <https://doi.org/10.1111/zsc.12293>

## Capitolo 9 – Sitografia

- I. <https://public.opendatasoft.com/explore/dataset/world-administrative-boundaries/export/>
- II. <https://www.iucnredlist.org/species/23062/193903628>
- III. <https://www.iucnredlist.org/species/899/57549321>

## Allegato 1 – Lista faunistica

| N° inventario | Taxon                | Distretto anatomico | Siding | N. |
|---------------|----------------------|---------------------|--------|----|
| BdF0122       | <i>Vulpes vulpes</i> | Mascellare          | dx     | 1  |
| BdF0123       | <i>Vulpes vulpes</i> | Mascellare          | sx     | 1  |
| BdF0124       | <i>Vulpes vulpes</i> | C <sub>inf</sub>    | sx     | 1  |
| BdF0125       | <i>Vulpes vulpes</i> | C <sub>inf</sub>    | sx     | 1  |
| BdF0126       | <i>Vulpes vulpes</i> | M <sub>1</sub>      | dx     | 1  |
| BdF0127       | <i>Vulpes vulpes</i> | M <sub>1</sub>      | sx     | 1  |
| BdF0128       | <i>Vulpes vulpes</i> | P <sub>3</sub>      | sx     | 1  |
| BdF0287       | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia               | dx     | 1  |
| BdF0392       | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola        | dx     | 1  |
| BdF0393       | <i>Vulpes vulpes</i> | M <sup>2</sup>      | dx     | 1  |
| BdF0450       | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia               | dx     | 1  |
| BdF0451       | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero               | sx     | 1  |
| BdF0452       | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola        | dx     | 1  |
| BdF0548       | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio              |        | 1  |
| BdF0549       | <i>Vulpes vulpes</i> | Costa               |        | 1  |
| BdF1173       | <i>Vulpes vulpes</i> | Calcagno            | sx     | 1  |
| BdF1176       | <i>Vulpes vulpes</i> | Atlante             |        | 1  |
| BdF1202       | <i>Vulpes vulpes</i> | Scapola             | sx     | 1  |
| BdF1203       | <i>Vulpes vulpes</i> | Scapola             | dx     | 1  |
| BdF1204       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | dx     | 1  |
| BdF1205       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | dx     | 1  |
| BdF1206       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | dx     | 1  |
| BdF1207       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | dx     | 1  |
| BdF1208       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | dx     | 1  |
| BdF1209       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | dx     | 1  |
| BdF1210       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | dx     | 1  |
| BdF1211       | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale              | sx     | 1  |
| BdF1216       | <i>Vulpes vulpes</i> | Atlante             |        | 1  |
| BdF1217       | <i>Vulpes vulpes</i> | Atlante             |        | 1  |
| BdF1218       | <i>Vulpes vulpes</i> | Epistrofeo          |        | 1  |
| BdF1219       | <i>Vulpes vulpes</i> | Epistrofeo          |        | 1  |

|         |                       |                       |    |    |
|---------|-----------------------|-----------------------|----|----|
| BdF1220 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Epistrofeo            |    | 1  |
| BdF1221 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Epistrofeo            |    | 1  |
| BdF1222 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Epistrofeo            |    | 1  |
| BdF1223 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Scapola               | dx | 1  |
| BdF1224 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Scapola               | sx | 1  |
| BdF1225 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Scapola               | dx | 1  |
| BdF1226 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Emimandibola          | dx | 1  |
| BdF1227 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Emimandibola          | sx | 1  |
| BdF1228 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Emimandibola          | sx | 1  |
| BdF1229 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Osso<br>zigomatico    | sx | 1  |
| BdF1230 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero                 | sx | 1  |
| BdF1232 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra<br>cervicale |    | 10 |
| BdF1233 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra dorsale      |    | 20 |
| BdF1234 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra<br>lombare   |    | 34 |
| BdF1235 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra<br>caudale   |    | 3  |
| BdF1236 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Osso temporale        | dx | 1  |
| BdF1237 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Atlante               |    | 1  |
| BdF1238 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Atlante               |    | 1  |
| BdF1239 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Atlante               |    | 1  |
| BdF1240 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Epistrofeo            |    | 1  |
| BdF1241 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Epistrofeo            |    | 1  |
| BdF1242 | <i>Vulpes vulpes</i>  | C <sub>inf</sub>      | sx | 1  |
| BdF1243 | <i>Vulpes vulpes</i>  | C <sub>sup</sub>      | sx | 1  |
| BdF1244 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Mascellare            | dx | 1  |
| BdF1245 | <i>Vulpes lagopus</i> | Mascellare            | sx | 1  |
| BdF1248 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Emimandibola          | dx | 1  |
| BdF1250 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore                | dx | 1  |
| BdF1251 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero                 | sx | 1  |
| BdF1252 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna                  | dx | 1  |
| BdF1253 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mt                 | dx | 1  |
| BdF1254 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mt                 | dx | 1  |
| BdF1255 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mt                 | dx | 1  |

|         |                       |            |    |   |
|---------|-----------------------|------------|----|---|
| BdF1256 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mt     | dx | 1 |
| BdF1257 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mt     | dx | 1 |
| BdF1258 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mt     | sx | 1 |
| BdF1259 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt      | dx | 1 |
| BdF1260 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt      | sx | 1 |
| BdF1261 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mc      | dx | 1 |
| BdF1262 | <i>Vulpes vulpes</i>  | V Mc       | dx | 1 |
| BdF1263 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mc      | sx | 1 |
| BdF1264 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt      | dx | 1 |
| BdF1265 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mt     | sx | 1 |
| BdF1266 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mt     | sx | 1 |
| BdF1267 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mc      | dx | 1 |
| BdF1268 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mc      | dx | 1 |
| BdF1269 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt      | sx | 1 |
| BdF1270 | <i>Vulpes vulpes</i>  | V Mt       | sx | 1 |
| BdF1271 | <i>Vulpes vulpes</i>  | V Mc       | dx | 1 |
| BdF1272 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mc     | sx | 1 |
| BdF1273 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Metapode   |    | 3 |
| BdF1274 | <i>Vulpes vulpes</i>  | I falange  |    | 1 |
| BdF1275 | <i>Vulpes vulpes</i>  | I falange  |    | 1 |
| BdF1276 | <i>Vulpes lagopus</i> | III Mt     | dx | 1 |
| BdF1326 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero      | dx | 1 |
| BdF1327 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio      | dx | 1 |
| BdF1328 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio      | sx | 1 |
| BdF1329 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Astragalo  | dx | 1 |
| BdF1330 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mc     | sx | 1 |
| BdF1331 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mc     | sx | 1 |
| BdF1437 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero      | dx | 1 |
| BdF1438 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia      | dx | 1 |
| BdF1439 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Osso sacro |    | 1 |
| BdF1440 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore     | sx | 1 |
| BdF1441 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna       | dx | 1 |
| BdF1442 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Cranio     |    | 1 |
| BdF1443 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio      | dx | 1 |
| BdF1444 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia      | dx | 1 |
| BdF1445 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt      | dx | 1 |

|         |                      |                       |    |   |
|---------|----------------------|-----------------------|----|---|
| BdF1446 | <i>Vulpes vulpes</i> | II Mt                 | sx | 1 |
| BdF1447 | <i>Vulpes vulpes</i> | II Mt                 | dx | 1 |
| BdF1448 | <i>Vulpes vulpes</i> | Epistrofeo            |    | 1 |
| BdF1449 | <i>Vulpes vulpes</i> | Atlante               |    | 1 |
| BdF1469 | <i>Vulpes vulpes</i> | Scapola               | dx | 1 |
| BdF1470 | <i>Vulpes vulpes</i> | Scapola               | dx | 1 |
| BdF1471 | <i>Vulpes vulpes</i> | I Mc o Mt             |    | 1 |
| BdF1472 | <i>Vulpes vulpes</i> | III Mt                | sx | 1 |
| BdF1473 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt                 | dx | 1 |
| BdF1474 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mc                 | sx | 1 |
| BdF1475 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mc                  | sx | 1 |
| BdF1476 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt                 | sx | 1 |
| BdF1477 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapode              |    | 1 |
| BdF1478 | <i>Vulpes vulpes</i> | Ulna                  | sx | 1 |
| BdF1479 | <i>Vulpes vulpes</i> | Ulna                  | dx | 1 |
| BdF1480 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale                | dx | 1 |
| BdF1481 | <i>Vulpes vulpes</i> | M <sup>1</sup>        | sx | 1 |
| BdF1482 | <i>Vulpes vulpes</i> | I falange             |    | 1 |
| BdF1483 | <i>Vulpes vulpes</i> | I falange             |    | 1 |
| BdF1484 | <i>Vulpes vulpes</i> | III falange           |    | 1 |
| BdF1486 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | sx | 1 |
| BdF1498 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mt                  | sx | 1 |
| BdF1547 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | dx | 1 |
| BdF1619 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | dx | 1 |
| BdF1620 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | sx | 1 |
| BdF1621 | <i>Vulpes vulpes</i> | Femore                | dx | 1 |
| BdF1622 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero                 | dx | 1 |
| BdF1623 | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia                 | dx | 1 |
| BdF1624 | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia                 | dx | 1 |
| BdF1625 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt                 | dx | 1 |
| BdF1626 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mc                  | dx | 1 |
| BdF1628 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale                | dx | 1 |
| BdF1650 | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia                 | dx | 1 |
| BdF1657 | <i>Vulpes vulpes</i> | Atlante               |    | 1 |
| BdF1658 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra<br>cervicale |    | 5 |

|         |                      |                  |    |   |
|---------|----------------------|------------------|----|---|
| BdF1659 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra dorsale |    | 7 |
| BdF1660 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra lombare |    | 4 |
| BdF1661 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra caudale |    | 1 |
| BdF1726 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra caudale |    | 1 |
| BdF1727 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra dorsale |    | 1 |
| BdF1729 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra caudale |    | 1 |
| BdF1733 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra caudale |    | 1 |
| BdF1745 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra lombare |    | 1 |
| BdF1841 | <i>Vulpes vulpes</i> | III falange      |    | 2 |
| BdF1865 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio           |    | 1 |
| BdF1866 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio           |    | 1 |
| BdF1867 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio           |    | 1 |
| BdF1887 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1888 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1889 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1890 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1891 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1892 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1893 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1894 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1895 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1896 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1897 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1898 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1899 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF1900 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | sx | 1 |
| BdF1901 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | sx | 1 |
| BdF1902 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | sx | 1 |
| BdF1903 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | sx | 1 |
| BdF1904 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | sx | 1 |

|         |                       |        |    |   |
|---------|-----------------------|--------|----|---|
| BdF1905 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1906 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1907 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1908 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1909 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1910 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1911 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1912 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1913 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1914 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero  | sx | 1 |
| BdF1915 | <i>Vulpes lagopus</i> | Omero  | sx | 1 |
| BdF1923 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio  | dx | 1 |
| BdF1924 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio  | sx | 1 |
| BdF1925 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio  | dx | 1 |
| BdF1926 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio  | dx | 1 |
| BdF1938 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | dx | 1 |
| BdF1939 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | dx | 1 |
| BdF1940 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | dx | 1 |
| BdF1941 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | sx | 1 |
| BdF1942 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | sx | 1 |
| BdF1943 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | sx | 1 |
| BdF1944 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | sx | 1 |
| BdF1945 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | dx | 1 |
| BdF1946 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Ulna   | sx | 1 |
| BdF1951 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |
| BdF1952 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |
| BdF1953 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |
| BdF1954 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | sx | 1 |
| BdF1955 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |
| BdF1956 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |
| BdF1957 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | sx | 1 |
| BdF1958 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |
| BdF1959 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | sx | 1 |
| BdF1960 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |
| BdF1961 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | sx | 1 |
| BdF1962 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore | dx | 1 |

|         |                       |          |    |   |
|---------|-----------------------|----------|----|---|
| BdF1963 | <i>Vulpes lagopus</i> | Femore   | sx | 1 |
| BdF1975 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | dx | 1 |
| BdF1976 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | sx | 1 |
| BdF1977 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | dx | 1 |
| BdF1978 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | sx | 1 |
| BdF1979 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | sx | 1 |
| BdF1980 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | sx | 1 |
| BdF1981 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | sx | 1 |
| BdF1982 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | dx | 1 |
| BdF1983 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | sx | 1 |
| BdF1984 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | dx | 1 |
| BdF1985 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | sx | 1 |
| BdF1986 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | dx | 1 |
| BdF2025 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Calcagno | sx | 1 |
| BdF2026 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Scapola  | dx | 1 |
| BdF2293 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero    | dx | 1 |
| BdF2294 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore   | dx | 1 |
| BdF2308 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia    | dx | 1 |
| BdF2309 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio    | dx | 1 |
| BdF2310 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio    | dx | 1 |
| BdF2311 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Radio    | sx | 1 |
| BdF2317 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mc    | dx | 1 |
| BdF2318 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mc    | dx | 1 |
| BdF2319 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mc   | dx | 1 |
| BdF2320 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mc   | dx | 1 |
| BdF2321 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mc   | dx | 1 |
| BdF2322 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mc   | sx | 1 |
| BdF2323 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mc    | sx | 1 |
| BdF2324 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mc    | sx | 1 |
| BdF2325 | <i>Vulpes vulpes</i>  | V Mc     | sx | 1 |
| BdF2326 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt    | dx | 1 |
| BdF2327 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt    | sx | 1 |
| BdF2328 | <i>Vulpes vulpes</i>  | II Mt    | dx | 1 |
| BdF2329 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mt   | sx | 1 |
| BdF2330 | <i>Vulpes vulpes</i>  | III Mt   | sx | 1 |

|         |                      |                       |    |   |
|---------|----------------------|-----------------------|----|---|
| BdF2331 | <i>Vulpes vulpes</i> | III Mt                | dx | 1 |
| BdF2332 | <i>Vulpes vulpes</i> | III Mt                | dx | 1 |
| BdF2333 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt                 | dx | 1 |
| BdF2334 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt                 | sx | 1 |
| BdF2335 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mt                  | dx | 1 |
| BdF2336 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mt                  | dx | 1 |
| BdF2337 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mt                  | dx | 1 |
| BdF2338 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mt                  | sx | 1 |
| BdF2339 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapode              |    | 1 |
| BdF2398 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero                 | sx | 1 |
| BdF2399 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | dx | 1 |
| BdF2400 | <i>Vulpes vulpes</i> | Calcagno              | dx | 1 |
| BdF2401 | <i>Vulpes vulpes</i> | Calcagno              | sx | 1 |
| BdF2402 | <i>Vulpes vulpes</i> | II Mt                 | sx | 1 |
| BdF2403 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale                | sx | 1 |
| BdF2444 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio                |    | 1 |
| BdF2498 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | dx | 1 |
| BdF2521 | <i>Vulpes vulpes</i> | Epistrofeo            |    | 1 |
| BdF2522 | <i>Vulpes vulpes</i> | osso sacro            |    | 1 |
| BdF2559 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale                | sx | 1 |
| BdF2560 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale                | sx | 1 |
| BdF2561 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale                | sx | 1 |
| BdF2562 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale                | sx | 1 |
| BdF2778 | <i>Vulpes vulpes</i> | Astragalo             | sx | 1 |
| BdF2808 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mc                 | dx | 1 |
| BdF2936 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | dx | 1 |
| BdF2937 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | dx | 1 |
| BdF2938 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | sx | 1 |
| BdF2939 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola          | sx | 1 |
| BdF2940 | <i>Vulpes vulpes</i> | P <sub>4</sub>        | dx | 1 |
| BdF2941 | <i>Vulpes vulpes</i> | Mascellare            | dx | 1 |
| BdF2942 | <i>Vulpes vulpes</i> | Mascellare            | dx | 1 |
| BdF2943 | <i>Vulpes vulpes</i> | Mascellare            | dx | 1 |
| BdF2944 | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia                 | sx | 1 |
| BdF3068 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra<br>cervicale |    | 1 |

|         |                       |                    |    |   |
|---------|-----------------------|--------------------|----|---|
| BdF3069 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra cervicale |    | 1 |
| BdF3070 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra dorsale   |    | 1 |
| BdF3071 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra dorsale   |    | 1 |
| BdF3072 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra lombare   |    | 1 |
| BdF3073 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra lombare   |    | 1 |
| BdF3074 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Sacro              |    | 1 |
| BdF3150 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore             | dx | 1 |
| BdF3151 | <i>Vulpes lagopus</i> | Tibia              | dx | 1 |
| BdF3152 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore             | sx | 1 |
| BdF3153 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero              | dx | 1 |
| BdF3155 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Astragalo          | sx | 1 |
| BdF3156 | <i>Vulpes vulpes</i>  | IV Mc              | dx | 1 |
| BdF3157 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Vertebra lombare   |    | 1 |
| BdF3277 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Cranio             |    | 1 |
| BdF3278 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Cranio             |    | 1 |
| BdF3279 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Emimandibola       | dx | 1 |
| BdF3280 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Emimandibola       | sx | 1 |
| BdF3405 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Emimandibola       | sx | 1 |
| BdF3406 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Tibia              | dx | 1 |
| BdF3407 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero              | dx | 1 |
| BdF3408 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Omero              | dx | 1 |
| BdF3409 | <i>Vulpes vulpes</i>  | Femore             | dx | 1 |
| BdF3580 | <i>Vulpes vulpes</i>  | M/1 inf            | sx | 1 |
| BdF3581 | <i>Vulpes vulpes</i>  | M/1 inf            | sx | 1 |
| BdF3582 | <i>Vulpes vulpes</i>  | M/1 inf            | dx | 1 |
| BdF3583 | <i>Vulpes vulpes</i>  | P4/ sup            | dx | 1 |
| BdF3584 | <i>Vulpes vulpes</i>  | P4/ sup            | dx | 1 |
| BdF3585 | <i>Vulpes vulpes</i>  | P4/ sup            | dx | 1 |
| BdF3586 | <i>Vulpes vulpes</i>  | M1/ sup            | dx | 1 |
| BdF3587 | <i>Vulpes vulpes</i>  | M1/ sup            | dx | 1 |
| BdF3588 | <i>Vulpes vulpes</i>  | M1/ sup            | sx | 1 |

|         |                      |              |    |   |
|---------|----------------------|--------------|----|---|
| BdF3590 | <i>Vulpes vulpes</i> | C inf        | sx | 1 |
| BdF3591 | <i>Vulpes vulpes</i> | M/1 inf      | dx | 1 |
| BdF3592 | <i>Vulpes vulpes</i> | P/3 inf      | dx | 3 |
| BdF3593 | <i>Vulpes vulpes</i> | P/4 inf      | sx | 2 |
| BdF3594 | <i>Vulpes vulpes</i> | P4/ sup      | dx | 2 |
| BdF3595 | <i>Vulpes vulpes</i> | I3/ sup      | dx | 3 |
| BdF3596 | <i>Vulpes vulpes</i> | I2/ sup      | dx | 1 |
| BdF3597 | <i>Vulpes vulpes</i> | I/1 inf      | dx | 2 |
| BdF3598 | <i>Vulpes vulpes</i> | M/2 inf      | dx | 1 |
| BdF3622 | <i>Vulpes vulpes</i> | P4/ sup      | sx | 1 |
| BdF3623 | <i>Vulpes vulpes</i> | P4/ sup      | dx | 1 |
| BdF3624 | <i>Vulpes vulpes</i> | P/4 inf      | dx | 1 |
| BdF3625 | <i>Vulpes vulpes</i> | C inf        | sx | 1 |
| BdF3626 | <i>Vulpes vulpes</i> | C sup        | sx | 1 |
| BdF3627 | <i>Vulpes vulpes</i> | C inf        | sx | 1 |
| BdF3628 | <i>Vulpes vulpes</i> | Sacro        |    | 1 |
| BdF3629 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero        | sx | 1 |
| BdF3630 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero        | dx | 1 |
| BdF3631 | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia        | dx | 1 |
| BdF3632 | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia        | sx | 1 |
| BdF3633 | <i>Vulpes vulpes</i> | Tibia        | dx | 1 |
| BdF3635 | <i>Vulpes vulpes</i> | Epistrofeo   |    | 1 |
| BdF3636 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola | sx | 1 |
| BdF3637 | <i>Vulpes vulpes</i> | Ulna         | sx | 1 |
| BdF3638 | <i>Vulpes vulpes</i> | Ulna         | sx | 1 |
| BdF3639 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale       | dx | 1 |
| BdF3640 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale       | dx | 1 |
| BdF3641 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale       | dx | 1 |
| BdF3642 | <i>Vulpes vulpes</i> | II Mt        | dx | 1 |
| BdF3643 | <i>Vulpes vulpes</i> | III Mt       | dx | 1 |
| BdF3644 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt        | dx | 1 |
| BdF3645 | <i>Vulpes vulpes</i> | II Mc        | sx | 1 |
| BdF3646 | <i>Vulpes vulpes</i> | II Mc        | dx | 1 |
| BdF3647 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mc        | dx | 1 |
| BdF3648 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mc         | dx | 1 |

|         |                      |                    |    |   |
|---------|----------------------|--------------------|----|---|
| BdF3649 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra cervicale |    | 3 |
| BdF3650 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra cervicale |    | 1 |
| BdF3651 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra dorsale   |    | 2 |
| BdF3652 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra lombare   |    | 3 |
| BdF3653 | <i>Vulpes vulpes</i> | Falangi            |    | 5 |
| BdF3654 | <i>Vulpes vulpes</i> | Osso penico        |    | 1 |
| BdF3669 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra cervicale |    | 1 |
| BdF3717 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt              | sx | 1 |
| BdF3718 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapodiale        |    | 1 |
| BdF3719 | <i>Vulpes vulpes</i> | II Mt              | dx | 1 |
| BdF3720 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapodiale        |    | 1 |
| BdF3721 | <i>Vulpes vulpes</i> | II falange         |    | 1 |
| BdF3722 | <i>Vulpes vulpes</i> | III falange        |    | 1 |
| BdF3786 | <i>Vulpes vulpes</i> | C inf              | sx | 1 |
| BdF3788 | <i>Vulpes vulpes</i> | M2/ sup            | dx | 1 |
| BdF3789 | <i>Vulpes vulpes</i> | I2/ sup            | sx | 1 |
| BdF3796 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio             |    | 1 |
| BdF3798 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio             |    | 1 |
| BdF3799 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola       | sx | 1 |
| BdF3801 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra dorsale   |    | 1 |
| BdF3802 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale             | dx | 1 |
| BdF3803 | <i>Vulpes vulpes</i> | IV Mt              | sx | 1 |
| BdF3804 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cuboide            | sx | 1 |
| BdF3889 | <i>Vulpes vulpes</i> | Mascellare         | dx | 1 |
| BdF3890 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola       | sx | 1 |
| BdF3891 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola       | dx | 1 |
| BdF3892 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero              | dx | 1 |
| BdF3893 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero              | dx | 1 |
| BdF3894 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero              | sx | 1 |
| BdF3895 | <i>Vulpes vulpes</i> | Radio              | dx | 1 |
| BdF3896 | <i>Vulpes vulpes</i> | Ulna               | sx | 1 |
| BdF3897 | <i>Vulpes vulpes</i> | Astragalo          | dx | 1 |

|         |                      |                  |    |   |
|---------|----------------------|------------------|----|---|
| BdF3898 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra dorsale |    | 1 |
| BdF3899 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra lombare |    | 1 |
| BdF3900 | <i>Vulpes vulpes</i> | V Mc             | sx | 1 |
| BdF3901 | <i>Vulpes vulpes</i> | Costa            |    | 1 |
| BdF3903 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra lombare |    | 1 |
| BdF3904 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | sx | 1 |
| BdF3905 | <i>Vulpes vulpes</i> | Omero            | dx | 1 |
| BdF3906 | <i>Vulpes vulpes</i> | Atlante          |    | 1 |
| BdF3907 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola     | sx | 1 |
| BdF3908 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola     | dx | 1 |
| BdF3909 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola     | dx | 1 |
| BdF3910 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola     | sx | 1 |
| BdF3911 | <i>Vulpes vulpes</i> | Emimandibola     | dx | 1 |
| BdF3912 | <i>Vulpes vulpes</i> | Ulna             | dx | 1 |
| BdF3913 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra lombare |    | 1 |
| BdF3914 | <i>Vulpes vulpes</i> | Coxale           | sx | 1 |
| BdF3915 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapodiale      |    | 1 |
| BdF3916 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapodiale      |    | 1 |
| BdF3917 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio           |    | 1 |
| BdF3918 | <i>Vulpes vulpes</i> | M1/ sup          | sx | 1 |
| BdF3919 | <i>Vulpes vulpes</i> | I/sup            | dx | 1 |
| BdF3920 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra caudale |    | 1 |
| BdF3921 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra         |    | 1 |
| BdF3922 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra caudale |    | 1 |
| BdF3923 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra caudale |    | 1 |
| BdF3924 | <i>Vulpes vulpes</i> | Vertebra lombare |    | 1 |
| BdF3925 | <i>Vulpes vulpes</i> | I falange        |    | 1 |
| BdF3926 | <i>Vulpes vulpes</i> | I falange        |    | 1 |
| BdF3927 | <i>Vulpes vulpes</i> | II falange       |    | 1 |

|         |                      |             |    |   |
|---------|----------------------|-------------|----|---|
| BdF3928 | <i>Vulpes vulpes</i> | II falange  |    | 1 |
| BdF3929 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapodiale |    | 1 |
| BdF3930 | <i>Vulpes vulpes</i> | Metapodiale |    | 1 |
| BdF3931 | <i>Vulpes vulpes</i> | Cranio      |    | 1 |
| BdF3932 | <i>Vulpes vulpes</i> | I1/inf      | sx | 1 |
| BdF3933 | <i>Vulpes vulpes</i> | I3/ sup     | sx | 1 |
| BdF3934 | <i>Vulpes vulpes</i> | P1          | sx | 1 |

## Allegato 2 – Misure biometriche (mm)

### 1. *Vulpes vulpes*

| Cranio       | 1     | 2     | 3     | 4    | 5     | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 13a  | 14   | 14a  | 15   | 16   | 17   | 18   | 18a  |
|--------------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BdF3796      |       |       |       | 37.5 |       |      | 66.7 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| BdF3889      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 61.3 | 15.1 | 44.2 | 14.9 | 6.8  |
| BdF3798      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| BdF3277      | 164   | 155.1 | 15.2  | 4.8  | 11.6  |      | 69.9 | 8.1  | 96.3 | 6.2  | 75.4 | 68.8 | 83.7 | 82.8 | 24.5 | 23.5 | 61.1 | 15.8 | 41.1 | 16.1 | 7.7  |
| BdF1244      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 13.9 |      |      |      |
| BdF122       |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 13.8 |      |      |      |
| BdF548       |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| BdF1442      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 55.1 | 14.7 | 43.9 | 15.2 | 6.3  |
| BdF3278      | 139   | 134   | 128.3 | 34.3 | 93.2  |      | 59.7 | 66.1 | 8.9  | 47.4 | 63.3 | 6.9  |      |      |      |      | 53.1 | 13.2 | 4.8  | 14.7 | 6.9  |
| BdF2941      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 14.6 | 7.2  |
| BdF2942      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 14.8 |      | 16.2 | 8    |
| BdF1865      |       |       |       | 39   |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| BdF1823      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| F49          | 155   | 147.1 | 140.7 |      |       | 80.2 | 71.4 | 74.8 | 87   | 64.9 | 72.5 | 63.3 | 79.9 | 78.2 | 25.3 | 24   | 55   | 18.7 | 42.4 | 15   | 6.6  |
| CLO-5        |       |       |       | 36.7 |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 21.2 | 20.2 |      | 13.9 |      | 15.1 | 7.2  |
| F352         | 142.5 | 138.1 | 131.8 | 35.4 | 87.2  | 79.7 | 66.9 | 66.6 | 80   | 59   | 72.4 | 59.6 | 72.4 | 71.5 | 21.7 | 20.5 | 50.4 | 12.8 | 38.2 | 14.6 | 5.6  |
| F48          | 158.6 | 149   | 143.7 | 39.1 | 104   | 81.8 | 71.6 | 75.9 | 91.5 | 68.1 |      | 68.5 | 79.6 | 79   | 21.7 | 21.6 | 54.3 | 14.5 | 41.1 | 15.2 | 6.8  |
| F26          | 152   | 145.4 | 137.7 |      |       |      | 68.9 | 74.9 | 89.5 | 31.3 |      | 65.7 | 78.4 | 77.2 | 23.7 | 22   | 51.6 | 16.2 | 37.8 | 13.6 | 7.9  |
| CLO-6        | 137.4 | 131.9 | 125.9 |      |       | 72.9 | 64.4 | 65.3 | 76.9 | 59.6 | 66.9 | 58.3 | 69.2 | 68.3 | 20.9 | 21.7 | 49.6 | 12.9 | 37.6 | 15.4 | 7    |
| MZ-332       | 131.7 | 127   | 122.7 |      |       | 73.8 | 61.4 | 59.9 | 75.2 |      | 60.7 | 55.3 | 68.3 | 67.6 | 20   | 19.1 | 49.6 | 12.7 | 37.4 | 13.7 | 6.5  |
| MZ-394       | 151.6 | 145.4 | 140   | 36.2 | 103.2 | 80.2 | 67.3 | 71.3 | 89.3 |      | 68.2 | 63.9 | 79.9 | 79.1 | 24.7 | 23.7 | 55.6 | 14.3 | 41.2 | 15.6 | 6.1  |
| F168         | 132.5 | 130.5 | 123.4 | 33.5 | 89.3  | 73.2 | 65.8 | 64   | 79.1 |      |      | 58.2 | 70.2 | 68.2 | 21.8 | 19.6 | 48.7 | 12.4 | 37.3 | 13.8 | 7.1  |
| F354         | 129.2 | 126.3 | 120.9 | 33.3 | 85.9  | 73.5 | 59.3 | 57.1 | 73   |      |      | 55.5 | 67.7 | 66.9 | 21   | 20.3 | 49.6 | 13.2 | 36.6 | 11.9 | 0.56 |
| F134         | 148.3 | 143.5 | 136.9 | 37.2 | 99.8  | 78.9 | 64.7 | 71.8 | 89.1 |      |      | 64.9 | 72.2 | 71.4 | 23.5 | 23   | 55.1 | 13.2 | 33.5 | 13.9 | 6.2  |
| F434         | 131   | 129.6 | 124.6 |      |       | 73   | 66.3 | 63   | 76.4 |      |      | 53.2 | 70.2 | 69.7 | 24.2 | 24.2 | 49.2 | 12.8 | 37.7 | 14.1 | 5.7  |
| F131         | 147   | 140.7 | 134.7 |      |       | 79.7 | 69.5 | 67.2 | 80.6 | 54.9 |      | 60.9 | 75.4 | 74.7 | 23.9 | 23.3 | 53.3 | 14.3 | 40   | 15.4 | 7.2  |
| RF-1         |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 15.7 |      |      |      |
| RF-31        |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| J-1          |       | 117.5 |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      | 64   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MSNM Ma 4484 | 136.6 | 131   | 124.5 |      |       | 72.9 | 64.4 | 63.4 | 76.1 | 50.9 | 62   | 56   | 71   |      | 21.9 |      | 47.9 | 13.9 | 35.9 | 14.3 | 6.3  |
| MSNM Ma 4485 | 144.7 | 140.7 | 134.3 | 37.2 | 95.5  | 75.8 | 68.8 | 71.7 | 82.7 | 57.9 |      | 62.2 | 73.2 | 72.5 | 21.8 | 20.6 | 52.2 | 13.3 | 25.8 | 14.2 | 7.8  |
| MSNM Ma 4482 | 149.1 | 141.4 | 136.4 | 38   | 97.9  | 77.5 | 67.7 | 71.8 | 86   | 55.9 |      | 62.9 | 74.1 | 73.1 | 21.3 | 20.2 | 52.9 | 12.9 | 40.3 | 13.9 | 6.8  |
| MSNM Ma 4372 | 150.4 |       |       |      |       |      | 66.1 | 71.3 | 87.2 | 55.4 |      | 62.3 |      |      |      |      | 54.9 | 14   | 42.1 | 14.9 |      |
| MSNM Ma 4373 | 151.3 |       |       |      | 100.6 |      | 67.9 | 68.5 | 86.5 | 54.6 |      | 62.8 | 77.5 | 77.2 | 23.2 | 22.1 | 54.8 | 14.2 | 42   | 15.1 | 7.7  |
| MSNM Ma 4374 | 129.1 | 124.1 | 118.3 |      |       | 68.9 | 60.8 | 61.1 | 69.9 | 45.4 |      | 52.2 | 68.2 |      | 22.9 |      | 48.9 | 14.2 | 35.9 | 13.2 | 6.1  |
| MSNM Ma 4375 | 129.3 | 123.1 | 116.6 |      |       | 67.7 | 60.7 | 60.6 | 73.7 | 46   |      | 55   | 67.7 | 67.2 |      |      | 48.1 | 13   | 35.9 | 13.3 | 5.4  |
| MSNM Ma 4376 | 137.1 | 131.7 | 125.4 | 34.4 | 91.4  | 74.8 | 66   | 62.7 | 74.2 | 43   |      | 57.9 | 69.9 | 69.5 | 19.9 | 19.4 | 48.8 | 12.7 | 37.5 | 13.6 | 6.1  |
| MSNM Ma 4377 | 133.4 | 129.1 | 123.1 | 35   | 88.1  | 72   | 63.7 | 63.7 | 75.1 | 49.9 |      | 55   | 68.8 |      | 20.9 |      | 51.6 | 14.1 | 39.7 | 14.7 | 7    |
| MSNM Ma 4378 | 134.7 | 131.4 | 126.7 |      |       | 75.4 | 63.7 | 61.7 | 74.5 | 49.5 |      | 55.4 | 71.2 | 69.8 | 20.7 | 19.6 | 49.1 | 13   | 37.5 | 14.1 | 6.3  |
| MSNM Ma 4382 | 183.3 | 146.4 | 140.1 |      |       | 82.8 | 71.3 | 71.3 | 87.9 | 55.9 |      | 64.5 | 79.3 | 79.1 | 26.3 | 26   | 54.1 | 14.8 | 40.1 | 14.9 | 7    |
| MSNM Ma 4379 |       | 130.3 | 125.4 | 33.9 | 91.2  | 72.1 |      | 64.6 | 75.5 | 50.4 |      | 58.3 | 70.3 |      | 23.7 |      | 50.7 | 12.9 | 39.3 | 13.6 | 5.7  |
| MSNM Ma 4380 | 134.6 | 131   | 125.5 | 34   | 91.5  | 73.5 | 60   | 61.3 | 78.7 | 49.6 |      | 54.8 | 69.5 |      | 18.2 |      | 49.8 | 12.7 | 36.5 | 14.4 | 6.2  |
| MSNM Ma 6376 | 187.3 | 151.5 | 143.3 |      |       | 84.3 | 72.4 | 73.9 | 88.8 | 59.4 |      | 67.4 | 81.8 |      | 26.3 |      | 54   | 13.8 | 41.2 | 15.5 | 7.8  |
| MSNM Ma 4816 | 147.5 | 140.2 | 135.2 |      |       | 77   | 71.3 | 67.7 | 80.6 | 52.5 |      | 62   | 75.8 | 75.1 | 22.9 | 22.3 | 54.3 | 14.9 | 41.5 | 16   | 7.4  |
| MSNM Ma 4856 | 133.6 | 128.8 | 124.9 | 33.8 | 90    | 73.3 | 61.3 | 61.8 | 77.4 | 49.9 |      | 57.3 | 68.9 |      | 21.4 |      | 49.4 | 13.7 | 37.6 | 14.6 | 6.9  |
| MSNM Ma 4861 | 138.4 | 132.8 | 128.8 |      |       | 76.6 | 67   | 62   | 75   | 49.3 |      | 58   | 71.6 |      |      |      | 50.2 | 14.2 | 36.9 | 14.5 | 6.1  |
| MSNM Ma 6129 | 138.4 | 133.3 | 128   | 36.4 | 91.6  | 70.7 | 66   | 62.7 | 71   | 50.3 |      | 56.8 | 70   | 69   | 20.9 | 19.5 | 49   | 12.5 | 31.8 | 14.5 | 6.3  |
| MSNM Ma 4858 | 148.4 | 142   | 136.1 |      |       | 80.1 | 69.8 | 67.5 | 83.4 | 52.1 |      | 61.4 | 75.8 |      | 23.4 |      | 52.1 | 13.6 | 39.5 | 14.6 | 7.1  |
| MSNM Ma 4812 | 147.2 | 142.5 | 136.9 |      |       | 77.7 | 67.1 | 70.4 | 85.1 | 56.3 |      | 62.6 | 75.3 | 74.3 | 21.4 | 20.1 | 53.4 | 14.5 | 40.6 | 15.3 | 6.5  |
| MSNM Ma 4860 | 149.7 | 144.5 | 139.1 | 38.5 | 101   | 83.6 | 68.5 | 67.7 | 85.7 | 53.7 |      | 63   | 77.9 | 77.1 | 23.9 | 23.5 | 55.9 | 14.7 | 43   | 15.7 | 8    |
| MSNM Ma 4596 | 149.7 | 143.8 | 137   |      |       | 83.6 | 70.1 | 68.7 | 85.9 | 55   |      | 63.4 | 76.9 |      | 25.8 |      | 54.4 | 14.5 | 42   | 16   | 7.7  |
| MSNM Ma 4875 | 138.2 | 133.2 | 127.7 | 35.4 | 92.1  | 76.5 | 65.9 | 62.2 | 77.2 | 49.2 |      | 59   | 72   | 71.6 | 22.1 | 21.9 | 51.6 | 14.4 | 38.5 | 15   | 6.3  |
| MSNM Ma 4859 | 143.5 | 138.4 | 132.5 | 36.6 | 95.3  | 78.5 | 66.5 | 63.9 | 80.4 | 49.5 |      | 63.8 | 74   | 73.1 | 21.9 | 20.7 | 54.1 | 13.9 | 40.7 | 15.3 | 7.5  |
| MSNM Ma 4811 | 150   | 142.8 | 138.7 | 38.5 | 99.9  | 81.1 | 71.6 | 68.9 | 82.2 | 53.5 |      | 64.3 | 76.5 | 76.4 |      |      | 54   | 14.4 | 40.8 | 15.9 | 6.9  |
| MSNM Ma 4586 | 144.4 | 139.1 | 133.2 |      |       | 78.5 | 64.9 | 68.8 | 83.9 | 54.7 |      | 67   | 73.5 |      | 21.4 |      | 53.2 | 12.6 | 41   | 14   | 6.7  |
| MSNM Ma 4815 | 148   | 141.1 | 135.1 |      |       | 81.9 | 69.9 | 66   | 82   | 53   |      | 65.1 | 77.4 |      | 23.4 |      | 53.3 | 14.2 | 39.9 | 15.1 | 6.1  |
| MSNM Ma 4857 | 132.5 | 127   | 121.4 | 34.3 | 86.6  | 75.3 | 63.5 | 60.7 | 72.5 | 48.6 |      | 55.6 | 65.7 |      | 19.9 |      | 47.2 | 13   | 35.2 | 14   | 5.6  |
| MSNM Ma 4813 | 129.1 | 125.9 | 120.1 | 32.9 | 86.7  | 74   | 62.9 | 57.2 | 69.4 | 45.3 |      | 53.2 | 65.6 |      | 18.9 |      | 45.8 | 12.8 | 35   | 14.4 | 6    |
| MSNM Ma 4595 | 143.7 | 135.5 | 128.8 | 34.6 | 94.2  | 76.9 | 68.3 | 66.3 | 80.6 | 51.3 |      | 62.7 | 72.8 |      | 19.9 |      | 51.7 | 14.6 | 38.9 | 14.2 | 7.2  |
| MSNM Ma 4638 | 125.7 |       | 116.3 | 32.4 | 83.7  | 67.3 | 62.2 | 58.3 | 70   | 47   |      | 53.5 | 64.3 | 63.4 | 21.7 | 21.6 | 42.5 | 12.2 | 34.5 | 13   | 5.6  |
| MSNM Ma 4488 |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 14   | 36.1 | 13.4 | 5.5  |
| MSNM Ma 7581 | 196.5 | 187   | 149.9 | 41.1 | 108.2 | 89.6 | 93.8 | 77.3 | 87.1 | 59.1 |      | 73.3 | 81.4 |      | 30.6 |      | 61.1 | 17.5 | 44.3 | 18.9 | 8.1  |
| MSNM Ma 7997 | 142.7 | 135.7 | 130.1 | 31.5 | 94.2  | 75.6 | 65.9 | 70.2 | 82   | 56.3 |      | 62.3 | 75   | 72.7 | 25.5 | 24.5 | 49.7 | 12.7 | 37   | 14.6 | 6.1  |
| MSNM Ma 6680 | 194.3 | 185.8 | 149.1 |      |       |      | 77   |      | 93.3 |      |      | 73.2 | 82   | 81.2 | 26.5 | 25.4 | 56.4 | 14.4 | 44.4 | 16   | 7.7  |
| MSNM Ma 7582 | 136.4 | 130.7 | 124.9 |      |       | 76   | 65.6 | 62.4 | 76   | 49.3 |      | 57.2 | 69.9 |      |      |      | 47.5 | 14.9 | 35   | 13.4 | 6.2  |
| MSNM Ma 7957 | 150.2 | 143.7 | 138.1 |      |       | 80.9 | 67   | 71.3 | 82   | 57.3 |      | 66.5 | 75   | 73.8 | 20.5 | 20.2 | 51.1 | 13   | 39.6 | 14.4 | 6.7  |
| MSNM Ma 6679 | 185.3 | 150   | 144.1 |      |       |      | 68   |      | 90.1 |      |      | 68.9 | 79.6 | 78.6 |      |      | 55   | 14.7 | 41.9 | 16.2 | 7.6  |
| MSNM Ma 7833 | 182.1 | 142.8 | 138.7 | 38.9 | 100.2 | 80.3 | 69.4 | 74   | 87.3 | 59.4 |      | 65.9 | 77.3 |      | 23.1 |      |      | 14.4 |      | 14.9 | 7.2  |
| MSNM Ma 6678 | 182.1 | 144.5 | 138   |      |       | 82.2 | 69.8 | 68.1 | 85   | 54.1 |      | 66.3 | 78.2 | 77.5 |      |      | 55.1 | 15.1 | 41.9 | 15   | 7.4  |
| MSNM Ma 7958 | 135.5 | 128.7 | 123   |      |       | 73.2 | 65.8 | 63.3 | 73.5 | 46.5 |      | 57.9 | 66.9 |      | 19.2 |      | 49.4 | 13.2 | 37.1 | 12.6 | 7.5  |
| MSNM Ma 6685 | 190   | 182.2 | 146.6 |      |       |      | 73.2 |      | 89.6 |      |      | 70.9 | 79.9 | 79.1 |      |      | 54.7 | 14.1 | 41.7 | 15.3 | 7.3  |

|      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 19   | 20   | 20a  | 21  | 21a  | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   | 31   | 32   | 33   | 34   | 35   | 36   | 37   | 38   | 39   | 40   |
| 12.9 | 1.7  | 13   | 63  | 9.2  | 19.6 | 45.2 | 48.7 | 26.4 | 37.9 | 15.5 | 11.1 | 5.4  |      | 23.1 | 35.6 | 3    |      |      |      |      | 4.9  | 4.2  | 34.3 |
|      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 25   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 15.9 |      |      | 6.9 | 8.9  | 21.1 | 51.6 | 51.2 | 25.1 | 37.7 | 14.9 | 1.6  | 5.8  |      | 25.4 | 4.9  | 34   | 46.4 | 25.6 | 28.5 | 27.5 | 44.1 | 42.2 | 37   |
|      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|      |      |      |     |      | 2.5  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 13.9 |      |      | 5.8 | 9.4  | 18.3 | 45.1 | 46.9 | 26.6 |      | 14.9 | 1.5  | 47.9 |      | 24.3 | 35.3 | 28.7 | 44.6 | 22   |      | 23.8 | 4.3  | 39.6 | 31.2 |
| 12.7 |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 14.8 |      |      | 6.4 | 9.7  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|      |      |      |     |      | 21.6 | 49.3 | 49.2 | 26.4 | 36   | 14.7 | 12.4 | 48.7 |      |      |      |      |      |      |      |      | 4.3  | 37.9 | 34   |
|      |      |      |     |      | 19.8 |      |      | 27.6 |      | 15.4 | 14.1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 12   | 9.6  | 11.3 | 5.9 | 8.3  | 20.6 | 50.2 | 49.1 | 25.4 | 37.9 | 18.9 | 10.1 | 46.9 | 81.9 | 21.8 | 35.3 | 28.4 | 42.8 | 22.1 | 25.4 | 26.2 | 40.1 | 38.9 | 33.4 |
| 15   | 9.2  | 12.3 | 6.7 | 9.1  | 20.4 | 44.8 |      | 25.6 |      | 14.4 | 11.1 | 47   |      |      |      | 40.9 |      |      |      |      |      |      |      |
| 12   | 9.5  | 11.5 | 5.5 | 8.3  | 19.6 | 45.3 | 46.9 | 25.1 | 34.1 | 14.2 | 11.2 | 46.9 | 75.3 | 22.2 | 34.3 | 25.8 | 38.7 | 23.9 | 24.2 | 24.9 | 37.3 | 34.9 | 33.4 |
| 13   | 9.7  | 12.1 | 6.5 | 8.9  | 20   | 48   | 49.3 | 25.8 | 37.6 | 15.2 | 11.3 | 48   | 79.4 | 22.7 | 35.2 | 29.6 | 41.7 | 25.5 | 25.5 | 27   | 41.3 | 38.8 | 36   |
| 12.3 |      |      |     |      | 20.7 | 46.2 | 49.3 | 27.1 | 37.7 | 14.9 | 11.1 | 49.5 | 78.9 | 22.9 | 35.7 | 28.3 | 42.7 | 26   | 27.1 | 26.9 | 40.3 | 38.6 | 35.6 |
| 13.1 | 7.8  | 11.9 | 5.4 | 8.6  | 17.7 | 42.8 | 46.9 | 23.2 | 34.6 | 14.1 | 10.9 | 44.6 | 75.3 | 19.3 | 35.9 | 26.8 | 39.9 | 21.6 | 23   | 24.2 | 37   | 33.6 | 33.4 |
| 12.6 | 9.2  | 11.4 | 5.2 | 7.8  | 18.3 | 40.4 | 44.4 | 24.8 | 33.6 | 14.2 | 10   | 44.5 | 73.4 | 23.3 | 31.8 | 21.3 | 38.3 | 21.3 | 22.3 | 23.3 | 36.2 | 33.8 | 31.2 |
| 13.7 | 10   | 12   | 6   | 8.9  | 19.3 | 44.1 | 46.8 | 25.1 | 35   | 14.3 | 10.6 | 46   | 75.1 | 20.2 | 32.2 | 26   | 40   | 23.2 | 24.3 | 26   | 41.4 | 38.4 | 33.9 |
| 13.3 | 9    | 11.8 | 4   | 8    | 20.1 |      | 45.8 | 24.5 |      | 13.8 | 11.2 | 45.8 |      | 23.1 | 35.2 | 23.4 | 39.7 | 23.7 | 24.4 | 24.1 | 39.4 | 38.3 | 31   |
| 11.2 | 8    | 11.8 | 5.1 | 8.7  | 20.4 | 43.1 | 42.9 | 23.8 | 34.2 | 13.1 | 13.9 | 43   |      | 21.2 | 30   | 24.7 | 37   | 21.7 | 20.9 | 22.1 | 36.8 | 35   | 30.2 |
| 12.6 | 9.4  | 12.1 | 5.8 | 8.3  | 20   | 46.3 | 47.3 | 25.8 | 36.2 | 14.9 | 10.1 | 48   | 79.8 | 24.5 | 32   | 28.9 | 40.1 | 25   | 25.3 | 25.3 | 42   | 41.3 | 33.6 |
| 13.2 | 8.4  | 12   | 5.2 | 8.6  | 17.1 | 45.6 | 46.9 | 25.5 | 34.6 | 14.4 | 9.5  | 48.3 | 77.7 | 26.9 |      | 28.9 | 40.3 | 24   | 23.9 | 25.5 | 40.1 | 39.3 | 31.5 |
| 14.7 | 10.3 | 13.2 | 5.8 | 9.6  | 19.3 | 48.5 | 49.5 | 25.8 | 36   | 14.9 | 11   | 47.7 | 80.9 | 24.3 | 39.9 | 30.1 | 42.9 | 25.2 | 25.3 | 25   | 39.8 | 39   | 33.8 |
|      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|      |      |      |     |      |      |      |      | 24.8 |      | 14.2 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 39   |      |      |      |      |      |      |      |
|      | 9.3  | 11.1 | 6.6 | 8.2  | 18.2 | 44.9 | 45.4 | 24.9 | 35.6 | 14.2 | 9.8  | 46.2 | 75.9 | 22.1 | 33.9 | 25.2 | 40.3 | 23.9 | 23.9 | 23   | 37.7 | 36.1 | 32.6 |
| 13.9 | 9.5  | 12.2 | 5.7 | 8.8  | 19   | 47.2 | 48.2 | 25.2 | 36.5 | 14.8 | 11.1 | 47.5 | 74.3 | 22.3 | 35.5 | 30   | 41.2 | 26   | 26.3 | 24.6 | 39.4 | 38   | 32.6 |
| 13.5 | 9.5  | 12.2 | 5.2 | 8.1  | 18.4 | 48.9 | 49.8 | 25.3 | 37.4 | 14.8 | 11.4 | 49.9 | 79.7 | 23.1 | 37   | 28.8 | 41.5 | 24.6 | 24.9 | 26   | 40.7 | 39.7 | 35.2 |
|      | 9.7  | 13   | 5.8 | 8.1  |      |      |      |      |      |      |      | 47.8 | 82   | 24.7 | 40.1 | 33.6 | 43.4 | 26.3 | 27.9 | 26.8 |      |      |      |
| 13.3 | 12   | 13   | 5.2 | 8.7  |      | 44.8 | 48.2 |      |      |      |      | 46.9 | 77.3 | 21.7 | 34.6 | 28   | 42.7 | 25.3 | 25.9 | 26.4 |      |      |      |
| 11.7 | 9.2  | 11.2 | 5.3 | 8.3  | 17   | 41.8 | 44.5 | 23.9 | 33.8 |      |      | 44.3 | 70   | 23.3 | 35.4 | 24.7 | 36.9 | 20.5 | 19.5 | 22   | 35.5 | 34.7 | 27.8 |
| 11.6 | 8.9  | 11.4 | 5.7 | 8.6  | 18.9 | 43.2 | 45   | 24   | 33.9 |      |      | 43.2 | 72.7 | 19.8 | 33.5 | 26.5 | 36.7 | 22.3 | 21.5 | 23.5 | 37.3 | 36   | 31.1 |
| 12.4 | 8.5  | 11.8 | 5.2 | 7.9  | 18   | 42.7 | 45.6 | 24.9 | 34.5 | 15   | 11.2 | 46.4 | 71.8 | 26.3 | 35.2 | 27.4 | 39.4 | 24.4 | 22.6 | 24.4 | 38.5 | 37.8 | 32.1 |
| 12.9 | 9.5  | 12.1 | 5.9 | 8.7  | 17.9 | 45.8 | 44.7 | 25.8 | 35.1 | 15.3 | 10.2 | 44.7 | 71.7 | 23   | 33.3 | 26.2 | 38.1 | 21.1 | 22.7 | 22.6 | 36.2 | 37.3 | 31.1 |
| 12.9 | 9    | 11.7 | 5.5 | 8.4  | 17.7 | 41.4 | 44.4 | 26.1 | 32.9 | 15.6 | 10.4 | 40.9 | 73.1 | 21.2 | 34.8 | 27   | 39   | 23.3 | 23.2 | 21.8 | 38.8 | 37   | 32.1 |
| 12.8 | 10.4 | 12.7 | 6.3 | 9.4  | 19.1 | 47.1 | 48.5 | 26.3 | 37.1 | 15.2 | 10.2 | 49   | 78.3 | 22.6 | 40.3 | 30   | 38.9 | 26.1 | 25.9 | 25.9 | 42.6 | 39.8 | 39.5 |
|      | 8.8  | 11.4 | 4.9 | 7.6  | 17.2 | 42.3 | 44.4 | 24   | 32.9 | 13.6 |      | 46   | 73.1 | 22.9 | 33   | 25   | 36.9 | 21.5 | 21.4 | 23.3 | 37.8 | 37.7 |      |
|      | 9.2  | 12   | 5.7 | 8.7  | 18.3 | 41.8 | 43.3 | 24   | 34.8 | 14.8 | 12.3 | 45.4 | 69.6 | 24.3 | 32.7 | 26.2 | 35.7 | 23.7 | 22.5 | 23.5 | 37.6 | 36.9 | 32.1 |
|      | 9.5  | 12.4 | 5.2 | 9.5  | 20.8 | 50.2 | 51.4 | 28.9 | 40.5 | 16.4 | 9.8  | 48.8 | 88.3 | 22.6 | 42.1 | 31.7 | 43.3 | 26   | 26.6 | 26   | 41.7 | 39.1 | 36.2 |
|      | 10.8 | 13.5 | 5.8 | 9.1  | 20   |      |      | 26.6 |      | 14.9 | 11   | 47.6 | 77.9 | 20   | 35.4 | 27.6 | 42.4 | 25.6 | 23.9 | 25.6 | 40.9 | 38.1 | 35.4 |
|      | 9.4  | 11.9 | 5.3 | 9.1  | 17.9 | 43.7 | 45   | 25.3 | 33.6 | 15.8 | 9.8  | 45.8 | 71.3 | 22.6 | 34.3 | 26.5 | 37.5 | 22.7 | 20.8 | 24.2 | 38.5 | 37.1 | 32.2 |
|      | 9.6  | 12.4 | 5.9 | 9    | 18.4 | 45.4 | 45.7 | 25.4 | 32.5 | 14.3 | 10.9 | 45.9 | 74.7 | 24.2 | 37.5 | 27.9 | 39.1 | 23.6 | 24.2 | 23.4 | 39.4 | 38   | 34.5 |
|      | 8.8  | 11.8 | 5.6 | 8.8  | 19.3 | 45   | 45.1 | 26.5 |      | 15.8 | 11.9 | 45.8 | 73.1 | 20.1 | 30.1 | 23   | 39   | 21.5 | 21.3 | 24.4 | 39   | 38.7 | 32.5 |
|      | 9.4  | 11.9 | 6.6 | 7.9  | 18.7 | 45.6 | 48.1 | 26.6 | 39.4 | 15.8 | 10.9 | 47.9 | 80.3 | 20.7 | 39.4 | 27.5 | 40.5 | 23.5 | 24.5 | 25.5 | 41.3 | 37.3 | 34.4 |
|      | 10.1 | 12   | 6.4 | 8.8  | 20.4 |      | 44.7 | 25.8 | 34.9 | 15   | 9.8  | 46.1 | 74   | 21.3 | 33.6 | 26.3 | 40   | 23   | 23   | 23.1 | 40.1 | 38.4 | 32.8 |
|      | 10.5 | 12.9 | 5.9 | 9    | 20.1 | 46.5 | 47.9 | 26.9 | 38.4 | 15.4 | 11.2 | 47.4 | 74   | 20   | 32   | 25.8 | 40.7 | 22.1 | 23.8 | 25.9 | 40   | 38.7 | 33.6 |
|      | 9.9  | 12.7 | 5.1 | 9    | 20.7 | 47.5 | 47.5 | 23.7 | 34.8 | 12.3 | 9.9  | 49.4 | 80.5 | 21.9 | 36.9 | 29.1 | 41.4 | 23.1 | 23.5 | 27.1 | 40.8 | 38   | 34.3 |
|      | 9.8  | 13   | 5.7 | 9    | 19.1 | 42.9 | 44.7 | 26.1 | 35.2 | 15.8 | 9.8  | 47   | 73   | 21.1 | 28.6 | 24.1 | 40.1 | 23.1 | 22.9 | 23.8 | 39.7 | 39.3 | 33.1 |
|      | 9.8  | 12.4 | 5.6 | 8.3  | 18.9 | 45   | 45.4 | 25.8 | 35.8 | 15   | 10.5 | 45.7 | 74.5 | 22.7 | 31.7 | 26.7 | 39.7 | 25.6 | 23.3 | 23.9 | 36.5 | 35.3 | 32   |
|      | 10.2 | 13.2 | 6   | 9.2  | 19.1 | 44.4 | 47.4 | 25.3 | 36.1 | 14.9 | 11.1 | 47.8 | 77   | 21.2 | 34.9 | 27.1 | 40.9 | 23.1 | 23.5 | 25   | 41.6 | 37.6 | 33.8 |
|      | 9    | 12.2 | 5   | 8.1  | 18   | 44.9 | 46.5 | 25.8 | 37.4 | 15.6 | 9.8  | 47.4 | 78.3 | 22   | 34   | 29.4 | 38.6 | 23.1 | 23.6 | 24.9 | 40.6 | 39   | 34.4 |
|      | 10.2 | 12.5 | 6.4 | 8.5  | 18.3 | 47.5 | 47.5 | 25.3 | 36.4 | 14.9 | 12.1 | 48.5 | 78.5 | 24.1 | 37.9 | 29   | 39.1 | 24.4 | 24.6 | 25.1 | 41.5 | 39.4 | 35.8 |
|      | 8.9  | 12.3 | 5.3 | 8.6  | 18.1 | 42.9 | 44.5 | 23.1 | 31.8 | 14.3 | 11.4 | 46.6 | 73.7 | 23.9 | 35.5 | 27.6 | 39.8 | 22.2 | 22   | 23.9 | 39.5 | 38.4 | 31.4 |
|      | 9    | 12.1 | 5.6 | 9.2  | 18.8 | 43.6 | 45.3 | 26.7 | 34   | 16   | 10.7 | 45.6 |      | 25.6 | 30.3 | 24   | 39.1 | 21.1 |      | 22.6 | 38.3 | 36.9 | 31.7 |
|      | 9.4  | 12.8 | 5.6 | 8.9  | 19.9 | 44.2 | 48.2 | 26   | 35.1 |      |      | 50.1 | 70.5 | 26.8 |      | 27.8 | 39.4 | 23.5 | 24.9 | 24.1 | 40.4 | 40   | 34.6 |
|      | 9    | 12.1 | 5.5 | 8.5  | 19.8 | 39.6 | 40.3 | 22.7 | 30.9 | 14   | 10.6 | 42   | 64.5 | 22.5 | 32.5 | 24.6 | 32.7 | 18.1 | 18.9 | 22   | 36.2 | 35.2 | 30.1 |
|      |      |      | 6.1 | 7.9  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 20.3 |      | 25.2 | 38   | 21.7 |      |      |      |      |      |
|      | 12.8 | 15.7 | 7.6 | 11.3 | 20.5 | 52.1 | 51.6 | 30.5 | 39.4 | 16.5 | 11.4 | 50.6 | 84.7 | 31.4 | 37.1 | 26.7 | 49.3 | 25.7 | 25.4 | 27.2 | 47.8 | 46.2 | 42   |
|      | 8.8  | 11.7 | 5.3 | 8.6  | 19.1 | 44.8 | 45.6 | 25.1 | 35   | 14.7 | 10.5 | 50.8 | 71.4 | 22.3 | 34.5 | 26.3 | 35.8 | 22.7 | 23.7 | 26.5 | 39.8 | 38.7 | 32.8 |
|      | 9.4  | 13.5 | 5   | 9    | 19.3 | 48.9 | 49.4 | 27   | 38.3 | 15.1 | 11.1 | 48.2 | 82.6 | 21.9 | 37.6 | 31   | 42.8 | 24.9 | 26.8 | 25   | 43.3 | 40.8 |      |
|      | 9    | 11   | 5.9 | 8.9  | 18.4 | 46.2 | 46.6 | 25.1 | 34.8 | 15   | 10   | 48   | 73.6 | 23.9 |      |      | 40.7 | 22.5 | 22.7 | 23.3 | 40.3 | 39.9 | 31.1 |
|      | 9.6  | 12.2 | 5   | 8.1  | 20.1 | 48.8 | 49.9 | 25.3 | 35.9 | 15.1 | 10.8 | 49.7 | 83.2 | 21   | 35.9 | 27.7 | 42.4 | 21.6 | 23.2 | 26.1 | 41.1 | 39   | 34.8 |
|      | 10   | 13.4 | 5.2 | 9.3  | 20.3 | 47.9 | 48.8 | 26   | 38.9 | 15.2 | 11.5 |      |      | 21.1 | 35.8 | 29.7 | 42.5 | 25.4 | 25.8 | 24.9 | 42.6 | 39.8 | 36.5 |
|      | 9.4  | 12.3 | 5.6 | 9    | 19.6 | 45.9 | 49.2 | 24.5 |      | 14.4 | 11.1 | 46.6 |      | 23.6 | 40.1 | 30.3 | 43.9 | 25.5 | 26   | 26   | 42.2 | 40.3 | 36.1 |
|      | 10.2 | 12.7 | 6.3 | 9.5  | 19.7 | 50.6 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

|              |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Emimandibole | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 13a  | 14   | 15   | 15a | 16  | 16a | 17   | 18   | 19   | 20   |      |
| BdF3891      |       |       |       | 99.6  | 96.7  | 99.1  | 69   | 65.4 | 6.4  | 28.4 | 37.3 | 31.1 | 17.1 | 6.7  | 16.2 |      |     |     |     | 8.3  | 37.7 | 16.6 |      |      |
| BdF389       |       |       |       | 98.5  | 93.7  | 97.8  | 65.7 | 62.4 | 57.8 | 27.2 | 34.2 | 3    | 16.3 | 6.1  | 15.4 | 6.8  | 5.4 |     |     | 7.4  | 4.3  | 15.9 | 13.9 |      |
| BdF3636      |       |       |       |       |       |       | 59.7 | 56.6 | 52.4 | 25.6 | 31.4 | 27.5 |      |      |      |      |     |     |     | 6.4  |      | 13.1 | 1.7  |      |
| BdF3799      |       |       |       | 98    | 96    |       | 68.8 | 65.5 | 6.5  | 3.3  | 36.4 | 31.2 |      |      | 16.4 | 7.6  | 5.2 |     |     | 8.2  |      | 16.2 | 13.4 |      |
| BdF2399      |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      | 34.6 | 29.8 |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      | 13.3 |      |
| BdF1228      | 155   | 14    | 1.9   | 94.5  | 9.1   | 94.1  | 64.3 | 6.7  | 57.1 | 26.5 | 33.6 | 29.6 | 15   | 5.8  | 14.8 | 7.5  | 5.5 |     |     | 6.7  | 33.9 | 14.1 | 1.9  |      |
| BdF1227      |       |       |       |       |       |       | 65.1 | 62.6 | 56.9 | 26.5 | 36   | 3    | 15   | 6    | 13.8 | 7.4  | 5.2 |     |     | 6.5  |      | 15.1 | 11.3 |      |
| BdF452       |       |       |       | 96.4  | 92.9  | 96.4  | 66.4 | 62.2 | 58.6 | 26.1 | 36.5 | 32.1 |      |      | 15   |      |     |     |     | 6.6  | 37.7 | 15   | 11.3 |      |
| BdF1226      | 11.7  |       | 16    | 99.4  | 94.8  |       | 68.7 | 63.4 | 57.5 | 27.1 | 35.6 | 29.7 | 15.5 | 6.4  | 14.6 | 7.3  | 6.6 |     |     | 7.3  | 39.7 | 14.1 | 12.4 |      |
| BdF1547      |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      | 32.9 | 28.3 |      |      | 14.8 |      |     |     |     | 7    |      |      | 11.1 |      |
| BdF1248      |       |       |       |       |       |       |      |      |      | 26.7 |      |      |      | 16.4 | 6.4  | 15.6 | 7.3 | 5.7 |     |      |      |      |      |      |
| BdF392       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      | 36.1 | 31.8 | 15   | 6    | 13.7 |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| BdF162       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 14.9 |      |     |     |     | 6.7  |      |      |      |      |
| BdF328       | 115.7 | 114.7 | 11.8  | 16    | 11.9  | 15.2  | 73   | 65.9 | 59.9 | 27.9 | 37.4 | 31.5 | 16.6 | 6.7  | 15.8 | 7.6  | 6.1 |     |     | 7.9  | 41.1 | 16.8 | 13.8 |      |
| BdF1619      |       |       |       | 94.4  | 9.8   |       | 65   | 6.8  | 55.6 | 27.4 | 34.8 | 29.4 |      |      | 15.2 |      |     |     |     | 7.2  |      | 14.4 | 1.9  |      |
| BdF1486      |       |       |       |       |       |       |      |      |      | 28   |      |      |      |      | 16.1 |      |     |     |     |      |      | 13.1 |      |      |
| BdF3279      |       |       |       | 14.8  | 1.1   | 14.1  | 7.7  | 65   | 58.9 | 27.4 | 37.1 | 31.4 | 16.7 | 6.7  | 15.7 | 7.6  | 5.8 |     |     | 7.9  | 41.9 | 16.7 | 14.2 |      |
| BdF2938      |       |       |       | 12.1  | 97.4  | 1.2   | 7.1  | 64.6 | 6.1  | 28.4 | 36.7 | 32.5 |      |      | 16.1 |      |     |     |     | 7.9  |      | 16.1 | 12.5 |      |
| BdF2498      |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      | 33.3 | 29.2 |      |      | 13.9 |      |     |     |     |      |      |      | 12   |      |
| BdF2936      |       |       |       |       |       |       | 62.4 | 59.2 | 55.4 | 26.8 | 33.5 | 29.3 |      |      | 15.5 | 7.2  | 4.6 |     |     | 6.6  |      | 14.3 | 12.5 |      |
| BdF2937      |       |       |       | 95.3  | 91.5  |       | 64.9 | 62   | 57.4 | 27.1 | 35.5 | 3.8  |      |      | 15.8 |      |     |     |     | 8.1  |      | 14.4 | 1.1  |      |
| BdF397       |       |       |       |       |       |       | 65.6 | 61.1 | 56.4 | 27.5 | 32.5 | 27.8 | 15.8 | 6.3  | 14.6 | 7.7  | 6.6 |     |     | 7.4  |      | 15.3 | 13   |      |
| BdF398       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      | 16.3 | 6.5  | 15.3 |      |     |     |     |      |      | 15.1 |      |      |
| BdF399       |       |       |       |       |       |       |      |      |      | 27.3 |      |      | 15.9 | 6.5  | 15.2 | 7.3  | 6.5 |     |     | 7.9  |      | 16.2 |      |      |
| BdF391       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 7.4  | 5.4  |     |     |     | 7.7  |      | 13.8 |      |      |
| BdF3911      |       |       |       |       |       |       |      |      |      | 25.6 |      |      |      | 15   | 5.8  | 14.3 | 6.8 | 5.1 |     |      |      |      |      |      |
| F49          | 114.8 | 112.9 | 109.5 | 103.4 | 98.7  | 103.8 | 68.7 | 63.4 | 57.3 | 25.4 | 36.9 | 30.6 | 15.1 | 5.3  | 13.8 | 7.6  | 5.5 | 3.6 | 3.5 | 7.5  | 40.3 | 16.9 | 13.4 |      |
| CLO-1        | 102   | 100.8 | 98.1  | 89.9  | 85.8  | 89.1  | 60.8 | 57.8 | 53.1 | 25.3 | 31.8 | 27.1 | 14.8 | 5.9  | 14.6 | 7.1  | 5.1 |     |     | 7.2  | 33.7 | 13.3 | 11.7 |      |
| F352         | 104.8 | 103.1 | 99.8  | 92.4  | 88.3  | 90.9  | 61.2 | 58.3 | 53.6 | 25.8 | 31.8 | 27.4 | 14.3 | 6    | 13.7 | 7.4  | 5.5 |     |     | 6.9  | 35.6 | 14   | 10.9 |      |
| F48          | 113.5 | 112.9 | 109.6 | 100.7 | 96    | 112.8 | 64.9 | 60.5 | 55.6 | 26.3 | 34   | 29.4 | 15.8 | 6.5  | 14.8 | 7.3  | 6   | 3.8 | 3.6 | 8.4  | 37.8 | 16.1 | 13.2 |      |
| F26          | 113.1 | 111.1 | 107.3 | 99.1  | 93.1  | 96.9  | 62.8 | 60.2 | 54.4 | 26.2 | 34.1 | 28.5 | 15   | 6.2  | 13.7 | 7.8  | 5.4 | 3.6 | 3.1 | 7.7  | 40.3 | 16   | 13.2 |      |
| CLO-6        | 102.4 | 101.4 | 97.8  | 90.4  | 86.2  | 89.9  | 60.7 | 57.4 | 52.8 | 25.6 | 31.6 | 27   | 15.2 | 6    | 14.4 | 7.1  | 5.3 |     |     | 7.1  | 33.9 | 13.1 | 11.6 |      |
| MZ-332       | 98.6  | 96.9  | 93.2  | 88.4  | 82    | 86.3  | 59.8 | 56   | 51.2 | 33.9 | 31.6 | 26.9 | 14.2 | 5.8  | 14   | 7.3  | 5.6 |     |     | 6.8  | 33.9 | 13.4 | 11.9 |      |
| MZ-394       | 111.6 | 111.9 | 107.9 | 98.4  | 94.2  | 97.7  | 64.6 | 61.1 | 55.9 | 26.6 | 33.6 | 28.7 | 15.6 | 6.1  |      | 7.4  | 5.6 |     | 3.3 | 7.1  | 38.3 | 15.1 | 12.2 |      |
| F168         | 97.9  |       | 95    | 85.8  | 81.9  |       | 58.3 | 55.9 | 51.8 | 24.8 | 31.6 | 26.9 | 14.4 | 5.8  | 13.6 | 6.9  | 5.1 | 3.3 | 3.1 | 6.5  | 36.4 | 13.5 | 11.7 |      |
| RF-2         |       |       |       |       |       |       | 69.9 | 63   |      | 27.3 | 35.8 |      | 15.9 | 6.1  |      |      |     |     |     | 15.8 | 13.8 |      |      |      |
| RF-3         |       |       |       |       |       |       | 60.9 | 68.7 |      | 26.6 | 33.1 |      |      |      |      |      |     |     |     | 13.9 | 11.4 |      |      |      |
| RF-32        |       |       |       |       |       |       |      | 56.7 |      | 25.8 | 31.5 |      |      |      |      |      |     |     |     |      |      | 34.4 | 12.6 | 10.5 |
| MSNM Ma 4484 | 98.8  | 99.3  | 95.7  | 88.3  | 83.6  | 89.1  | 60   | 54.5 | 49.7 | 24.4 | 30.1 | 25.6 | 14.1 | 6.2  | 12.5 | 12   | 5   | 3.4 | 2.9 | 6.8  | 36.9 | 13.7 | 12.6 |      |
| MSNM Ma 4482 | 109.3 | 106.2 | 102.6 | 95.8  | 90.2  | 93.8  | 63.2 | 58.5 | 53.6 | 25   | 33.9 | 28.9 | 15.4 | 6.3  | 14.2 | 7.1  | 5.6 |     |     | 6.9  | 37.4 | 15.5 | 11.9 |      |
| MSNM Ma 4372 | 111.8 | 108.5 | 106.7 | 99.5  | 94.3  | 97    | 66.9 | 61.3 | 57   | 27.3 | 33.7 | 29.4 | 16.3 | 6.4  | 14.7 | 6.7  | 5.9 | 3.2 | 3   | 7.4  | 39   | 15.5 | 14.2 |      |
| MSNM Ma 4373 | 111.6 | 109.7 | 104.2 | 96.9  | 90.2  | 95.8  | 65.9 | 61.4 | 55.8 | 29.1 | 32.7 | 26.9 | 18.9 | 7.3  | 18   | 6.2  | 5.5 | 3.8 | 3.4 | 8    | 43   | 18.3 | 14   |      |
| MSNM Ma 4374 | 96.5  | 97.2  | 94.3  | 84    | 81    | 84.2  | 57.5 | 53.4 | 48.8 | 22.7 | 30.1 | 25.7 | 14.2 | 5.4  | 13.2 | 6.4  | 5.1 | 2.6 | 2.6 | 5.8  | 31.6 | 12.7 | 10.8 |      |
| MSNM Ma 4375 | 95.4  | 95.7  | 96.9  | 84.7  | 80.5  | 84.2  | 57   | 53.6 | 49.7 | 23.7 | 30   | 26.5 | 14.3 | 5.8  | 13.4 | 6.2  | 4.5 | 2.9 | 2.8 | 6.2  | 31.7 | 14.7 | 10.9 |      |
| MSNM Ma 4376 | 101.1 | 100.3 | 96.7  | 89    | 85    | 88.7  | 58.9 | 55.2 | 51   | 23   | 32.2 | 27.9 |      |      |      |      |     |     |     | 7.1  | 34.1 | 13.5 | 11.4 |      |
| MSNM Ma 4377 | 97    | 96.4  | 93    | 87    | 81.3  | 85.3  | 60.8 | 57   | 53   | 25.4 | 32.5 | 28.5 | 15.5 | 6    |      | 6.9  | 5   | 3   | 3.1 | 6.8  | 33.4 | 13.4 | 11.5 |      |
| MSNM Ma 4378 | 100.6 | 99.7  | 96    | 89.2  | 84.5  | 88.8  | 59.8 | 55.6 | 50.9 | 24   | 32   | 27.1 | 14   | 5.6  |      | 6.3  | 5.4 | 3.1 | 3   | 6.8  | 34.8 | 13.1 | 11.1 |      |
| MSNM Ma 4382 | 114.3 | 113.8 | 111.1 | 101   | 97.2  | 101.3 | 65   |      | 55.8 | 26.3 |      | 15.7 | 6.9  | 14.7 |      | 7.4  | 5.9 | 3.4 | 3.2 | 8.6  | 39.2 | 15.9 | 13.2 |      |
| MSNM Ma 4379 | 100.6 | 100   | 94.1  | 89.7  | 89.5  | 86.6  | 59.5 | 54.4 | 50.5 | 22.9 | 30.9 | 21.9 | 13.5 | 5.6  |      | 5.6  | 5   | 2.4 | 2.4 | 6.3  | 32.7 | 13.2 | 11.6 |      |
| MSNM Ma 4380 | 96.8  | 97.1  | 94.5  | 85.2  | 82.4  | 86.2  | 57.7 | 55.2 | 51.8 | 24.9 | 30.8 | 27   | 14.5 | 6    |      | 6.6  | 5.6 | 3.3 | 3.1 | 7.1  | 32.4 | 12.4 | 10   |      |
| MSNM Ma 6376 | 117.7 | 115.7 | 111.1 | 103.9 | 102.1 | 97.8  | 66.5 | 59   | 54.1 | 26.7 | 32.2 | 27.3 | 15.5 | 6.5  |      | 7.8  | 5.7 | 3.4 | 3.2 | 7.6  | 39.8 | 16.1 | 13   |      |
| MSNM Ma 4816 | 108.5 | 106.6 | 102.9 | 95.1  | 90.2  | 93.7  | 65.2 | 61.9 | 57.1 | 28.4 | 34.1 | 29.5 | 16.8 | 6.5  |      | 8.2  | 6.1 | 3.2 | 3.5 | 7.2  | 38.8 | 14.4 | 11.9 |      |
| MSNM Ma 4856 | 96    | 97.6  | 93.5  | 87.5  | 84    | 87.5  | 60   | 57   | 52.3 | 25.9 | 32   | 27.5 | 14.7 | 5.8  |      | 7.7  | 5.6 | 3.4 | 3.6 | 6.4  | 33.3 | 11.9 | 10.8 |      |
| MSNM Ma 4861 | 101.5 | 101.7 | 96.4  | 90.6  | 85.1  | 90    | 60.8 | 55.7 | 51.3 | 25.9 | 30.4 | 26.5 | 14.9 | 6.2  |      | 7.6  | 6   | 3.2 | 3   | 7.3  | 35.9 | 12.9 | 12.7 |      |
| MSNM Ma 6129 |       |       |       |       |       |       |      |      | 51.1 | 24.5 |      | 26.7 | 14.3 | 6    |      | 7.3  | 5.3 | 3.3 | 3.3 | 6.7  | 36.1 | 13.9 | 11.2 |      |
| MSNM Ma 4858 | 107.4 | 107.1 | 102.9 | 95.3  | 90.4  | 94.5  | 59.4 | 54   | 49.2 |      |      |      | 14.4 | 6.5  |      | 7    | 5.6 |     |     | 7.6  | 37.1 | 14.9 | 11.8 |      |
| MSNM Ma 4812 | 107.8 | 108.6 | 104.5 | 94.1  | 93.5  | 88.3  | 63.2 | 60.1 | 55.4 | 26.2 | 33.6 | 28.8 | 15.1 | 6.4  |      | 8.1  | 6.7 | 4.5 | 3.8 | 7.4  | 36.2 | 13.6 | 11.9 |      |
| MSNM Ma 4860 | 111   | 111.6 | 108   | 98.4  | 95.4  | 98.5  | 65.9 | 61.7 | 56.3 | 26.4 | 35.9 | 30.8 | 15.4 | 6.6  |      | 7.3  | 6   | 3.7 | 3.6 | 7.4  | 36.6 | 14.5 | 12.3 |      |
| MSNM Ma 4596 | 108.1 | 108.5 | 103.9 | 97.9  | 98.5  | 93.5  | 66.6 |      | 56.4 | 26.4 |      |      | 15.9 | 6.9  |      | 7.1  | 5.7 | 3.4 | 3.3 | 7.9  | 37.5 | 14.8 | 12.5 |      |
| MSNM Ma 4875 | 101.2 | 101.7 | 97.9  | 89.3  | 89.6  | 85.7  | 60.7 | 56.9 | 52.3 | 25.4 | 31.4 | 27.3 | 15.4 | 6.5  |      | 7.3  | 5.9 | 3   | 3   | 7    | 37.2 | 14.1 | 10.6 |      |
| MSNM Ma 4859 | 105.2 | 104.3 | 100.4 | 94.6  | 93.1  | 89.2  | 63.7 | 59.6 | 54.7 | 26.3 | 33.3 | 28.6 | 15.7 | 6.1  |      | 7    | 5.7 | 3.5 | 3.5 | 6.8  | 35.3 | 13.7 | 11.5 |      |
| MSNM Ma 4811 | 111   | 109   | 105.9 | 97.8  | 93.7  | 97.5  | 64.9 | 61.2 | 56.3 | 27.2 | 34.2 | 30   | 16.1 | 6.1  |      | 7.5  | 5.9 | 3.4 | 3.5 | 7.6  | 38.3 | 15.2 | 13   |      |
| MSNM Ma 4586 | 108.1 | 107   | 102.9 | 94.9  | 89.9  | 93.6  | 62.1 | 58.7 | 53.3 | 25   | 33.8 | 33.2 | 14.7 | 6.2  |      | 7.2  | 5.2 | 3.3 | 3.2 | 6.6  | 35.5 | 14.3 | 13   |      |
| MSNM Ma 4815 | 108   | 106.9 | 102.6 | 96.6  | 95.7  | 91.4  | 64.5 | 60.6 | 55.1 | 26.4 | 33.7 | 28.1 | 15.7 | 6    |      | 7.3  | 6   | 4   | 3.3 | 7.1  | 36.7 | 15.1 | 11.9 |      |
| MSNM Ma 4857 | 96    | 96.2  | 93.7  | 83.4  | 80.1  | 84.3  | 55.6 | 52.3 | 48.4 | 24.9 | 28   | 23.7 | 14.5 | 5.7  |      | 7.2  | 5.6 | 3.6 | 3.2 | 6.8  | 33.4 | 11.8 | 11.2 |      |
| MSNM Ma 4813 | 96.6  | 96.5  | 92.6  | 84.7  | 81.1  | 85    | 56.6 | 53.1 | 48.9 | 24.3 | 28.7 | 24.6 | 14.4 | 5.6  |      | 7.3  | 5.1 | 2.9 | 3.2 | 6.4  | 36.3 | 12.2 | 10   |      |
| MSNM Ma 4595 | 102.5 | 101.5 | 99.3  |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |

|              |       |       |      |     |      |
|--------------|-------|-------|------|-----|------|
| Omero        | GL    | GLC   | Dp   | SD  | Bd   |
| BdF3629      | 132.5 | 13    |      | 8.1 | 2.7  |
| BdF363       |       |       |      |     | 2.2  |
| BdF3892      |       |       |      | 9   | 22.8 |
| BdF394       |       |       |      | 8   |      |
| BdF1437      |       |       | 28.8 |     |      |
| BdF 1251     |       |       |      | 7.9 | 22   |
| BdF 1623     |       |       |      |     | 21.3 |
| BdF451       | 122.8 | 12.2  | 24.8 | 8.1 | 19.3 |
| BdF123       |       |       |      |     | 2.4  |
| BdF348       |       |       |      | 8.4 | 22.4 |
| BdF19        | 134.7 | 13.9  | 26.6 | 8.5 | 22.5 |
| BdF193       |       |       | 26.9 |     |      |
| BdF1893      |       |       |      | 8   | 19.6 |
| BdF192       |       |       |      | 7.8 | 19.9 |
| BdF1915      | 98.5  | 95.9  | 2.4  | 6.4 | 15.7 |
| BdF1911      |       |       | 26.5 |     |      |
| BdF189       |       |       | 26.7 |     |      |
| BdF1891      |       |       |      | 8.3 | 2.8  |
| BdF195       |       |       | 23.3 |     |      |
| BdF1912      |       |       | 26.1 |     |      |
| BdF1888      |       |       | 26.2 |     |      |
| BdF1899      |       |       |      | 8.6 | 2    |
| BdF3153      |       |       |      |     | 21.1 |
| BdF1887      |       |       | 28.6 |     |      |
| BdF1894      |       |       |      |     | 21.2 |
| BdF2293      |       |       |      |     | 2.2  |
| BdF1913      |       |       | 25.3 |     |      |
| BdF1895      |       |       |      |     | 19.4 |
| BdF194       |       |       | 28.3 |     |      |
| BdF2358      |       |       |      |     | 19.3 |
| BdF191       | 125.2 | 121.1 | 24.3 | 7.1 | 18.8 |
| BdF199       |       |       |      | 7.8 | 2.4  |
| BdF1889      |       |       |      | 8.4 | 19.8 |
| BdF1897      |       |       |      | 7.1 | 17.4 |
| BdF1914      |       |       |      | 7   | 17.7 |
| BdF1898      |       |       |      | 8.1 |      |
| BdF191       |       |       |      |     | 19   |
| BdF197       |       |       |      | 7.9 | 2.1  |
| BdF395       |       |       |      | 8.9 | 22.6 |
| BdF196       |       |       |      |     | 19.7 |
| BdF198       |       |       | 28.3 |     |      |
| BdF 1892     |       |       |      | 7.8 | 19.4 |
| BdF1896      |       |       |      |     | 2.5  |
| BdF1326      |       |       |      |     | 2.2  |
| RF-8         |       |       | 28.7 | 8.2 |      |
| RF-9         |       |       |      | 8.3 | 21.2 |
| RF-10        |       |       |      |     | 22.8 |
| F49          | 129.7 | 126   | 27.4 | 8.8 | 22.6 |
| F352         | 117.6 | 115.1 | 25.3 | 8.3 | 20.5 |
| F26          | 126.7 | 124.2 | 27   | 9.4 | 20.1 |
| F48          | 134.9 | 131.9 | 27.9 | 8.9 | 21.1 |
| GBP3         | 123   |       | 26   |     | 21   |
| MSNM Ma 4492 | 119   | 118.7 | 24.2 | 7.9 | 18.9 |
| MSNM Ma 4482 | 120.4 | 120   | 24.3 | 8   | 19.9 |
| MSNM Ma 4492 | 119   | 118.7 | 24.2 | 7.9 | 18.9 |
| MSNM Ma 4482 | 120.4 | 120   | 24.3 | 8   | 19.9 |
| MSNM Ma 4382 | 127.9 | 126.4 | 27.8 | 8.7 | 23   |
| MSNM Ma 6375 | 120.4 | 119.7 | 25.5 | 7.5 | 21.7 |
| MSNM Ma 6376 | 134   | 133.2 | 27.3 | 8.8 | 22.7 |
| MSNM Ma 4487 | 123.3 | 122   | 26.1 | 8.2 | 20.7 |
| MSNM Ma 6678 | 127.3 | 125   | 27.2 | 9.4 | 19.8 |
| MSNM Ma 6685 | 137.2 | 135.8 | 28.9 | 9.3 | 22.1 |
| MSNM Ma 4492 | 119   | 118.7 | 24.2 | 7.9 | 18.9 |
| MSNM Ma 4482 | 120.4 | 120   | 24.3 | 8   | 19.9 |
| MSNM Ma 4382 | 127.9 | 126.4 | 27.8 | 8.7 | 23   |
| MSNM Ma 6375 | 120.4 | 119.7 | 25.5 | 7.5 | 21.7 |
| MSNM Ma 6376 | 134   | 133.2 | 27.3 | 8.8 | 22.7 |
| MSNM Ma 4487 | 123.3 | 122   | 26.1 | 8.2 | 20.7 |
| MSNM Ma 6678 | 127.3 | 125   | 27.2 | 9.4 | 19.8 |
| MSNM Ma 6685 | 137.2 | 135.8 | 28.9 | 9.3 | 22.1 |

|              |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Scapola      | HS   | DHA  | Ld   | SLC  | GLP  | LG   | BG   |
| BdF226       |      |      |      | 16.3 | 18.3 | 15.8 | 19   |
| BdF1223      |      |      |      | 16.4 | 18.1 | 16.1 | 9    |
| BdF1224      |      |      |      | 15.1 | 17.4 | 15.1 | 12   |
| BdF122       |      |      |      | 18.1 | 18.4 | 16.9 | 11.5 |
| BdF1225      |      |      |      | 14.9 |      |      |      |
| BdF123       |      |      |      | 21   |      | 18.8 | 13.2 |
| BdF147       |      |      |      | 16.3 | 17.9 | 15.4 | 11   |
| BdF1469      |      |      |      | 16.5 | 17.3 | 14.8 | 9.4  |
| RF-7         |      |      |      | 16.5 | 18.5 |      | 10.3 |
| MSNM Ma 4492 | 71.7 | 71.6 | 40.3 | 16.1 | 17.4 | 10.3 | 15.1 |
| MSNM Ma 4482 | 81.1 | 82.8 | 43.7 | 17.9 | 18.2 | 10.4 | 15.6 |
| MSNM Ma 4382 | 90.5 | 87.5 | 49.8 | 18   | 21.5 | 13.4 | 17.3 |
| MSNM Ma 6375 | 82.2 | 83.6 | 45.1 | 15.8 | 19   | 11.4 | 16.6 |
| MSNM Ma 6376 | 94.4 | 96   | 52.5 | 20.6 | 13.1 |      | 18.3 |
| MSNM Ma 4487 | 76   | 81.6 | 43   | 18   | 19.7 | 11.2 | 17.4 |
| MSNM Ma 6678 | 88.7 | 88.1 | 47.8 | 17   | 18.9 | 11.3 | 17   |
| MSNM Ma 6685 | 93.5 | 91.5 | 44.3 | 19.1 | 20   | 12.2 | 12.7 |

|              |       |       |     |      |
|--------------|-------|-------|-----|------|
| Radio        | GL    | BP    | SD  | Bd   |
| BdF3895      |       | 12.5  | 9.5 | 16.1 |
| Bfd-1328     |       | 12.7  |     |      |
| BdF1327      |       | 12.9  |     |      |
| BdF2311      | 111.9 | 11.6  | 7.3 | 15   |
| BdF1923      | 131.9 | 13.1  | 8.6 | 16.7 |
| BdF2310      |       |       | 8.2 | 16.4 |
| BdF2309      |       |       | 8.9 | 17   |
| BdF1926      |       |       | 8.4 | 15   |
| BdF1925      |       |       | 7.3 | 14.9 |
| BdF1924      |       |       | 8.8 | 16.6 |
| BdF3154      |       |       |     | 15   |
| BdF1443      |       | 11.3  | 8.7 |      |
| F49          | 121.4 | 12.8  | 8.1 | 15.2 |
| F352         | 113.5 | 11.3  | 8.2 | 15.4 |
| F26          | 121.6 | 12.6  | 8.9 | 16.2 |
| F48          | 124.9 | 12.4  | 8.8 | 16.3 |
| MG-NO-1068   | 111.1 | 11.4  | 8   | 14.9 |
| RF-14        |       | 12.5  | 9.1 |      |
| RF-15        |       | 12.1  | 8.5 |      |
| RF-16        |       | 15.3  |     |      |
| RF-33        |       | 11.4  | 7.6 |      |
| RF-34        |       |       | 9.2 | 15.9 |
| RF-35        |       |       | 9.1 | 15.6 |
| GBP4         | 110.5 | 11.5  |     | 14.5 |
| MSNM Ma 4492 | 103.9 | 10.9  | 7.7 | 13.5 |
| MSNM Ma 4482 | 117.1 | 11.3  | 8.8 | 14.8 |
| MSNM Ma 4382 | 120.7 | 13.2  | 9   | 16.4 |
| MSNM Ma 6375 | 115.7 | 12.3  | 7.8 | 15.8 |
| MSNM Ma 6376 | 123.2 | 13.5  | 9.8 | 16.8 |
| MSNM Ma 4487 | 118.8 | 12.4  |     | 16.7 |
| MSNM Ma 6678 | 118.2 | 112.5 | 8.7 | 15.6 |
| MSNM Ma 6685 | 128.1 | 13.3  | 10  | 16.6 |

|              |      |     |
|--------------|------|-----|
| II Mc        | GL   | Bd  |
| BdF3645      | 46.4 | 7   |
| BdF3646      | 46.6 | 6.8 |
| BdF1261      | 48.9 | 6.5 |
| BdF1263      | 49.3 | 7   |
| BdF2317      | 42.1 | 6.2 |
| BdF2318      | 44.8 | 7   |
| F49          | 44.4 | 7.2 |
| F352         | 45.4 | 7   |
| F48          | 44.6 | 6.8 |
| MG-NO-979    | 38.6 | 6.1 |
| RF-24        | 48   | 7   |
| MSNM Ma 4482 | 39.9 | 6.8 |

|              |      |     |
|--------------|------|-----|
| III Mc       | GL   | Bd  |
| BdF1272      | 52.6 | 6.3 |
| BdF1330      | 54.6 | 6.3 |
| BdF2321      | 53   | 6.4 |
| BdF2320      | 56.1 | 6.5 |
| BdF2322      | 52.9 | 6.3 |
| BdF2319      | 51.2 | 6   |
| F49          | 50.8 | 6   |
| F352         | 52.1 | 6.1 |
| F48          | 51.3 | 6.1 |
| RF-25        | 53.8 | 6.3 |
| MSNM Ma 4482 | 47.2 | 5.7 |

|              |      |     |
|--------------|------|-----|
| IV Mc        | GL   | Bd  |
| BdF1267      | 51.7 | 5.9 |
| BdF1474      | 53   | 6.2 |
| BdF2324      | 54.7 | 6.1 |
| BdF2323      | 55.1 | 6.3 |
| BdF3647      | 50.1 | 6.2 |
| F49          | 49.8 | 5.8 |
| F352         | 50.7 | 5.9 |
| F48          | 50.4 | 6   |
| MG-NO-981    | 42.9 | 5.3 |
| RF-26        | 53.8 | 6.1 |
| MSNM Ma 6376 | 51.8 | 6.3 |
| MSNM Ma 4487 | 50.1 | 5.7 |

|              |       |      |      |      |
|--------------|-------|------|------|------|
| Ulna         | GL    | DPA  | SDO  | BPC  |
| BdF3637      |       | 13.5 | 8.3  | 7.2  |
| BdF3896      |       | 17.7 | 10.1 | 10.1 |
| BdF3638      |       |      |      | 8.8  |
| BdF1938      |       | 15.5 | 12.9 | 9.7  |
| BdF1939      |       | 14.6 | 12   | 7.3  |
| BdF1940      |       | 16.1 | 12.8 | 9.4  |
| BdF1941      |       | 17.9 | 14.3 | 11.2 |
| BdF1944      |       | 17.6 | 13.9 | 9.4  |
| BdF1942      |       | 17   | 9.4  | 10.2 |
| BdF1943      |       | 15.8 | 14   | 8.5  |
| BdF1478      |       | 16   | 13.1 | 8.7  |
| BdF1441      |       | 15.8 | 12.9 | 9.8  |
| Bdf1479      |       |      |      | 9.9  |
| BdF1252      |       | 16.5 | 13.5 | 10.6 |
| F49          | 141.7 | 16.4 | 13.7 | 10.6 |
| F352         | 133.4 | 15.4 | 12.3 | 9.6  |
| F26          | 143.4 | 16.9 | 13.7 | 10.4 |
| F48          | 145.9 | 17.7 | 14.2 | 10.7 |
| MG-NO-1067   | 130   | 15.8 | 12.9 | 8.9  |
| RF-11        |       | 15.5 | 12.7 | 8.8  |
| RF-12        |       | 15.2 | 12.9 | 10   |
| RF-13        |       | 15.8 | 13.6 |      |
| MSNM Ma 4492 | 123.3 | 15.2 | 12.4 | 8.8  |
| MSNM Ma 4482 | 137.7 | 15.4 | 13   | 9.7  |
| MSNM Ma 4382 | 139.8 | 17   | 14.5 | 11.1 |
| MSNM Ma 6375 | 135.3 | 16.5 | 13.2 | 10.1 |
| MSNM Ma 6376 | 145.2 | 17.8 | 15.2 | 11.8 |
| MSNM Ma 4487 | 127.9 | 17.3 | 13.7 | 10.3 |
| MSNM Ma 6678 | 139.7 | 16.3 | 13   | 10.2 |
| MSNM Ma 6685 | 1517  | 16.8 | 14.2 | 10.9 |

|              |      |     |
|--------------|------|-----|
| V Mc         | GL   | Bd  |
| BdF3648      | 45.7 | 7   |
| BdF3900      | 45.9 | 7.8 |
| BdF1262      | 42.1 | 7.7 |
| BdF1626      | 43.7 | 7.2 |
| BdF1475      | 37.3 | 7.5 |
| BdF2325      | 40.5 | 6.6 |
| F49          | 42.7 | 7.2 |
| F352         | 37.5 | 6.7 |
| F48          | 43.3 | 7.2 |
| MG-NO-1088   | 36.5 | 6.3 |
| RF-27        | 46.3 | 7.2 |
| RF-28        | 45.2 | 7.4 |
| MSNM Ma 4482 | 38.8 | 6.6 |
| MSNM Ma 4482 | 38.8 | 6.6 |
| MSNM Ma 6375 | 42.5 | 7.3 |
| MSNM Ma 6376 | 42.8 | 7.1 |
| MSNM Ma 4487 | 42.5 | 6.9 |

| Femore       | GLC   | Bp   | DC   | SD   | CD | Bd   | Coxale       | GL    | LA   | LAR  | SH   | SB  | SC | Lfo  | GBTc | GBA  | GBTi | SBI  |
|--------------|-------|------|------|------|----|------|--------------|-------|------|------|------|-----|----|------|------|------|------|------|
| BdF1951      | 143.4 | 29.8 | 13.6 | 9.6  | 32 | 24   | BdF3802      | 96.5  |      | 14.8 | 14   | 6.4 | 39 | 21.8 |      |      |      |      |
| BdF1952      | 137   | 25.7 | 13   | 9    | 31 |      | BdF3639      |       | 16.1 | 13.2 | 13.1 | 5.2 | 34 |      |      |      |      |      |
| BdF1954      | 127.9 | 26.3 | 12.5 | 9    | 30 | 20.8 | BdF3641      |       |      |      | 12.7 | 5.5 | 34 |      |      |      |      |      |
| BdF1956      |       | 30.2 | 13.8 | 10.5 | 33 |      | BdF3640      |       | 16.2 | 13.3 | 13.9 | 6.1 | 37 |      |      |      |      |      |
| BdF1959      |       |      |      |      |    | 20.3 | BdF2403      |       | 17.7 | 15   | 12.8 | 6.5 | 35 |      |      |      |      |      |
| BdF1953      | 132.4 |      | 12.5 | 10   | 32 | 21.4 | BdF1211      |       | 16.4 | 13.1 | 13.8 | 5.1 | 36 | 18.9 |      |      |      |      |
| BdF1960      |       |      |      |      |    | 21.9 | BdF1206      |       | 16.4 | 12.5 |      |     |    |      |      |      |      |      |
| BdF1958      |       | 28.9 | 12.8 |      |    |      | BdF1205      |       | 20.4 | 16.7 | 13.5 | 7.2 | 39 |      |      |      |      |      |
| BdF1957      |       |      |      |      |    | 23.7 | BdF1207      |       | 15.9 | 12.9 | 13.1 | 4.9 | 35 |      |      |      |      |      |
| BdF1953      |       |      |      | 9.3  | 30 | 21.8 | BdF1208      |       | 14.1 | 11.5 | 12.3 | 5   | 32 |      |      |      |      |      |
| BdF1961      |       |      |      | 9    | 31 |      | BdF1204      |       |      |      | 12.6 | 5.5 | 30 |      |      |      |      |      |
| BdF1962      |       |      |      | 8.3  | 31 | 19.9 | BdF1209      |       | 16.1 | 13.7 | 13.8 | 5.5 | 31 |      |      |      |      |      |
| BdF1621      |       | 26.4 | 12.8 |      |    | 20.5 | BdF1210      |       | 15.5 | 12.4 | 12.3 | 5.2 | 32 |      |      |      |      |      |
| BdF3150      |       |      |      |      |    |      | BdF1628      |       |      |      | 13.7 | 6   | 31 |      |      |      |      |      |
| BdF1278      |       | 24.6 |      |      |    |      | BdF2559      |       | 16.7 | 13.7 | 13.7 | 6.9 | 38 | 22.1 |      |      |      |      |
| BdF1250      |       |      |      |      |    | 21.7 | BdF2560      |       | 15.2 | 12.7 | 13.7 | 5   | 34 | 21.1 |      |      |      |      |
| F49          | 138.2 | 28.2 | 13.1 | 10   | 32 | 22.5 | BdF2561      |       | 15.9 | 13   | 13.1 | 5.4 | 35 |      |      |      |      |      |
| F352         | 125.1 | 25.6 | 12   | 8.9  | 31 | 21.3 | BdF2562      |       | 16.2 | 14.3 | 14.9 | 7.1 | 35 |      |      |      |      |      |
| F26          | 137.6 | 27.8 | 13   | 10.4 | 34 | 23.4 | F49          | 94.9  | 15.7 | 12.9 | 13.4 | 5.9 | 37 | 20.6 | 54.9 | 54.1 | 73.1 | 50.8 |
| F48          | 142.4 | 28   | 12.6 | 10.4 | 35 | 22.6 | F395         | 87.6  | 14.7 | 12.5 | 12.2 | 6.1 | 33 | 20.2 | 55.9 | 51.2 | 67.1 | 47.1 |
| RF-18        |       |      |      | 9.3  |    | 20.7 | RF-17        |       | 15.8 |      | 14.6 |     |    |      |      |      |      |      |
| RF-19        |       |      |      | 9.1  |    | 22   | MSNM Ma 4492 | 84.6  | 14.5 | 11.9 | 11.8 | 7.1 |    | 18.4 | 48.5 | 48.9 | 63.8 | 44.7 |
| RF-20        |       |      |      |      |    | 24.2 | MSNM Ma 4482 | 90.4  | 14.6 | 11.9 | 12.3 | 5.7 |    | 18.9 | 51.8 | 51.6 | 65.4 | 44.9 |
| RF-36        | 121.4 | 23   | 10.2 | 7.9  |    | 18.3 | MSNM Ma 4382 | 102.3 | 16.1 | 13.4 | 13.5 | 6.9 |    | 20.8 | 55   | 55.7 | 76.2 | 49.4 |
| GBP 3        | 139   | 28   | 13   |      |    | 21.5 | MSNM Ma 6375 | 94    | 15.5 | 13.1 | 12.3 | 5.5 |    | 22.6 | 51.1 | 52   | 68.1 | 45.9 |
| MSNM Ma 4492 | 122.7 | 23.9 | 11.7 | 9.4  | 25 | 20.8 | MSNM Ma 6376 | 102   | 16.9 | 14.3 | 13.6 | 6.7 |    | 24.2 | 62.8 | 58.8 | 76.1 | 53.6 |
| MSNM Ma 4482 | 130.4 | 25.8 | 11.4 | 9.1  | 24 | 20   | MSNM Ma 4490 | 89.5  | 16.3 | 13.5 | 13   | 6.2 |    | 20.9 |      |      |      |      |
| MSNM Ma 4382 | 140.5 | 288  | 13.1 | 9.3  | 31 | 23   | MSNM Ma 6678 | 97.4  | 16   | 13.6 | 13.5 | 6.6 |    | 21.1 | 53.9 | 51.7 | 73.7 | 48.3 |
| MSNM Ma 6375 | 132.4 | 28.1 | 12.5 | 9.4  | 31 | 22   | MSNM Ma 6685 | 102   | 16.9 | 14.2 | 14.9 | 7.7 |    | 18.9 | 57.6 | 57.3 | 80   | 54   |
| MSNM Ma 6376 | 145.6 | 29   | 13.1 | 9.8  | 36 | 22.9 |              |       |      |      |      |     |    |      |      |      |      |      |
| MSNM Ma 6678 | 134.8 | 28   | 13.1 | 10.5 | 33 | 22.9 |              |       |      |      |      |     |    |      |      |      |      |      |
| MSNM Ma 6685 | 145.2 | 30.1 | 13.5 | 10.3 | 40 | 24.2 |              |       |      |      |      |     |    |      |      |      |      |      |

| II Mt        | GL   | Bd  |
|--------------|------|-----|
| BdF3642      | 61.8 | 7.5 |
| BdF3719      |      | 6.4 |
| BdF1260      | 61.9 | 6.4 |
| BdF1264      | 68   | 6.9 |
| BdF1259      | 63.3 | 7.1 |
| BdF1447      | 56.6 |     |
| BdF1446      | 63.4 | 6.7 |
| BdF1445      | 64.6 | 7.1 |
| BdF2326      | 67.2 | 6.9 |
| BdF2327      | 62.2 | 6.5 |
| BdF2402      | 56   | 6.9 |
| F49          | 60.6 | 6.9 |
| F352         | 56.4 | 6.7 |
| F26          | 61.1 | 6.9 |
| F48          | 63.7 | 7   |
| RF-29        | 66.5 | 7.4 |
| RF-30        | 67   | 7.1 |
| MSNM Ma 4482 | 58.2 | 6.3 |

| III Mt       | GL   | Bd  |
|--------------|------|-----|
| BdF3643      | 67.1 | 6.6 |
| BdF1265      | 65.3 | 6.4 |
| BdF1256      | 72.5 | 6.9 |
| BdF1472      | 73.7 | 6.8 |
| BdF1258      | 68.4 | 6.3 |
| BdF2329      | 72.1 | 6.7 |
| BdF2330      | 66.6 | 6.4 |
| BdF2331      | 63.6 | 6.4 |
| F49          | 67   | 6   |
| F352         | 61.1 | 5.8 |
| F26          | 67.4 | 6.5 |
| F48          | 68.9 | 6.7 |
| MSNM Ma 4482 | 63.3 | 5.7 |
| MSNM Ma 6376 | 67.6 | 6.3 |

| IV Mt        | GL   | Bd  |
|--------------|------|-----|
| BdF3803      | 73.2 | 6.6 |
| BdF3717      | 67.1 | 5.6 |
| BdF3644      |      |     |
| BdF1253      | 73.7 | 6   |
| BdF1255      | 66.1 | 5.5 |
| BdF1254      | 64.6 | 5.4 |
| BdF2333      | 73.8 | 7.1 |
| BdF2334      | 67.9 | 6.4 |
| F49          | 67.6 | 6   |
| F352         | 61.8 | 5.4 |
| F26          | 67.8 | 6   |
| F48          | 69.6 | 6.6 |
| MSNM Ma 4482 | 64.2 | 5.5 |

| V Mt         | GL   | Bd  |
|--------------|------|-----|
| BdF2336      | 67.4 | 7.2 |
| BdF2338      | 67.9 | 6.9 |
| BdF2335      | 58.5 | 5.8 |
| BdF2337      | 67.2 | 6.8 |
| F49          | 62.7 | 6.5 |
| F26          | 60.9 | 6.8 |
| F48          | 64.9 | 7   |
| MSNM Ma 4482 | 59.2 | 6.6 |

| Tibia        | GL    | Bp   | SD  | CD | Bd   |
|--------------|-------|------|-----|----|------|
| BdF3633      |       |      |     |    |      |
| BdF3631      |       |      | 8.6 | 27 | 15.8 |
| BdF3632      |       | 20.7 | 8.7 | 28 |      |
| BdF1975      | 155.8 | 24.8 | 9   | 30 | 16.7 |
| BdF1976      | 163   | 22.9 |     |    | 16.5 |
| BdF2944      | 143.4 | 21.7 | 8.3 | 29 | 14.9 |
| BdF1979      |       | 24.9 |     |    |      |
| BdF1983      |       | 22.2 | 8.8 | 29 |      |
| BdF1977      | 136.1 | 21.7 | 8   | 28 | 14.7 |
| BdF1986      | 143.3 | 19.6 | 8   | 29 | 13.6 |
| BdF1980      |       | 26.2 | 8.9 | 30 |      |
| BdF1982      |       | 22.3 |     |    |      |
| BdF1981      |       | 21.7 | 8.1 | 28 |      |
| BdF1985      |       |      | 8.1 | 30 | 14.2 |
| BdF2308      |       |      | 8.2 | 31 | 15.6 |
| BdF1978      | 151.6 | 22.5 | 7.9 | 32 | 15.8 |
| BdF1984      |       |      |     |    | 15.8 |
| BdF3406      |       | 20.7 |     |    |      |
| BdF0450      | 155.5 | 25.4 | 8.9 | 31 | 17.3 |
| BdF0287      |       |      | 8.4 | 28 | 15.5 |
| BdF1623      |       | 22   |     |    |      |
| BdF1624      |       | 19.6 |     |    |      |
| BdF1444      |       |      | 8.9 | 29 | 16.3 |
| BdF1438      |       |      | 8.4 | 24 | 15.8 |
| F49          | 150   | 23.6 | 8.8 | 30 | 16.1 |
| F352         | 137.2 | 22.4 | 8.4 | 28 | 15.7 |
| F26          | 148.9 | 23.9 | 9.3 | 30 | 16.6 |
| F48          | 149.5 | 24.3 | 10  | 32 | 16.4 |
| RF21         |       |      |     |    | 17.7 |
| GBP 3        | 143   | 24.5 |     |    | 16   |
| MSNM Ma 4492 | 128.6 | 22.9 | 7.4 | 25 | 14.4 |
| MSNM Ma 4482 | 140   | 22.8 | 8.7 | 28 | 15.9 |
| MSNM Ma 4382 | 146.2 | 24.3 |     |    | 17.4 |
| MSNM Ma 6375 | 140.6 | 23.9 |     |    | 17   |
| MSNM Ma 6376 | 183.3 | 25.2 |     |    | 16.7 |
| MSNM Ma 4487 | 141.5 | 23.5 | 8.8 | 29 | 16   |
| MSNM Ma 6678 | 142.5 | 24.1 | 9   | 30 | 16.7 |
| MSNM Ma 6685 | 186.4 | 26.4 | 9.6 | 32 | 17.2 |

|              |      |      |
|--------------|------|------|
| P4 inf.      | L    | W    |
| BdF3799      | 10   | 4.4  |
| BdF3280      | 9.9  | 4.2  |
| BdF3279      | 9.8  | 4.2  |
| BdF2940      | 10.7 | 4.4  |
| BdF3908      | 9.5  | 3.9  |
| BdF3907      | 10   | 4.3  |
| F49          | 9.6  | 4.4  |
| CLO-1        | 0,96 | 0,39 |
| F-352        | 9.6  | 4.2  |
| F-48         | 9.6  | 4.7  |
| F-26         | 9.8  | 4.6  |
| CLO-6        | 9.6  | 4.4  |
| MZ-332       | 9    | 3.9  |
| MZ-394       | 9.8  | 4.1  |
| F-168        | 9.2  | 4.3  |
| MSNM Ma 4484 | 9.7  | 4.4  |
| MSNM Ma 4485 |      |      |
| MSNM Ma 4482 | 9.3  | 4.6  |
| MSNM Ma 4372 | 9.6  | 4.2  |
| MSNM Ma 4373 | 9.5  | 5    |
| MSNM Ma 4374 | 9    | 3.7  |
| MSNM Ma 4375 | 8.6  | 3.4  |
| MSNM Ma 4376 | 8.5  | 3.5  |
| MSNM Ma 4377 | 9.7  | 4.9  |
| MSNM Ma 4378 | 8.6  | 3.6  |
| MSNM Ma 4382 | 9.8  | 4.5  |
| MSNM Ma 4379 | 9    | 4.8  |
| MSNM Ma 4380 | 9.5  | 3.6  |
| MSNM Ma 6376 | 9.9  | 4.8  |
| MSNM Ma 4816 | 10.4 | 4.5  |
| MSNM Ma 4856 | 9.2  | 4    |
| MSNM Ma 4861 | 9.7  | 4.4  |
| MSNM Ma 6129 | 9.5  | 8.7  |
| MSNM Ma 4858 | 9.6  | 4.1  |
| MSNM Ma 4812 | 9.5  | 4.5  |
| MSNM Ma 4860 | 10.4 | 5    |
| MSNM Ma 4596 | 10.2 | 4.6  |
| MSNM Ma 4875 | 9.3  | 4.2  |
| MSNM Ma 4859 | 9.5  | 4.4  |
| MSNM Ma 4811 | 10.1 | 4.7  |
| MSNM Ma 4586 | 9.6  | 4.4  |
| MSNM Ma 4815 | 9.1  | 4.1  |
| MSNM Ma 4857 | 8.4  | 3.8  |
| MSNM Ma 4813 | 9.2  | 4    |
| MSNM Ma 4595 | 9.4  | 4.1  |
| MSNM Ma 4638 | 8.1  | 3.5  |
| MSNM Ma 4489 | 8.5  | 4    |
| MSNM Ma 7581 | 10.8 | 4.9  |
| MSNM Ma 7997 | 9    | 4    |
| MSNM Ma 6680 | 10   | 5    |
| MSNM Ma 7582 | 9    | 4    |
| MSNM Ma 7957 | 7.1  | 5.7  |
| MSNM Ma 6679 | 10.3 | 4.9  |
| MSNM Ma 7833 | 9.5  | 4.4  |
| MSNM Ma 6678 | 9.5  | 4.1  |
| MSNM Ma 7958 | 8.7  | 4    |
| MSNM Ma 6685 | 9.8  | 4.7  |

## 2. *Vulpes lagopus*

| Cranio       | 1     | 2     | 3     | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 13a  | 14   | 14a  | 15   | 15a  | 16   | 17   | 18   | 18a  |
|--------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| F437         | 151.6 | 148.3 | 141   |      |      | 82.2 | 70.4 | 76.7 | 89   | 63   |      | 67.6 | 78.6 | 77.4 | 25.2 | 24.1 | 49.2 |      | 11.3 | 37.1 | 13.5 | 7.4  |
| J-1          |       | 117.5 |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 64   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MSNM Ma 6586 | 127.1 | 121.1 | 114.8 |      |      | 70   | 61.1 | 60.4 | 69.1 | 41.9 | 52.2 | 52   | 62.1 |      | 15.7 |      | 44.1 | 10.3 | 33.7 | 12   | 6.8  | 11.9 |
| MSNM Ma 3844 | 128.4 | 123.2 | 117.2 | 30.6 | 87.4 | 74.4 | 60.7 | 58.2 | 73.3 | 43.9 |      | 55.3 | 64.6 | 63.4 | 16.4 | 14.7 | 46.3 | 10.4 | 36.6 | 14.2 | 6.9  | 13.7 |

| 19   | 20  | 20a  | 21  | 21a  | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   | 31   | 32   | 33   | 34   | 35   | 36   | 37   | 38   | 39   | 40   |
|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 12.9 | 7.3 | 11.3 | 4.9 | 7    | 19.1 | 50   | 50   | 26.1 | 40.6 | 15.7 | 11.7 | 44.6 | 76.9 | 19.1 | 36.4 | 31.6 | 44.8 | 30.6 | 29.9 | 25.5 | 43.4 | 38.3 | 35.3 |
|      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 39   |      |      |      |      |      |      |
| 10.7 | 3.9 | 6.2  | 6.5 | 18   | 42.5 | 43.5 | 23   | 34   | 13.5 | 11.3 | 44.5 | 70.2 | 19.2 | 36.1 | 29   | 39.6 | 25.8 | 25.2 | 21.8 | 39.6 | 36.8 | 30.8 |      |
| 8    | 9.8 | 4.36 | 6.7 | 17.1 | 42.1 | 44.4 | 24.4 | 30.5 | 14.6 |      | 45.9 | 70.6 | 22   | 36.7 | 28   | 38.5 | 24.3 | 23.3 | 23.4 | 37.1 | 35.6 | 29.2 |      |

| Emimandibole | 1     | 2     | 3     | 4     | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 13a | 14   | 15  | 15a | 16  | 16a | 17  | 18   | 19   | 20   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 3            | 80.4  | 79.3  | 77.5  | 70.3  | 67.7 | 69.6 | 47.1 | 45.6 | 41.9 | 18.8 | 25.6 | 21.5 | 11.7 | 5   | 11.3 | 5.7 | 4   |     |     | 5.9 | 30   | 12.6 | 9.8  |
| F437         | 114.6 | 107.5 | 103.8 | 101.2 | 90.9 | 94.2 | 62.8 | 59.1 | 54.5 | 24   | 34.8 | 29.6 | 13.9 | 5.6 | 12.9 | 5.5 | 5.2 |     |     | 5.9 | 41.8 | 18.8 | 14.7 |
| J-4          |       |       |       |       |      |      | 52   |      |      |      |      |      |      |     |      |     |     |     |     |     |      |      |      |
| MSNM Ma 6586 | 93.3  | 90.7  | 87.4  | 81.3  | 75.3 | 79.9 | 54.3 | 52.9 | 47.8 | 21.7 | 29.9 | 24.9 | 13   | 5.1 | 11.8 | 5.4 | 4   |     |     | 6.1 | 33.7 | 12.6 | 12.9 |
| MSNM Ma 3844 | 95.8  | 93.3  | 90.8  | 85.3  | 80.4 | 83.5 | 55.7 | 52.6 | 48   | 21.9 | 30.9 | 25.8 | 14.1 | 6.8 | 13.4 | 6.3 | 4   | 2.4 | 2.2 | 7   | 33.9 | 14.5 | 11.8 |

| Omero    | GL   | GLC  | Dp   | SD  | Bd   |
|----------|------|------|------|-----|------|
| Bdf-1915 | 98.5 | 95.9 | 20.4 | 6.4 | 15.7 |
| GBP 4    | 94   |      | 19   |     | 17   |

| Ulna  | GL | DPA  | SDO  | BPC |
|-------|----|------|------|-----|
| RF-39 |    | 14.7 | 12.2 | 7.6 |

| Radio | GL    | BP   | SD  | Bd   |
|-------|-------|------|-----|------|
| RF-38 | 110.6 | 10.6 | 7.4 | 13.2 |
| GBP 4 | 87    | 9.5  |     | 12   |

| Coxale | GL   | LA | LAR  | SH   | SB | SC | Lfo  | GBTc | GBA | GBTi | SBI |
|--------|------|----|------|------|----|----|------|------|-----|------|-----|
| RF-40  | 78.6 |    | 11.9 | 11.1 |    |    | 17.3 |      |     |      |     |

| Femore   | GLC   | Bp   | DC   | SD  | CD | Bd   |
|----------|-------|------|------|-----|----|------|
| Bdf-1963 | 107.4 | 23.4 | 10.5 | 7.1 | 30 | 17   |
| GBP 4    | 99    | 22.5 | 10   |     |    | 17.5 |

| Tibia    | GL    | Bp   | SD  | CD | Bd   |
|----------|-------|------|-----|----|------|
| Bdf-3151 | 118.3 | 19.3 | 6.5 | 22 | 12.9 |
| GBP 4 VL | 107.5 | 18.5 |     |    | 12.5 |

| III Mt   | GL   | Bd  |
|----------|------|-----|
| Bdf-1276 | 50.3 | 5.2 |

| M1 sup. | L   | W   |
|---------|-----|-----|
| J-2     | 7.5 | 8.7 |

## 3. *Vulpes rueppellii*

| Scapola | HS | DHA | Ld | SLC  | GLP  | LG   | BG  |
|---------|----|-----|----|------|------|------|-----|
| F-409   |    |     |    | 13.1 | 14.4 | 12.4 | 8.5 |

| Omero | GL    | GLC  | Dp   | SD  | Bd   |
|-------|-------|------|------|-----|------|
| F-409 | 100.8 | 99.4 | 20.5 | 6.3 | 15.1 |

| Ulna  | GL    | DPA  | SDO | BPC |
|-------|-------|------|-----|-----|
| F-409 | 114.6 | 12.1 | 10  | 6.1 |

| Tibia | GL | Bp | SD  | CD | Bd |
|-------|----|----|-----|----|----|
| F-409 |    |    | 6.4 | 22 | 11 |

| Mt2   | GL   | Bd  |
|-------|------|-----|
| F-409 | 46.8 | 5.8 |

| Mt3   | GL   | Bd  |
|-------|------|-----|
| F-409 | 51.8 | 4.9 |

| Mc4   | GL   | Bd  |
|-------|------|-----|
| F-409 | 37.2 | 4.8 |

## **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare, innanzitutto, il Prof. Fabio Bona per avermi dato l'opportunità di svolgere questo lavoro di tesi, per il suo supporto e per avermi permesso di partecipare alle attività di scavo, che sono state un'esperienza fondamentale per il mio percorso.

Ringrazio il Dott. Marco Baioni, direttore del Museo Archeologico della Valle Sabbia (MAVS), per avermi permesso di analizzare il materiale fossile del Buco del Frate conservato al museo e per la sua disponibilità durante la mia permanenza a Gavardo.

Ringrazio il Dott. Giorgio Bardelli e la Dott.ssa Michela Podestà, curatori della sezione di zoologia dei vertebrati del Museo di Storia Naturale di Milano, per avermi concesso di accedere alle collezioni di zoologia dei vertebrati per analizzare il materiale utilizzato in questo lavoro.

Ringrazio la Prof.ssa Roberta Pennati per avermi permesso di analizzare il materiale conservato presso il Museo Didattico di Zoologia dell'Università di Milano.

Ringrazio il Prof. Roberto Ambrosini per i consigli in ambito statistico.

Ringrazio la mia “vicina di tesi triennale” Valeria Carnevali per le magnifiche illustrazioni che ha realizzato per il mio lavoro di tesi.

Infine, ma non per importanza, ringrazio la mia famiglia, la mia ragazza ed i miei amici per avermi sostenuto in maniera costante durante questo percorso di laurea magistrale e durante questo lavoro di tesi.