



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea Magistrale

Biologia marina

Machine Learning per l'identificazione tassonomica di Foraminiferi bentonici: un approccio preliminare.

Machine Learning for the taxonomic identification of benthic Foraminifera: a preliminary approach.

Tesi di Laurea Magistrale

di:

Anastasia Lucarelli

Relatore

Chiar.ma Prof.ssa

Anna Sabbatini

Correlatori:

Dott. Domenico Potena

Dott.ssa Francesca Caridi

Sessione Autunnale

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1 I Foraminiferi	4
1.2 Classificazione dei Foraminiferi basata sulla morfologia	8
1.3 Nuova classificazione dei Foraminiferi	13
1.4 Differenza tra Intelligenza artificiale e Machine Learning.....	24
1.4.1 Intelligenza artificiale (AI)	24
1.4.2 Machine Learning (ML)	27
1.5 Stato dell'arte dell'uso dell'AI nell'identificazione tassonomica di organismi marini compresi i Foraminiferi	29
1.6 Scopo della tesi	42
2. MATERIALI E METODI	43
2.1 Selezione delle immagini	43
2.2 Costruzione della matrice.....	44
2.3 Descrizione delle caratteristiche considerate	45
2.4 Algoritmi di Clustering	71
2.5 K-Means	73
2.6 DBSCAN.....	75
2.7 DBSCAN vs K-Means vs clustering gerarchico.....	76
3. RISULTATI	77
3.1 Prima elaborazione (matrice ultima).....	78
3.2 Seconda elaborazione (matrice_1).....	82
3.3 Terza elaborazione (matrice_2)	84
3.4 Quarta elaborazione (matrice_1 bis).....	85
3.5 Quinta elaborazione (matrice_2 bis).....	89
3.6 Sesta elaborazione (confronto tra matrice_1 e _2 bis).....	92
3.7 Settima elaborazione (clusterizzazione mediante algoritmi basata sulla presenza di specie e morfotipi)	94
3.8 Dalla clusterizzazione all'albero decisionale: un algoritmo di apprendimento automatico supervisionato	108

4. DISCUSSIONE.....	119
5. CONCLUSIONI.....	155
6. BIBLIOGRAFIA.....	158
6.1 Sitografia.....	161
6.2 Bibliografia delle immagini utilizzate per realizzare la matrice.....	164
7. RINGRAZIAMENTI.....	171

1. INTRODUZIONE

1.1 I Foraminiferi

La vita caratterizza la Terra e la caratteristica più straordinaria della vita è proprio la diversità. Nel 1753, Carlo Linneo introdusse il sistema di nomenclatura binomiale e da lì ad oggi sono stati identificati circa 2 milioni di Eucarioti. Stime più recenti sulla biodiversità mostrano però che circa l'80% delle specie è ancora sconosciuto tra cui un importante Phylum di organismi Eucarioti unicellulari: i Foraminiferi appartenenti al Regno Chromista, Sottoregno Harosa, Infraregno Rhizaria. I Foraminiferi hanno dimensioni che variano da pochi mm (0,1- 0,5) ad alcuni cm nelle forme più sviluppate. I Foraminiferi sono una componente importante del biota dei fondali marini costituendo spesso più della metà dell'abbondanza totale e della biomassa della fauna bentonica (Snider et al. 1984, Gooday e Fernando 1992). Non relegati solamente alle acque marine, sono presenti anche in acque salmastre e dolci, ed addirittura in ambienti terrestri, rendendoli un gruppo molto rappresentato in quasi tutti gli habitat. Sono presenti due diverse tipologie di Foraminiferi, distinti sulla base del loro ambiente di crescita e sviluppo: i bentonici e i planctonici. I Foraminiferi planctonici forniscono informazioni sulle masse d'acqua oceaniche, mentre quelli bentonici sono utili per caratterizzare il fondale marino.

La classificazione morfologica è basata prevalentemente sulla morfologia di questi organismi e sulla natura e tipo di guscio, ma esiste anche una classificazione di tipo molecolare. La filogenetica ha permesso di definire la loro origine nel tempo, individuando l'antenato comune tra i Cercozoa. La loro evoluzione è iniziata in particolare con le forme monotalamiche (Allogromiidi *sensu lato* o “*soft-shelled*”). La diversità, relativa ai Foraminiferi terrestri e di acqua dolce, è poco conosciuta (Pawlowski, 2009). Tuttavia, Siemensa et al. in uno studio del 2021 indicano la presenza di almeno 5 generi di Foraminiferi monotalamici che vivono nelle acque dolci e nei suoli. Ne sono un esempio il genere *Lieberkuehnia* (Claparedè e Lachmann, 1859), il genere *Claparedellus* (Khanipour, Roshan e Clauss, 2020), il genere *Edaphoallogromia* (Meisterfeld, Holzmann e Pawlowski, 2001), il genere *Velamentofex* (Volcker e Clauss, 2020) e il genere *Reticulomyxa* (Nauss, 1949). Un altro studio condotto nel 2007 nei fiordi artici (isole Svalbard e Tempelfjord) da Sabbatini et al. mostra che i Foraminiferi monotalamici (allogromidi, saccamminidi e psammosphaeridi) sono molto abbondanti anche in ambienti estremi. Sergeeva e Anikeeva (2014) mostrano che tra i monotalamici, gli allogromidi sono quelli più resistenti all'ipossia e quindi penetrano più in profondità nel sedimento. In mare, sono presenti a tutte le batimetrie, dall'adale all'intertidale: i monotalamici risultano molto abbondanti

nei siti abissali dell'Oceano Pacifico, Atlantico e Indiano (dati di Gooday 1996; Gooday et al. 1998; Gooday et al. 2000; Gooday dati non pubblicati). Vivono tipicamente su fondi incoerenti, a livello del sedimento, ma esistono specie che vivono sui fondi duri. La distribuzione dei Foraminiferi è influenzata principalmente dalle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque in cui vivono. La temperatura sembra essere un fattore determinante per le dimensioni del guscio. Le forme calcaree, ad esempio, necessitano di una maggiore quantità di carbonato di calcio per costruire i loro gusci, quindi, prediligono acque tropicali dove questo elemento abbonda. La maggior parte delle forme planctoniche vive nel *mixed layer* per ridurre la competizione e per sfruttare al meglio tutte le risorse che trova a diverse profondità della colonna d'acqua. La distribuzione delle forme bentoniche invece dipende dai livelli di ossigeno delle acque interstiziali e dalla disponibilità di materia organica nei sedimenti. In base a questo, tra le forme bentoniche si distinguono: epibionti che vivono sulla superficie del sedimento dove abbonda l'ossigeno ma scarseggiano i nutrienti, ed endobionti che vivono in profondità nel sedimento dove abbondano i nutrienti ma c'è poco ossigeno. Le prime forme bentoniche risalgono al Cambriano (570 milioni di anni fa) mentre le forme planctoniche comparvero per la prima volta nel Giurassico medio. Gran parte della ricerca paleoceanografica e biostratigrafica è basata sui Foraminiferi.

Il numero totale di specie di Foraminiferi descritte, estinte ed esistenti, è maggiore a 50.000 (Hayward et al., 2017), con le specie viventi che sono circa 10.000 (Vickerman, 1992), la stragrande maggioranza delle quali sono bentoniche. Le abbondanze relative e assolute di diverse specie, insieme alle loro caratteristiche morfometriche e alla composizione geochimica, sono state utilizzate per decenni come proxies per ricostruire le condizioni climatiche del passato, come la temperatura, la concentrazione di ossigeno e la salinità degli oceani (e.g. Kuocera, 2007).

1.2 Classificazione dei Foraminiferi basata sulla morfologia

La classificazione dei Foraminiferi ha una lunga storia che risale agli inizi del XIX secolo e all'opera di d'Orbigny (1826) che istituì l'ordine dei Foraminiferi e propose il primo sistema tassonomico basato sul piano di crescita dei gusci (*test*) dei Foraminiferi. I successori di d'Orbigny svilupparono diversi sistemi basati sulla morfologia dei fossili e sui gusci recenti che si differenziano principalmente per l'importanza data alla forma e alla disposizione delle camere rispetto alla composizione e alla struttura della parete (modificata da Cifelli, 1990). La divisione primaria dei Foraminiferi in Monothalamia, uniloculari, e Polythalamia, multiloculari (Schultze, 1854) fu progressivamente sostituita da una classificazione basata sulla presenza o assenza di aperture (Reuss, 1861; Carpenter et al., 1862). Nel XX secolo, le caratteristiche della parete hanno acquisito sempre più importanza e sono diventate il criterio principale per distinguere i gruppi di livello superiore nei Foraminiferi (Pokorny, 1963; Loeblich e Tappan, 1964; Hohenegger e Pillern, 1975). In particolare, la classificazione morfologica dei Foraminiferi si basa principalmente sulla natura compositiva del guscio. Essi possono essere:

- Foraminiferi con guscio organico: tale guscio è formato da una sottile membrana glicoproteica generalmente non fossilizzabile, molto flessibile che li rende "soffici"; questa componente tassonomica è

rappresentata da individui generalmente con una sola camera (monotalamici o uniloculari) e il guscio organico può essere ricoperto da materiale fine argilloso (agglutinante) non cementato, il che rende gli individui comunque “soffici”.

- Foraminiferi con guscio agglutinante: il materiale che viene selezionato dal foraminifero può essere di vario tipo, preso casualmente dal substrato dove vive o finemente scelto, sia per taglia che per composizione (granuli di quarzo, sabbia, altri gusci di foraminiferi, spicole).

Questa componente tassonomica è rappresentata da individui sia monotalamici che politalamici (più camere).

- Foraminiferi con guscio di carbonato di calcio (CaCO_3): presentano un'alta variabilità di forme e dimensioni, un'alta biodiversità e un elevato numero di specie. Possono presentare dei pori ed essere di tipo perforato ialino, oppure non averli ed essere di tipo porcellanaceo imperforato. Questa distinzione identifica un diverso meccanismo di biomineralizzazione. Questa componente tassonomica è rappresentata da individui sia monotalamici che politalamici (più camere). Inoltre, tra i Foraminiferi con guscio calcareo, i Fusulina, rappresentano un gruppo estinto caratterizzato da un guscio

microgranulare composto da grani subsferici equidimensionali di calcite cristallina.

Proprio in base alla composizione del guscio, Loeblich e Tappan, nel 1964 suddivisero i Foraminiferi (ordine Foraminiferida) in 5 sottordini (Textulariina, Miliolina, Rotaliina, Allogromiina e Fusulina) come mostra la Tabella 1.

<u>Suborders</u>	Wall composition and microstructures of the test
Textulariina	Arenaceous/agglutinated tests
Miliolina	Imperforate porcelaneous calcitic tests
Rotaliina	Hyaline perforate calcareous (calcitic/aragonitic) tests
<u>Allogromiina</u>	<u>Pseudochitinous/organic tests</u>
Fusulina extinct	<u>Calcitic microgranular tests</u>

Tabella 1. Classificazione dell'ordine Foraminiferida in base alla morfologia del guscio (Loeblich A.R., Tappan H. (1964) Treatise on Invertebrate Paleontology. Part C Protista 2 Sarcodina chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. Vol. 1 Geological Society of America and University of Kansas. 511 p.

Successivamente, Loeblich e Tappan (1988, 1989, 1992) presero in considerazione le caratteristiche mineralogiche ed ultrastrutturali della parete e suddivisero i Foraminiferi in 12 sottordini. Nelle più recenti modifiche di questa classificazione (Sen Gupta, 1999; Mikhalevich, 2004; Kaminski, 2005), il numero di ordini (o classi/ sottoclassi) è aumentato a 16 (Tabella 2).

Gli Allogromiida hanno guscio organico, gli Astrorhizida, i Lituolida, i Loftusiida e i Textulariida hanno guscio agglutinante mentre i Fusulinida, i Miliolida, i Silicoloculinida, gli Involutinida, i Robertinida, i Favusellida, gli Spirillinida, i Lagenida, i Buliminida, i Rotaliida e i Globigerinida hanno guscio calcareo.

Loeblich and Tappan (1988)	Sen Gupta (1999)	Mikhalevich (2004)	Kaminski (2005)
<i>Order</i>	<i>Class</i>	<i>Phylum</i>	<i>Class</i>
Foraminiferida	Foraminifera	Foraminifera	Foraminifera
<i>Suborders</i>	<i>Orders</i>	<i>Classes</i>	<i>Orders</i>
Allogromiina	Allogromiida	Astrorhizata	Allogromiida
Textulariina	Astrorhizida	Lagynana	Astrorhizida
Fusulinina	Lituolida	Astrorhizana	Lituolida
Involutinina	Trochamminida	Spirillinata	Loftusiida
Spirillinina	Textulariida	Ammodiscana	Textulariida
Carterinina	Fusulinida	Spirillinana	Fusulinida
Miliolina	Miliolida	Miliolata	Miliolida
Silicoloculinina	Carterinida	Miliamminana	Silicoloculinida
Lagenina	Spirillinida	Miliolana	Involutinida
Robertinina	Lagenida	Nodosariata	Robertinida
Globigerinina	Rotaliida	Hormosinana	Favusellida
Rotaliina	Buliminida	Nodosariana	Spirillinida
	Globigerinida	Rotaliata	Lagenida
	Involutinida	Textulariana	Buliminida
	Robertinida	Rotaliana	Rotaliida
	Silicoloculinida	Globigerinana	Globigerinida

Tabella 2. Recenti classificazioni di alto rango basate sulla morfologia dei Foraminiferi (Pawlowski et al., 2013).

La mancanza di progressi nella classificazione di livello superiore dei Foraminiferi era principalmente dovuta all'enorme numero di taxa coinvolti ma anche alla difficoltà nel trovare le relazioni evolutive tra gruppi definiti esclusivamente dalle caratteristiche morfologiche. Questa situazione è cambiata con l'avvento degli studi molecolari che hanno fornito ulteriori informazioni sull'evoluzione dei Foraminiferi (Pawlowski, 2000; Bowser et al., 2006). I dati molecolari sono molto utili perché mostrano la posizione filogenetica dei Foraminiferi all'interno dell'albero eucariotico, le relazioni tra gruppi tassonomici di livello superiore e permettono di individuare le numerose specie criptiche che risultano indistinguibili se ci si basa solo sulle caratteristiche morfologiche.

1.3 Nuova classificazione dei Foraminiferi

La maggior parte della filogenesi molecolare dei Foraminiferi sono basate su analisi di sequenze parziali di SSU e LSU rDNA (Holzmann e Pawlowski, 2000, 2002, 2003). I dati di filogenesi molecolari sono stati anche dedotti da actina (Flakowski et al., 2005), tubulina (Habura et al., 2006) e RNA polimerasi (Longet e Pawlowski, 2007). Confrontando le analisi filogenetiche con le principali caratteristiche morfologiche dei Foraminiferi risulta che essi rappresentano un phylum diviso in tre grandi gruppi sulla base della forma delle camere indipendentemente dalla natura compositiva del guscio come descritto sopra (Pawlowski et al., 2013):

1. Globothalamea: comprende specie multiloculari (più camere) le cui camere sono globose;
2. Tubothalamea: comprende specie multiloculari le cui camere sono tubolari;
3. Monothalamea: comprende specie uniloculari o monotalamiche con guscio organico e agglutinante.

I Globothalamea possiedono un guscio multiloculare con camere globose “più larghe che lunghe” (Armstrong e Brasier, 2005). La forma delle camere è specie specifica e varia durante lo sviluppo ontogenico: le prime camere solitamente sono globulari mentre nei globothalamidi più evoluti le camere diventano sempre più complesse. La bilocularità generalmente manca nei Globothalamea perché una volta costruita, una camera globulare non può ingrandirsi e quindi l'unico modo per crescere è aggiungere una nuova camera. In questo gruppo di Foraminiferi, inoltre, le aperture sono disposte in modo che tra un'apertura e quella successiva ci sia una distanza minima, ciò comporta dei vantaggi per il trasporto intracellulare (Hottinger, 1978; Brasier, 1982; Hohenegger, 1999; Figura 1).

I Tubothalamea possiedono un guscio multiloculare con camere tubolari “più lunghe che larghe” (Armstrong e Brasier, 2005). Tuttavia, il loro primo stadio di crescita ontogenetica conserva una singola camera o una serie di camere a spirale (vedi Loeblich e Tappan, 1988; Hottinger, 2006, Hohenegger, 2011). Risulta anche che i Tubothalamea più primitivi fossero biloculari con una seconda camera tubolare senza o con partizioni rudimentali. In questo gruppo di Foraminiferi, le aperture sono disposte in modo che tra un'apertura e quella successiva ci sia una distanza massima.

I Tubothalamea però possono ridurre la distanza tra le aperture accorciando le camere e allargando il loro diametro (Figura 1). Inoltre, come mostra la Tabella 3, si evince che i Tubothalamea e i Globothalamea sono sempre multiloculari e il loro guscio è sia agglutinante che calcareo; in particolare, i Tubothalamea comprendono i taxa agglutinanti che agglutinano le particelle del guscio con un cemento organico e tra i calcarei quelli porcellanacei o miliolidi (calcarei imperforati). I Globothalamea comprendono invece i taxa agglutinanti che aggregano il materiale esterno con un cemento sia organico che calcitico e i taxa calcarei perforati sia calcitici che aragonitici. I Globothalamea, inoltre, sono sia bentonici che planctonici mentre i Tubothalamea sono esclusivamente bentonici.

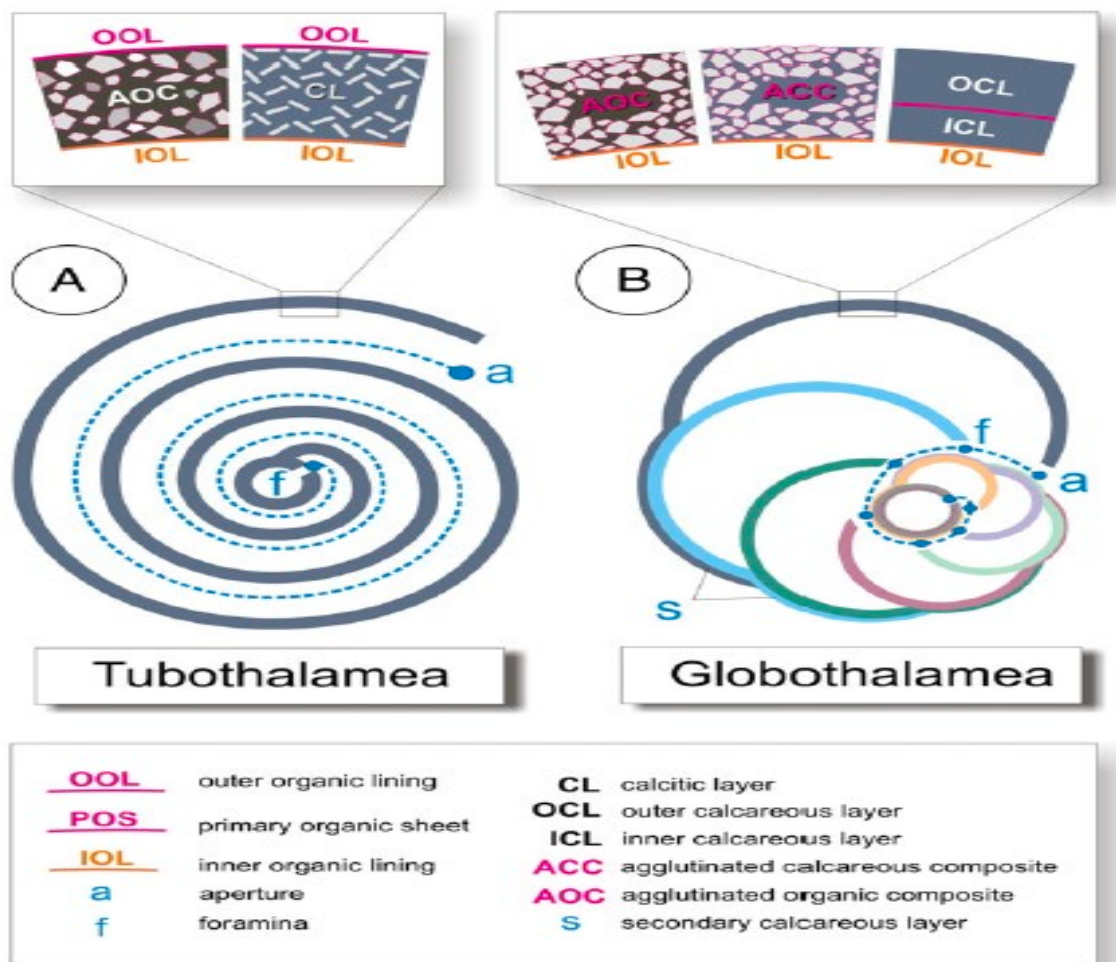


Figura 1. Caratteristiche morfogenetiche fondamentali identificate all'interno di Tubothalamea e Globothalamea.

A. Tubothalamea ha una o più camere tubolari allungate costruite da diversi componenti: una componente organica agglutinante (AOC) o una componente calcitica (CL) composta a sua volta da uno strato calcitico e uno organico (gusci porcellanacei).

B. Globothalamea mostra camere globulari o semiglobulari costruite da una componente organica agglutinante (AOC) o una componente calcarea agglutinante (ACC) o una componente di carbonato di calcio (CL) (calcite o aragonite) associata ad una matrice organica. Le strutture organiche "viola" (OOL, POS, AOC, ACC) fungono da matrice organica, in parte responsabile della formazione delle camere (modificata da Pawslowski et al. 2013).

	Tubothalamea	Globothalamea
Chamber basic shape	Tubular and related	Globular and related
Chambers in large complex tests	Proloculus followed by undivided coiled tubular chamber	Proloculus followed by globular chamber
Number of chambers	Bilocular or multilocular	Multilocular
Chambers	Never or slightly overlapping	Overlapping in various degree
Aperture	End of tube (areal marginal in large complex forms)	All types: e.g. basal, areal, terminal, etc.
LCP ^a (foraminal distance)	Maximized	Minimized
Wall composition	<ul style="list-style-type: none"> • Agglutinated with organic matrix • Calcareous <ul style="list-style-type: none"> -Porcelaneous high Mg calcite -Mono-, polycrystalline low Mg 	<ul style="list-style-type: none"> • Agglutinated with organic or organic/calcareous low Mg matrix • Calcareous <ul style="list-style-type: none"> -Calcite/aragonite -Hyaline low Mg with accessory high Mg
Calcite/aragonite secretion (De Nooijer et al., 2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Not in situ - in vacuoles transported to wall • Non-lamellar • No secondary laminae 	<ul style="list-style-type: none"> • In situ • Bilamellar • Secondary laminae
Mode of life	<ul style="list-style-type: none"> • Benthic 	<ul style="list-style-type: none"> • Benthic • Planktonic • Benthic/planktonic
Stratigraphic range	Cambrian – recent	Cambrian – recent

^a LCP – local communication path, as a distance between successive foramina.

Tabella 3. Caratteristiche delle nuove classi di Foraminiferi (Pawlowski et al., 2013).

Per quanto riguarda i Monothalamea, i taxa sono distinguibili per il fatto di avere una sola camera con guscio sia organico che agglutinante ma quest'ultimo privo di cemento sia esso organico che calcitico. I Monothalamea crescono aggiungendo nuovo materiale nel guscio, in genere vicino all'apertura oppure eliminano il guscio e ne ricostruiscono uno nuovo (Pawlowski, 2009). Questa nuova classificazione supportata dai dati molecolari e che considera la forma e disposizione delle camere dei Foraminiferi come criterio diagnostico differisce dalle classificazioni recenti tradizionali che dividono gli ordini e i sottordini prevalentemente sulla base della composizione e microstruttura del guscio e poi numero di camere e loro simmetria di crescita.

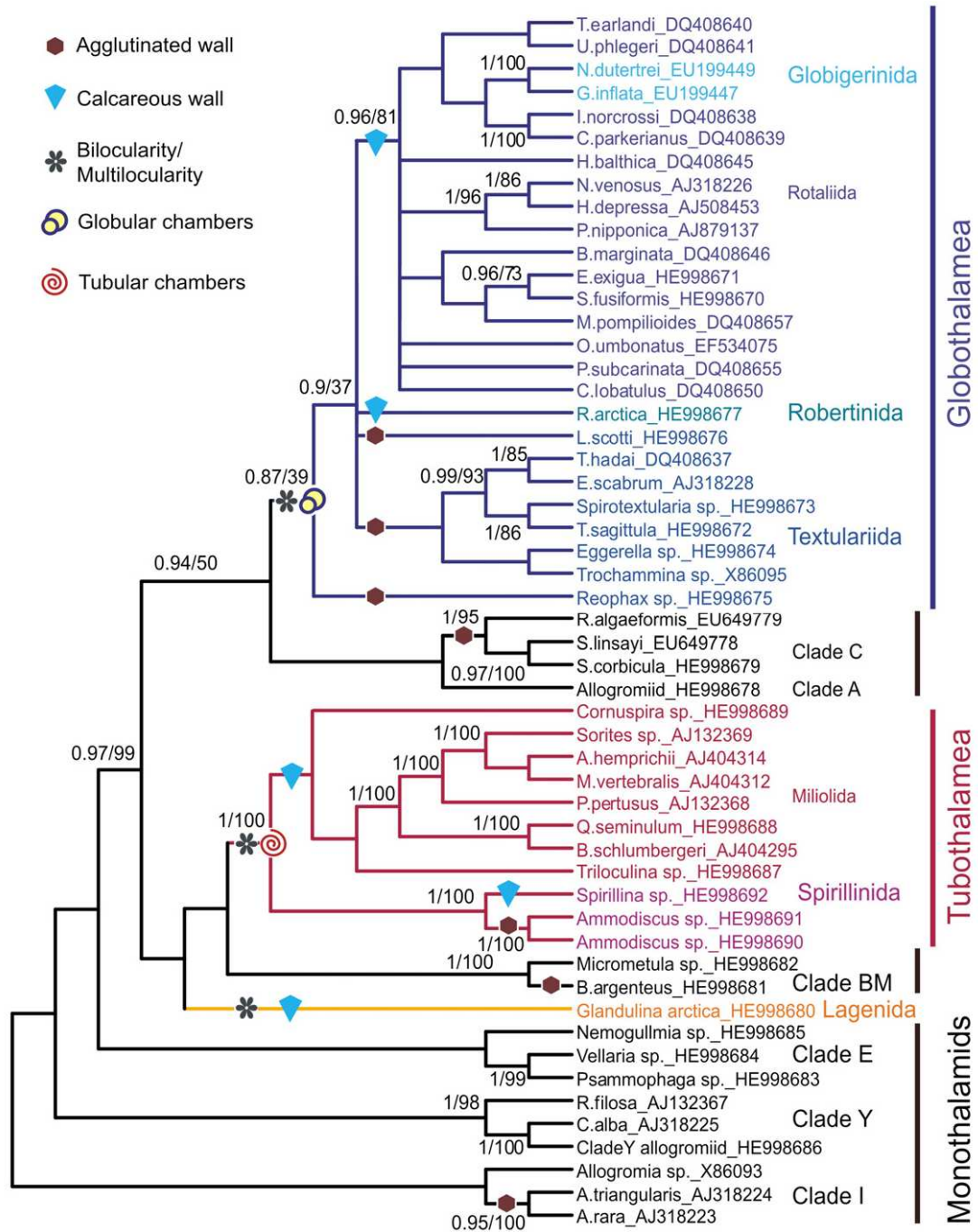


Figura 2. Albero filogenetico che mostra la filogenesi dei Foraminiferi dedotta da 53 sequenze complete di rDNA SSU. I numeri ai nodi indicano (da sinistra a destra) probabilità a posteriori (BI) e valori di bootstrap (ML). L'albero era radicato con *Allogromia* sp., *A. triangularis* e *A. rara*, come suggerito dalle filogenesi proteiche. I simboli di colore indicano linee staminali di Globothalamea e Tubothalamea, nonché gruppi con pareti agglutinate e calcaree (Pawlowski et al., 2013).

Se consideriamo l'albero filogenetico (Figura 2), a livello di ordine, il nuovo sistema di classificazione rimane relativamente invariato rispetto alle classificazioni precedenti, per gli ordini calcarei multiloculari infatti: i Rotaliida, i Miliolida, i Spirillinida e i Robertinida sono conservati anche se la loro definizione è stata diverse volte modificata. L'ordine planctonico Globigerinida ramifica all'interno dei Rotaliida ma la sua polifilia suggerita da alcuni studi (Darling et al., 1997; Pawlowski, 2000) deve essere ancora verificata. Inoltre, la posizione di molte specie planctoniche rimane difficile da stabilire a causa dell'eterogeneità dei loro tassi evolutivi (de Vargas et al., 1997, 1998). Anche gli ordini Miliolida e Spirillinida devono essere ridefiniti. Pur essendo entrambi calcarei e monofiletici, nel nuovo sistema di classificazione comprendono alcuni generi agglutinanti e dunque non possono essere definiti solo basandosi sulla composizione e sulla struttura della parete. Ciascuno di questi ordini potrebbe essere suddiviso in sottordini in base alle varie caratteristiche della parete. Ad esempio, nel caso di Spirillinida, gli Ammodiscidae agglutinanti formano un gruppo gemello degli spirillinidi calcarei, quindi, potrebbero essere considerati come un sottordine separato Ammodiscina, come suggerito da Mikhalevich (1992) e da Debenay (2001).

L'ordine dei Textularida agglutinanti rappresenta probabilmente un assemblaggio polifiletico anche se la maggior parte dei textulariidi si ramifica alla base dei Rotaliida. Inoltre, secondo Kaminski (2004) questo ordine comprende la maggior parte dei Lituolidi, i Loftusida e i Textularida in sensu stricto. Gli ordini Robertinida e Carterinida invece, sono stati collocati nella classe dei Globothalamea sulla base dell'analisi di *Robertina arctica* e di dati molecolari non pubblicati ottenuti da Carterinida. L'ordine Lagenida ha una posizione incerta dal momento che è disponibile una sola sequenza di rDNA SSU derivata da *G. antarctica* la cui posizione non è ben delineata. Sono necessarie ulteriori sequenze di lagenidi per decidere se si tratta di un ordine a parte oppure se appartiene alla classe dei Globothalamea o Tubothalamea. Come in quest'ultimi, nei lagenidi la distanza tra le aperture è massima mentre come nei Globothalamea le camere sono piuttosto globulari. L'ordine Involutinida sembra essere strettamente imparentato con gli Spirillinida (Sen Gupta, 1999), tuttavia, non essendo disponibili dati molecolari, è preferibile lasciare questo ordine in sede incerta. Una situazione analoga si verifica per i Fusulinida, un ordine estinto e quindi impossibile da collocare sulla base dei dati morfologici. I Monothalamea costituiscono un'associazione parafiletica che include due ordini uniloculari: gli Allogromiida con parete organica e gli Astrorhizida con parete agglutinante.

Pawlowski et al. (2011) hanno identificato 22 cladi monotalamici, tra cui 8 cladi appartenenti ad ambienti marini e 4 cladi descritti da campioni di acqua dolce e suolo (Lejzerowich et al., 2010). Nell'ambito dei monotalamici, il passaggio da pareti organiche a pareti agglutinate si è verificata più volte (Pawlowski et al., 2002; Bowser et al., 2006). Inoltre, in molti cladi monotalamici sono comprese sia specie organiche che agglutinanti che possono cambiare la natura del loro guscio a seconda delle condizioni ambientali (Cedhagen e Tendal, 1989). La presenza di un guscio agglutinante potrebbe essere un prerequisito per la formazione di un guscio multiloculare. Secondo Pawlowski (2009), il guscio agglutinante multiloculare si è evoluto almeno 3 volte in modo indipendente probabilmente da un lignaggio monotalamico agglutinante. In alternativa, la sua formazione potrebbe aver avuto origine da gusci multiloculari organici. La trasformazione da parete agglutinante a parete calcarea invece, sarebbe avvenuta almeno 5 volte in modo indipendente. Quindi nell'insieme, la diversità molecolare dei Foraminiferi si basa sull'analisi dei geni dell'RNA ribosomiale nucleare e nel dettaglio sul frammento 39 di SSU rDNA perché contiene diverse regioni in rapida evoluzione che sono specifiche per i Foraminiferi. Il vantaggio principale dei geni ribosomiali è la facilità con cui possono essere amplificati dopo l'estrazione dal DNA.

Inoltre, dato che i geni ribosomiali nei Foraminiferi evolvono molto velocemente è possibile la distinzione tra le variazioni genetiche a livello di specie. Il problema di questi geni invece è rappresentato dall'elevato polimorfismo che rende difficile la valutazione delle variazioni intra e interspecifiche. Da questo stato dell'arte si evince che c'è una combinazione tra i dati molecolari che costruiscono l'albero filogenetico appena descritto (Figura 2) e la suddivisione degli ordini basata sulle caratteristiche morfologiche e composizionali del guscio dei Foraminiferi. La classificazione dei Foraminiferi non è quindi banale e una corretta identificazione tassonomica è funzionale allo studio della biodiversità e densità dei Foraminiferi. Inoltre, nonostante l'avvento della filogenesi molecolare, molte questioni riguardanti la classificazione dei Foraminiferi e in particolare dei Monothalamea restano aperte. Se non si hanno a disposizione dati molecolari l'identificazione tassonomica segue quella morfologica. Per i Foraminiferi monotalamici l'uso dei criteri morfologici e la loro corretta interpretazione presentano delle lacune e purtroppo pochi esperti si occupano della loro tassonomia. Inoltre, i Foraminiferi monotalamici non fossilizzano quindi ne consegue che gli studi paleo-ecologici e paleo-ambientali sui Foraminiferi fossili escludono la possibilità di trovarli e di studiarli.

E questa scarsità di informazioni tassonomiche riguardanti i Monothalamea potrebbe causare una sottostima della biodiversità anche sugli studi ecologici dato che questo gruppo rappresenta, a volte, più del 50% delle biocenosi a foraminiferi sia nelle aree costiere che in alcuni habitat marini profondi (Sabbatini et al., 2007). La maggior parte degli studi attuali in cui la componente monotalamica viene studiata presenta una classificazione che nella migliore delle ipotesi identifica gli individui a livello di famiglia, genere o morfotipo. Molto spesso, infatti, c'è il rischio che si verifichi una proliferazione di morfotipi non necessari per il processo di classificazione. Per ovviare questo problema e per velocizzare il processo di identificazione dei Foraminiferi, in particolare dei monotalamici da parte degli esperti tassonomi si potrebbe applicare un sottoinsieme dell'Intelligenza artificiale: il Machine Learning.

1.4 Differenza tra Intelligenza artificiale e Machine Learning

La maggior parte delle persone pensa che il Machine Learning (ML) e l'Intelligenza artificiale (AI) siano termini che possono essere usati in modo intercambiabile, in realtà pur essendo strettamente correlati tra loro non sono uguali. L'AI, infatti, è un termine generico che si riferisce a sistemi o macchine che imitano l'intelligenza umana. Il ML invece, è un sottoinsieme dell'AI.

1.4.1 Intelligenza artificiale (AI)

L'intelligenza artificiale comprende due parole: “artificiale” che si riferisce a qualcosa fatto da esseri umani o da cose non naturali mentre “intelligenza” si riferisce alla capacità di capire o pensare. Fondamentalmente, l'Intelligenza artificiale è quel meccanismo che incorpora l'intelligenza umana in macchine attraverso un insieme di regole noto come algoritmo. L'AI quindi si riferisce a quel campo dell'informatica che si concentra sulla creazione di macchine intelligenti in grado di eseguire compiti che in genere richiederebbero l'intelligenza umana come: ragionamento, apprendimento e autocorrezione allo scopo di ottenere la massima efficienza possibile.

In base alle sue capacità, l'AI è divisa in tre grandi categorie:

1. Artificial Narrow Intelligence (ANI)
2. Artificial General Intelligence (AGI)
3. Artificial super intelligence (ASI)

L'Artificial Narrow Intelligence o Intelligenza artificiale ristretta si riferisce a sistemi di Intelligenza artificiale progettati o addestrati per eseguire un'attività specifica. Per questo motivo, i sistemi ANI sono anche noti come "AI debole". Questo tipo di Intelligenza artificiale è quella più comune ed è largamente utilizzata in un'ampia varietà di applicazioni, una delle quali è rappresentata dalla classificazione delle immagini.

L'artificial General Intelligence o Intelligenza artificiale generale si riferisce a sistemi di Intelligenza artificiale progettati per eseguire qualsiasi attività intellettuale che un essere umano può svolgere. Per questo motivo, i sistemi AGI sono anche noti come "AI forte". Questo tipo di Intelligenza artificiale richiede lo sviluppo di algoritmi in grado di ragionare, pianificare e apprendere in modo più generalizzato favorendo così l'adattamento a nuove situazioni o contesti. Tuttavia, lo sviluppo di sistemi AGI solleva una serie di preoccupazioni etiche e sociali dal momento che potrebbe esserci un impatto sull'autonomia umana e sul processo decisionale.

L'Artificial Super Intelligence o Super intelligenza artificiale si riferisce ad un'ipotetica forma futura di Intelligenza artificiale che supera l'intelligenza umana ed è in grado di svolgere compiti intellettuali impossibili per l'uomo. I sistemi ASI potrebbero trasformare la società apportando importanti scoperte in alcuni campi come la scienza, la medicina e l'ingegneria. C'è comunque il rischio che la Super intelligenza artificiale diventi troppo potente e incontrollabile portando a delle conseguenze potenzialmente dannose per l'umanità.

1.4.2 Machine Learning (ML)

Come accennato precedentemente, il Machine Learning o Apprendimento automatico è un sottoinsieme dell'AI che si concentra sullo sviluppo di algoritmi in grado di apprendere dati e migliorare le prestazioni nel tempo senza essere esplicitamente programmati. L'obiettivo principale del ML è quello di consentire ai sistemi di apprendere autonomamente senza l'intervento umano e di massimizzare la precisione. Come per l'Intelligenza artificiale, esistono tre grandi categorie di Machine Learning:

1. Apprendimento supervisionato
2. Apprendimento non supervisionato
3. Apprendimento per rinforzo

Nell'Apprendimento supervisionato, l'algoritmo viene addestrato su dati etichettati dove l'output desiderato è già noto. Nell'Apprendimento non supervisionato, l'algoritmo viene addestrato su dati non etichettati dove l'output desiderato è sconosciuto. Infine, nell'Apprendimento per rinforzo, l'algoritmo apprende per tentativi ed errori ricevendo feedback sotto forma di premi e punizioni. La seguente tabella (Tabella 4) mostra le differenze tra Intelligenza artificiale e Machine Learning.

INTELLIGENZA ARTIFICIALE	APPRENDIMENTO AUTOMATICO
L'intelligenza artificiale gestisce problemi più completi di automazione di un sistema. Questa informatizzazione dovrebbe essere possibile utilizzando qualsiasi campo come l'elaborazione delle immagini, la scienza cognitiva, i sistemi neurali, l'apprendimento automatico, ecc.	Il Machine Learning (ML) riesce a influenzare le macchine degli utenti per guadagnare dall'ambiente esterno. Questo ambiente esterno può essere costituito da sensori, segmenti elettronici, dispositivi di archiviazione esterni e numerosi altri dispositivi.
L'intelligenza artificiale gestisce la realizzazione di macchine, framework e altri gadget intelligenti consentendo loro di pensare e fare commissioni come fanno generalmente tutte le persone.	Ciò che fa il ML dipende dall'input dell'utente o da una query richiesta dal cliente, il framework verifica se è disponibile o meno nella knowledge base. Se è disponibile, restituirà all'utente il risultato relativo a quella query, tuttavia, se non è memorizzato inizialmente, la macchina prenderà in considerazione l'input dell'utente e migliorerà la sua base di conoscenza, per dare un valore migliore all'utente finale.
L'obiettivo è massimizzare le possibilità di successo.	L'obiettivo è massimizzare la precisione.
L'intelligenza artificiale utilizza la logica e l'albero decisionale.	L'apprendimento automatico utilizza modelli statistici.
L'intelligenza artificiale si occupa della diffusione della conoscenza e delle azioni consapevoli della Macchina.	ML riguarda l'accumulo di conoscenza.
Si concentra sul dare alle macchine capacità cognitive e intellettuali simili a quelle degli umani.	Si concentra sul fornire i mezzi agli algoritmi e al sistema per imparare dall'esperienza con i dati e utilizzare quell'esperienza per migliorare gli straordinari.
L'intelligenza artificiale comprende una raccolta di concetti di intelligenza, inclusi elementi di percezione, pianificazione e previsione.	Il machine learning può essere svolto attraverso approcci di apprendimento supervisionato, non supervisionato o di rinforzo.

Tabella 4. Differenze tra Intelligenza artificiale e Machine Learning (Aggarwal_Isha, 2023).

1.5 Stato dell'arte dell'uso dell'AI nell'identificazione tassonomica di organismi marini compresi i Foraminiferi

L'identificazione automatica dei Foraminiferi e di altri microrganismi marini come i Cocolitoforidi e le Diatomee è stata oggetto di ricerca negli ultimi decenni (Liu et al., 1994; Culverhouse et al., 1996; Beaufort e Dollfus, 2004; Pedraza et al., 2017). L'obiettivo è quello di accelerare il processo di identificazione per ridurre i costi degli studi ad alta risoluzione fatti al microscopio elettronico e migliorare la riproducibilità della classificazione che può variare tra i ricercatori ed è influenzata dal livello di esperienza (Fenton et al., 2018). L'automazione del processo di identificazione dei Foraminiferi è iniziata con i primi linguaggi informatici come Prolog e Lisp. Nonostante rimanga la necessità di inserire le caratteristiche di un esemplare, un algoritmo informatico può aiutare nella classificazione basandosi su un insieme predefinito di regole tassonomiche (Swaby, 1992; Athersuch et al., 1994). Per le Diatomee, un primo tentativo per automatizzare il processo di identificazione basato su regole tassonomiche è rappresentato dal progetto ADIAC (Automatic Diatom Identification and Classification). Questo progetto utilizza tecniche di elaborazione delle immagini allo scopo di classificarle in base a parametri morfometrici (ad esempio ornamenti e contorno delle valve) che vengono poi elaborati a loro volta da alberi decisionali (du Buf e Bayer, 2002). La necessità di regole tassonomiche definite da esperti può essere

eliminata attraverso l'uso di reti neurali artificiali (ANN) che imparano a identificare i taxa dopo essere state addestrate con immagini etichettate. Le ANN (Artificial Neural Network) si ispirano all'architettura del cervello umano e ne sono un esempio tipico le CNN ovvero le reti neurali convoluzionali. Proprio come i neuroni del cervello elaborano e trasmettono informazioni in tutto il corpo, i neuroni artificiali o nodi nelle CNN prendono input, li elaborano e inviano il risultato come output. Nelle CNN, i neuroni sono disposti in strati e tutte le connessioni scorrono in un'unica direzione: in avanti. In altre parole, i neuroni hanno connessioni solo con i neuroni dei livelli adiacenti quindi l'uscita del primo neurone funge da ingresso per il secondo neurone. Le reti neurali consistono in un livello di input, diversi livelli nascosti e un livello di output che eseguono operazioni di convoluzione per estrarre le caratteristiche dalle immagini di input. Qualsiasi immagine può essere rappresentata come una matrice di valori pixel. Le operazioni di convoluzione utilizzano questi valori di pixel per calcolare nuovi valori utilizzando la moltiplicazione di matrice per elemento con una piccola matrice nota come filtro o kernel che passa sui valori pixel dell'immagine originale. Il prodotto scalare dei valori del filtro e i valori dei pixel dell'immagine su cui si è

posizionato il filtro formano una nuova matrice chiamata “mappa delle caratteristiche” (Figura 3).

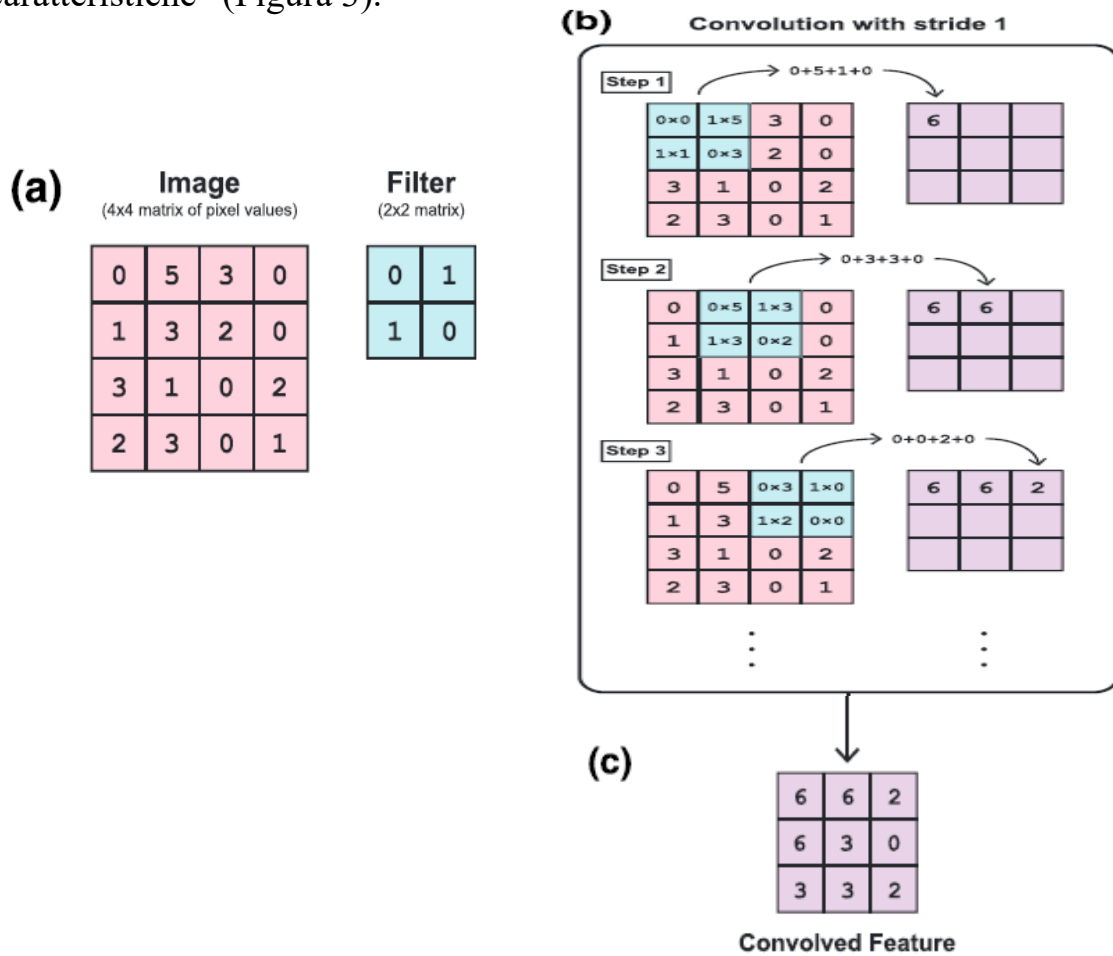


Figura 3. Esempio di come viene eseguita la convoluzione in una rete neurale convoluzionale (Hsiang et al., 2019).

- (a) Un'immagine può essere rappresentata come una matrice di valori pixel (px). Qui abbiamo un'immagine 4px per 4px rappresentata come una matrice 4×4 . Usiamo un filtro di esempio, o kernel, che è rappresentato dalla matrice 2×2 mostrata.
- (b) La convoluzione viene eseguita spostando il filtro attraverso l'immagine e sommando i valori risultanti dalla moltiplicazione per elemento dei valori della matrice dell'immagine che il filtro sovrappone ai valori del filtro corrispondente. Queste somme vengono quindi salvate in una nuova matrice che ha una voce per ogni fase del processo di convoluzione. Qui usiamo un passo di 1px, il che significa che il filtro si sposta di 1px in ogni passaggio. Questo viene ripetuto finché il filtro non è passato sull'intera immagine.
- (c) La matrice di somme risultante è la caratteristica convoluta, nota anche come "mappa di attivazione" o "mappa delle caratteristiche".

Per estrarre le caratteristiche dell'immagine (rilevamento dei bordi, colore, nitidezza e sfocatura), i livelli nascosti eseguono una serie di operazioni di convoluzione. Dato che queste operazioni sono lineari, viene introdotto uno strato di attivazione ReLU per rendere la rete non lineare. Se non venisse effettuato tale passaggio, la capacità di acquisire mappature complesse tra input (immagini) e output (classi) sarebbe limitata. Tra tutte le funzioni di attivazione non lineare, ReLU è quella con le prestazioni migliori (Nair e Hinton, 2010). Dopo le operazioni di convoluzione seguono le operazioni o livelli di raggruppamento (pooling) grazie ai quali vengono eliminate le caratteristiche non rilevanti lasciando invece quelle importanti. A questo punto, i livelli di convoluzione, ReLU e i livelli di raggruppamento producono come output le caratteristiche che vengono poi utilizzate per eseguire la classificazione. Infine, i valori calcolati dalla rete vengono elaborati utilizzando strati completamente connessi che generano un vettore di probabilità, il quale mostra la probabilità che una data immagine rientri in una data classe. Questo processo che va dall'input all'estrazione delle caratteristiche fino alla classificazione viene chiamato propagazione in avanti. Quando la CNN viene inizializzata, tutti i pesi e i filtri vengono assegnati casualmente e si esegue il primo passaggio di propagazione in avanti per calcolare l'errore totale ovvero la somma delle differenze tra il vero vettore di probabilità e il vettore di

probabilità in uscita. Per ridurre al minimo l'errore, la rete esegue un processo di aggiornamento di tutti i pesi e i filtri noto come retro-propagazione. In questo modo la rete impara a classificare accuratamente le immagini del training set. Le prestazioni della rete alla fine vengono valutate osservando: l'accuratezza (porzione di immagini del training set identificate accuratamente) e la perdita (somma degli errori per ciascuna immagine del training set). All'inizio le CNN erano poco profonde ed avevano pochi strati convoluzionali che richiedevano molto tempo per l'addestramento (Bollmann et al., 2005). Successivamente sono stati fatti dei progressi ovvero sono stati ridotti i tempi di calcolo delle CNN (Schmidhuber, 2015) e sono state costruite reti più profonde (con più strati quindi con prestazioni più accurate) che utilizzano immagini più grandi (He et al., 2016; Zagoruyko e Komodakis, 2016). Dal 2012, le prestazioni delle CNN profonde sulla valutazione di set di dati hanno superato le caratteristiche ingegneristiche (ad esempio la morfologia) (Krizhevsky et al., 2012) raggiungendo le prestazioni umane (Russakovsky et al., 2015). Beaufort e Dollfus nel 1999 e nel 2004 hanno utilizzato il sistema SYRACO che permette l'identificazione dei Cocolitoforidi mediante l'uso di CNN. L'inconveniente di questo sistema è che nel processo di identificazione potrebbero essere inclusi anche oggetti che non sono Cocoliti.

Un altro esempio di CNN è COGNIS, sviluppato presso l'ETH di Zurigo per l'identificazione dei nanofossili calcarei marini utilizzando immagini al microscopio elettronico a scansione o al microscopio a luce trasmessa (Bollmann et al., 2004). Anche per l'identificazione delle Diatomee, le CNN hanno avuto un grande successo (Pedraza et al., 2017). Tra tutte le CNN, quelle più rappresentative sono: Vgg16, Inception V3 e ResNet50. Vgg16, dal nome del Visual Geometry Group dell'Università di Oxford, è una CNN poco profonda (16 strati) molto utilizzata per la classificazione delle immagini (Simonyan e Zisserman, 2015). Inception V3 (Szegedy et al., 2015, 2016) è una CNN più profonda rispetto a Vgg 16 e infine, ResNet50 (He et al., 2016, 2017) è una CNN ancora più profonda rispetto alle due precedenti. Anche DenseNet (Huang et al., 2017) risulta una CNN molto all'avanguardia. Per valutare le prestazioni delle CNN si calcolano i seguenti parametri: l'accuratezza complessiva, la precisione, il richiamo e il punteggio F1. L'accuratezza complessiva è la percentuale di immagini del training set classificate correttamente con le CNN. Ovviamente una maggiore accuratezza equivale ad una migliore classificazione. La precisione è la percentuale di immagini identificate in una classe e che realmente appartengono a quella classe. Il richiamo è la percentuale di immagini identificate correttamente in una data classe mentre il punteggio F1 è la media di precisione e richiamo.

Altri due parametri importanti sono il tempo di addestramento che è il tempo necessario per addestrare la rete e il tempo di inferenza che è il tempo necessario per classificare ogni singola immagine. Maggiore sarà il tempo di inferenza più tempo ci vorrà per classificare grandi set di immagini. Per quanto riguarda le immagini da analizzare con la CNN, bisogna considerare che se si aumenta la dimensione aumenterà il tempo di inferenza ma anche l'accuratezza, al contrario se si diminuisce la dimensione delle immagini, l'addestramento sarà più rapido ma meno accurato dal momento che potrebbero andar perse delle caratteristiche che invece sono importanti per distinguere le immagini appartenenti ad una determinata classe. E' preferibile anche usare immagini in scala di grigi perché il colore potrebbe influire negativamente sulla classificazione. Karaderi et al. (2021) hanno messo a confronto le prestazioni delle varie CNN (Tabella 5) ed è risultato che:

	Row	Method	Resolution (pixels)	Acc (weighted)	Prec (macro)	Rec (macro)	F1S (macro)
A	01	VGG19* [30]	224 × 224	77.1	70.5	64.9	66.9
	02	MobileNetV2* [30]	224 × 224	77.7	70.0	65.2	66.8
	03	InceptionV2* [30]	224 × 224	77.7	69.5	64.8	66.4
	04	DenseNet121* [30]	224 × 224	80.2	75.2	69.2	71.3
	05	ResNet50* [30]	224 × 224	81.8	76.7	71.4	73.4
	06	Ours*	224 × 224	91.6	88.2	78.3	81.3
B	07	VGG16 [21]	160 × 160	87.4	72.4	69.8	70.0
	08	Ours	160 × 160	91.9	91.3	81.9	84.6
C	09	ResNet18Full* [30]	128 × 128	88.5	84.1	77.8	79.9
	10	ResNet50CycleFull* [30]	128 × 128	90.1	85.1	78.7	80.8
	11	BaseCycleFull* [30]	128 × 128	90.3	84.9	78.4	80.5
	12	Ours*	128 × 128	91.0	87.2	78.9	81.1
D	13	BaseCycleFull [30]	224 × 224	90.5	84.5	79.6	81.5
	14	Ours	224 × 224	91.7	88.1	77.0	80.7
			416 × 416	92.0	89.0	81.5	84.2

Tabella 5. Confronto tra le prestazioni delle varie CNN (Karaderi et al., 2021).

- A) Prestazioni del Deep Metric Learning rispetto a vari CNN utilizzando immagini di 224 x 224 pixels.
- B) Prestazioni del Deep Metric Learning rispetto alla rete VGG16 di Hsiang utilizzando immagini di 160 x 160 pixels.
- C) Prestazioni del Deep Metric Learning rispetto alle reti di Marchant utilizzando immagini di 128 x 128 pixels.
- D) Prestazioni del Deep Metric Learning rispetto alla Base-Cycle. Per quest'ultima sono state utilizzate immagini di 224 x 224 pixels mentre per il Deep Metric Learning oltre ad immagini di 224 x 224 pixels sono state utilizzate anche immagini di 416 x 416 pixels.

Tra tutte le reti utilizzate da Marchant et al. (2020), la ResNet50 è quella con le prestazioni migliori raggiungendo un'accuratezza dell' 81.8% (considerando una dimensione di 224 x 224 pixels). La VGG16 utilizzata da Hsiang et al. (2019) supera le prestazioni della ResNet50 pur utilizzando un minore dimensione delle immagini (160 x 160 pixels).

Lo stesso Marchant utilizza anche una rete con strati ciclici chiamata Base-Cycle che sembra raggiungere un'accuratezza pari al 90.3%. Ma tra tutti i metodi utilizzati il Deep Metric Learning (Apprendimento metrico profondo) è il metodo migliore in assoluto tanto che aumentando le dimensioni delle immagini a 416 x 416 pixels è possibile raggiungere un'accuratezza pari al 92.0%. Un potenziale problema delle CNN profonde risiede nel fatto che avendo molti livelli, richiedono una grande quantità di dati di addestramento (Goodfellow et al., 2016) quindi un'alternativa per utilizzare un minor numero di dati è rappresentato dal Transfer Learning (apprendimento per trasferimento). Nell'ambito dei Foraminiferi questo metodo è stato utilizzato da Mitra et al. (2019), Zhong et al. (2018) e Hsiang et al. (2019) ed è risultato molto rapido e accurato. Il Transfer Learning prevede l'addestramento di una rete neurale profonda in cui in precedenza sono stati inseriti ed elaborati dei set di dati. In altre parole, sfrutta un modello già addestrato per adattarlo a nuovi scopi. Quindi prima si crea una rete di testa pre-addestrata e poi una rete di coda, successivamente le due reti vengono unite in un'unica rete da applicare alle immagini. Hsiang et al. (2019) hanno costruito un grande set di immagini di Foraminiferi planctonici chiamato Endless Forams che è composto da oltre 27.000 immagini riconducibili a 35 specie identificate da tassonomi esperti.

In seguito hanno applicato il Transfer Learning utilizzando la rete VGG16 per confrontare la classificazione basata su CNN di questo set di dati con le prestazioni umane. Dal suo studio (2019) Hsiang ha dedotto che le identificazioni errate da parte dell'uomo riguardano per lo più le specie che sono maggiormente rappresentate nel set di dati e ciò è dovuto ad una serie di motivi. Una maggiore rappresentazione porta ad una maggiore riconoscibilità. Gli esperti umani sono più abili ad identificare le immagini di specie più comuni perché hanno un concetto ben sviluppato di quelle specie e quindi di tutte le sue variazioni intraspecifiche. Al contrario, per le "specie rare", se l'esperto non ha avuto "nessun incontro" con queste potrebbe avere difficoltà nell'identificarle. Se gli esperti umani considerano una specie più abbondante rispetto ad un'altra tenderanno ad identificare i singoli individui o morfotipi come appartenenti alla specie più abbondante. Un altro motivo è legato alla speciazione criptica dal momento che è molto più probabile che i taxa rari assomiglino alle specie più abbondanti piuttosto che le specie più abbondanti si assomiglino tra di loro. Gli errori che compie il classificatore automatico invece sono legati al fatto che il numero di campioni rappresentativi di ogni classe è distorto ovvero alcune classi hanno migliaia di immagini mentre altre ne hanno un numero limitato.

I dati distorti favoriscono le classi più campionate portando scarse prestazioni predittive sulle classi meno campionate (He & Garcia, 2009). Inoltre, dato che esiste un'elevata correlazione tra le prestazioni della classificazione da parte dell'uomo e le dimensioni delle immagini, c'è un'alta probabilità che le immagini con una maggiore dimensione forniscano a loro volta una maggiore precisione. In altre parole, se gli esseri umani non sono abili nell'identificazione delle "specie rare" allora anche i dati da loro generati e poi utilizzati per addestrare la macchina saranno di bassa qualità. Le precisioni umane dipendono fortemente dalle prestazioni individuali, inoltre AI-Sabouni et al. (2018) ritengono che una maggiore esperienza non corrisponda ad una maggiore precisione nell'identificazione dei Foraminiferi planctonici. Austen et al. (2018) hanno notato che gli esperti con esperienza sul campo sono molto più precisi nell'identificazione rispetto a quelli che hanno acquisito la loro conoscenza tassonomica dai libri. I risultati di Hsiang et al. (2019) suggeriscono che gli umani tendono ad essere filogeneticamente conservatori nei loro errori, con la maggior parte delle identificazioni errate che si verificano all'interno dello stesso genere. Al contrario, gli errori commessi dai classificatori automatici sono legati al numero limitato di dati su cui lavorare. Il vantaggio dei metodi automatizzati è la capacità di generare molto rapidamente informazioni tassonomiche per set di dati molto grandi.

Inoltre, questi metodi, oltre ad essere precisi sono caratterizzati da un'elevata riproducibilità. Resta comunque il fatto che, i Foraminiferi planctonici necessitano di ulteriori studi e verifiche mediante l'apprendimento automatico; ottenere migliori risultati mediante l'intelligenza artificiale permetterebbe di migliorare l'utilizzo dei Foraminiferi planctonici come proxies negli studi oceanografici e geoscientifici. Tra le specie di Foraminiferi planctonici più studiate rientrano: *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides bulloides*, *Neogloboquadrina pachyderma*, *Neogloboquadrina incompta* e *Neogloboquadrina dutertrei* (utilizzate nello studio di Zhong et al. nel 2018) (Figura 4).

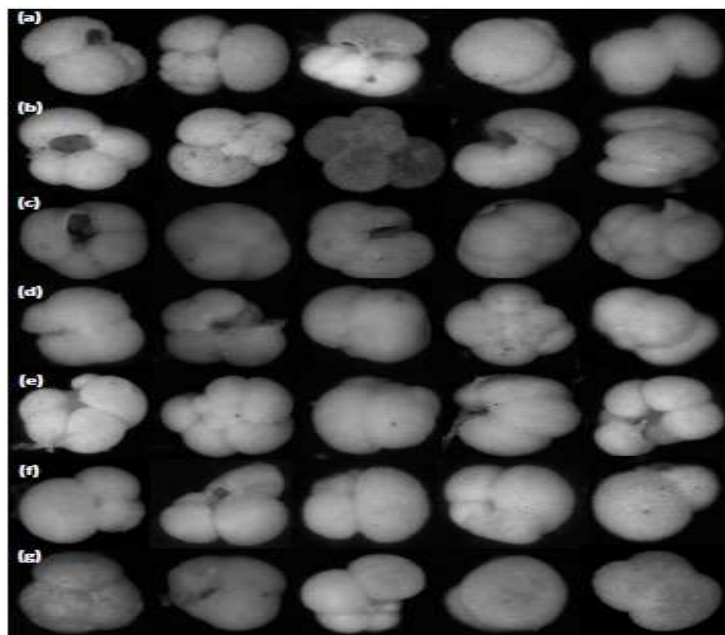


Figura 4. Specie di Foraminiferi planctonici utilizzate da Zhong nel suo studio (2018). a) *G. ruber*, (b) *G. bulloides*, (c) *N. pachyderma*, (d) *N. incompta*, (e) *N. dutertrei*, (f) *G. sacculifer*, (g) altre specie. (Zhong et al., 2018)

Quindi si può dedurre che i sistemi automatici di identificazione dei Foraminiferi e di altri microrganismi marini basati sulla classificazione delle immagini pur mostrando delle prestazioni promettenti hanno ancora dei limiti e necessitano in ogni caso del supporto degli esperti tassonomi.

1.6 Scopo della tesi

Come precedentemente accennato, l'identificazione manuale dei Foraminiferi basata sulle caratteristiche morfologiche è un compito che richiede molto tempo e deve essere eseguito da specialisti. A questo si aggiunge il fatto che ci sono pochi esperti tassonomi e pochi dati a disposizione per quanto riguarda la componente tassonomica dei Monothalamea. Nel caso dei Monothalamea le caratteristiche rilevanti da prendere in considerazione sono limitate e per questo la loro classificazione è allo stesso tempo semplice ma soggetta ad errori. Se un individuo non viene riconosciuto come appartenente ad una specie nota si introduce un morfotipo. Proprio per questo, molto spesso si incorre nella proliferazione di morfotipi non necessari o di morfotipi uguali definiti diversamente da autori diversi in aree geografiche simili. Lo scopo della mia tesi è quello di testare l'uso di algoritmi di Machine Learning per ridurre la proliferazione di morfotipi e velocizzare il processo di identificazione dei Foraminiferi monotalamici.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Selezione delle immagini

In genere, il primo passo nel metodo di analisi automatizzato è l'acquisizione delle immagini. Per questo studio, le immagini non sono state acquisite ma sono state selezionate da diversi articoli scientifici di Gooday, Majewski, Pawlowski, Sabbatini, Sergeeva e molti altri autori (per ulteriori approfondimenti è possibile consultare la bibliografia finale). In particolare, sono state prese in considerazione circa 1000 immagini di Foraminiferi, nel dettaglio 995. Allo scopo di identificare le specie presenti nelle immagini, è stata costruita una matrice su Excel assegnando ad ogni campione una sigla.

2.2 Costruzione della matrice

Per la costruzione della matrice, per ognuno dei 995 campioni di immagini sono state prese in considerazione 15 caratteristiche:

1. Forma
2. Natura del guscio
3. Tipo di guscio
4. Numero di aperture
5. Tipo di aperture
6. Tipo di citoplasma
7. Stercomata
8. Altre inclusioni
9. Spazio citoplasma/guscio
10. Integrità
11. Materiale esterno
12. Proloculus
13. Pseudocamere
14. Invaginazioni
15. Appartenenza al genere *Gromia*

2.3 Descrizione delle caratteristiche considerate

I Foraminiferi possono avere forma allungata, sferica (simile ad una sfera), subsferica (simile ad una sfera ma leggermente schiacciata), ovale (simile ad una goccia) e stellata (simile ad una stella). Una caratteristica di questi piccoli organismi marini è la presenza di un guscio che può essere organico, agglutinante ma anche calcareo e raramente siliceo. Per questo studio sono stati considerati solo i Foraminiferi monotalamici con guscio organico e agglutinante. Il guscio organico è il più semplice e primitivo, è trasparente ed è costituito da polisaccaridi e da fibre di natura proteica quali chitina, pseudochitina e cheratina. Il guscio agglutinante è più complesso ed è costituito da granelli di sabbia e altre particelle minerali incorporate in un rivestimento organico. Al guscio organico corrisponde, secondo la tassonomia classica basata su criteri morfologici, la famiglia degli Allogromiidae mentre al guscio agglutinante corrisponde la famiglia dei Saccamminidae e degli Psammosphaeridae entrambi appartenenti all'ordine Astorhizida (Figura 5).

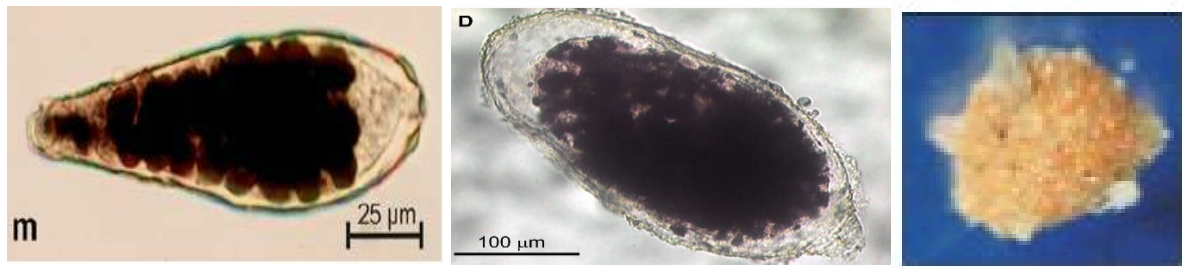


Figura 5. Foraminiferi monotalamici. A sinistra, *Conichoteca nigrans*: un allogromide con guscio organico (Gooday et al., 2013). Al centro, *Psammophaga zirconia*: un saccamminide con guscio agglutinante (Sabbatini et al., 2016). A destra, *Psammosphaera fusca*: uno psammosphaeride con guscio agglutinante privo di aperture (Majewski et al., 2005).

Il guscio, inoltre, è provvisto di aperture che hanno la funzione di mettere in comunicazione il corpo cellulare con l'esterno. Queste possono variare in forma e in numero. In genere gli allogromidi e i saccamminidi hanno un'unica apertura che può essere allungata (collo) o meno (senza collo) ma ci sono anche situazioni in cui sono presenti due aperture, permanenti o no, poste in direzioni opposte. Alcuni monotalamici appartenenti alla famiglia Astrorhizidae invece possono avere più di un'apertura, fino ad un massimo di 11 (nelle forme stellate non si utilizza il termine collo ma braccio). Gli psammosphaeridi sono gli unici che presentano un guscio privo di aperture. Il citoplasma dei Foraminiferi ha un aspetto granulare per la presenza di mitocondri, perossisomi, lisosomi, vescicole lipidiche, vacuoli e nuclei. Ma in alcune circostanze può apparire fluido e trasparente (se la cellula è a digiuno) oppure può avere un colore omogeneo che va dal giallo al bruno.

Come inclusioni, all'interno del guscio, oltre al citoplasma è possibile trovare pellet fecali o stercomata che sono composti da prodotti di scarto non digeriti tenuti insieme da glicosaminoglicani. In genere, questi pellet hanno forma ovoidale ed assumono un colore brunastro, sono riscontrabili sia nelle specie con guscio organico sia in quelle con guscio agglutinante. Nel genere *Gromia* assumono un colore che varia dal marrone all'arancione. Tra le inclusioni citoplasmatiche possono esserci granuli minerali di diversa natura o piccoli organismi simbiotici come le Diatomee. Inoltre, il citoplasma e il guscio possono essere attaccati oppure tra i due può formarsi uno spazio più o meno ampio. Per quanto riguarda l'integrità, sono stati considerati integri i campioni privi di danneggiamenti, al contrario, i campioni non integri sono facilmente riscontrabili per la presenza di citoplasma che fuoriesce all'esterno. Per materiale esterno invece si intende quel materiale di diversa natura, ad esempio detriti o sporco, che può attaccarsi sul guscio del Foraminifero. In alcuni generi di monotalamici (Allogromiidae) quali *Resigella* e *Nodellum*, nella porzione prossimale del guscio è visibile il proloculus. Il proloculus è la prima camera del guscio e può essere o meno seguita da diverse pseudocamere. Spesso le invaginazioni sono confuse con le pseudocamere ma le prime hanno una concavità inferiore rispetto alle seconde.

Oltre alle caratteristiche appena illustrate, è stata considerata anche l'appartenenza o meno dei campioni al genere *Gromia*, Phylum Cercozoa, Famiglia Gromiidae (Figura 6). I gromidi e i Foraminiferi allogromidi erano spesso confusi nella prima letteratura (Hedley 1958). Rhumbler (1904) fu il primo a riconoscere che i due gruppi sono distinti; i gromidi sono caratterizzati da pseudopodi ramificati, agranulari e filosi, mentre gli allogromidi possiedono i tipici pseudopodi granuloreticolosi dei Foraminiferi. La maggior parte degli autori successivi ha seguito Rhumbler, o almeno ha riconosciuto che *Gromia* appartiene ad un gruppo separato dai Foraminiferi (Arnold 1972). Oltre ai loro pseudopodi agranulari, una caratteristica dei gromidi è la presenza di una “membrana a nido d’ape” che costituisce la porzione più interna della parete organica del test (Bowser et al. 1996; Gooday et al. 2000; Hedley e Bertuad 1962; Hedley e Wekefield 1969). In questo studio, per la matrice sono state inseriti anche gli individui appartenenti al genere *Gromia* per testare la possibilità degli algoritmi di ML di separare le gromie dal resto dei monotalamici appartenenti al phylum Foraminifera. Questo perché le gromie hanno caratteristiche morfologiche molto simili a quelle dei monotalamici per tipo e natura del guscio e forma.

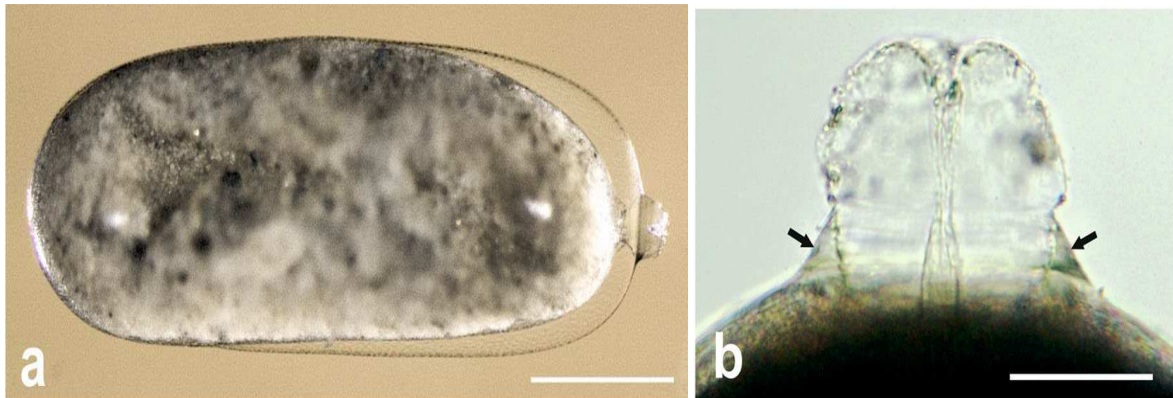


Figura 6. Genere *Gromia*, Phylum Cercozoa, Famiglia Gromiidae. (a) *Gromia botelliformis*, (b) dettaglio dell'apertura con la caratteristica “membrana a nido d'ape” che costituisce la porzione più interna della parete organica del guscio (Gooday et al., 2021).

La matrice è stata quindi costruita verificando la presenza o meno di queste caratteristiche morfologiche per i 995 campioni considerati. La matrice, inoltre, è stata costruita attraverso il lavoro indipendente di diversi studenti che hanno replicato il lavoro di riconoscimento delle caratteristiche morfologiche per campione. Per il mio lavoro di tesi ho provveduto a revisionare tre diverse matrici e a uniformarle ottenendo la seguente matrice:

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE		PROIOCCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
									ESTERNO	ESTERNO					
10	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	no	no	no	Nodelum-like
11	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	si	no	no	no	Nodelum-like
12	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	si	no	si	no	no	no	Indefinita
13	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	si	no	si	no	si	no	no	no	Nodelum-like
14	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Nodelum-like
15	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	si	no	si	si	no	no	no	no	Indefinita
16	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Nodelum-like
18	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	si	no	si	no	si	no	no	no	Nodelum-like
20	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	si	no	no	no	Indefinita
26	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Nodelum-like forma 3
28	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	si	no	no	no	Nodelum-like forma 3
31	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	si	no	si	si	no	no	no	no	Indefinita
35	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Resigella-like forma 2
55A	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Gloiogullmia sp.
55B	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Indefinita
55C	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Gloiogullmia sp.
56	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Gloiogullmia sp.
75	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Cylindrogullmia sp. 2
76	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Micrometula sp.
87	ovale	organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Tirrogullmia sp.
85	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.
140A	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide allungato sp. 32
140B	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Gloiogullmia sp. 1
141	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Indefinita
144	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Gloiogullmia sp. 2
146A	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Indefinita
147A	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Indefinita
A1	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Indefinita
A2	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 9
A11	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Gloiogullmia
A13	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 35
A18	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	Indefinita
A19	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	Vellaria-like 1
A20	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	Indefinita
A21	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Indefinita
A22	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 35
A24	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Indefinita
A36	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Allogromide sp. F1
A37	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Cylindrogullmia-like
A38	allungata	organica	allogromide	2	senza collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 35/like
A40	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide-like sp. 2
A41	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Cylindrogullmia-like sp. 2
A45	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Indefinita
A48	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	Vellaria-like
A49	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	Indefinita
A53	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Vellaria-like
A61	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. F1
A62	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Cylindrogullmia-like sp. 2
A65	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Cylindrogullmia/Vellaria-like 2 aperture

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI TIPO APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI CITOPLASMA/GUSCIO	SPAZIO	INTEGRIITÀ	MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
B	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide squatter
E6	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito 1
E10	allungata	organica	allogromide	0	0	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito 5
E11	allungata	organica	allogromide	0	0	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito 5
E12	allungata	organica	allogromide	0	0	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito 5
E13	allungata	organica	allogromide	0	0	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito 5
E14	allungata	organica	allogromide	0	0	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito 5
E15	allungata	organica	allogromide	2	senza collo	no	no	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito 6
E22	allungata	organica	allogromide	0	0	no	si	no	si	no	no	no	no	si	Gromia sp. 1
E23	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	si	Gromia sp. 2
E24	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	si	Gromia sp. 3
E25	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	si	Gromia sp. 3
E26	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	Gromia sp. 3
E27	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	Gromia sp. 3
E28	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	Gromia sp. 3
E30	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E32	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide
E33	allungata	organica	allogromide	2	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E47	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Tinogullmia sp.
E48	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Tinogullmia sp.
E49	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Micrometula hyalostrata
E50	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Micrometula sp.
E51	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E55	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E57	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide
E58	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	si	Allogromide
E60	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide
E63	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Conquera sp.
E100	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E101	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E102	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E103	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E104	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E105	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E106	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E107	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	si	si	no	no	Nodellum sp.
E108	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Nodellum sp.
E110	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	si	si	no	no	Resigella moniliforme
E111	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	si	si	no	no	Resigella polaris
E112	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Conicotheca nigrans
E121	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E123	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E125	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E126	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E127	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E128	ovale	organica	allogromide	2	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E129	ovale	organica	allogromide	2	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E130	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae
E132	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Tinogullmia lukyanovae

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
E134	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Tinogulmia lukyanovae
E137	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Tinogulmia lukyanovae
E138	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Nemogulmia pontica
E142	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Nemogulmia pontica
E145	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	no	no	si	no	Nemogulmia pontica
E148	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Nemogulmia longissima
E151	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Nemogulmia longissima
E154	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Nemogulmia longissima
E158	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Nemogulmia longissima
E162	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Nemogulmia bosphorica
E167	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Nemogulmia bosphorica
E182	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Gioogulmia sp. 1
E183	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Gioogulmia sp. 2
E221	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E222	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E223	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E224	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E237	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E238	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E239	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E245	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia allungata
E290	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide
E300	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
39	ovale	agglutinante	saccaminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella sp.
42	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Saccaminide sp. 2
43	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccaminide sp. 2
46	subferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccaminide sp. 5
50	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 5
74A	subferica	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	si	no	no	no	no	no	Silver saccaminide
74B	sferica	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Silver saccaminide
74C	subferica	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Silver saccaminide
74D	subferica	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Silver saccaminide
74E	sferica	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Silver saccaminide
74I	sferica	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	si	no	no	no	no	no	Silver saccaminide
142D	sferica	organica	allogromide	0	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Bathyallogromia
162	subferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	si	no	no	no	no	no	Pelosina sphaeriloculum
164	subferica	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Pelosina sphaeriloculum
E5	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Notodendrodes hyalosphaira
E16	subferica	organica	allogromide	0	0	no	si	no	no	no	no	no	no	Allogromide indefinito 7
E17	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	si	no	no	no	no	no	no	Psammospaeride sp.
E18	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	si	no	no	no	no	no	no	Psammospaeride sp.
E19	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	si	no	no	no	no	no	no	Psammospaeride sp.
E41	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccaminide sp. 2
E65	subferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Silver saccaminide
E81	sferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 5
E92	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	si	no	no	no	no	no	no	Mudball
E93	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	si	no	no	no	no	no	no	Mudball
E94	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	si	no	no	no	no	no	no	Mudball
E95	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Mudball

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA	ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
E96	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Sfera	Indefinita
E97	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Sfera	Indefinita
E98	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	no	no	no	no	no	no	no	no	Sfera	Indefinita
E99	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	si	no	no	no	no	no	no	no	Sfera	Indefinita
E188	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	si	no	no	no	si	no	no	no	Crithonina granum	Definita
E189	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	si	no	no	no	si	no	no	no	Crithonina sp.	Indefinita
E190	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	si	no	no	no	no	no	no	no	Monothalamea	Indefinita
E191	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	no	no	no	no	si	no	no	no	Monothalamea	Indefinita
E192	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	no	no	no	no	no	no	no	no	Monothalamea	Indefinita
E193	stellata	agglutinante	saccamminide	3	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Astrammia rara	Definita
E195	stellata	agglutinante	saccamminide	2	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Astrammia rara	Definita
E196	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Psammospaera sp.	Indefinita
E198	stellata	agglutinante	saccamminide	8	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Astrammia-like	Indefinita
E199	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	Lagenammia sp.	Indefinita
E200	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Lagenammia sp.	Indefinita
E203	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Pelosina sphaerocolum	Definita
E204	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Mudball	Indefinita
E207	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	no	no	no	no	no	si	no	no	no	Mudball	Indefinita
E208	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	no	no	no	no	no	si	no	no	no	Mudball	Indefinita
E206	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Mudball	Indefinita
E209	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Mudball	Indefinita
E210	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Mudball	Indefinita
E246	stellata	agglutinante	saccamminide	11	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Astrorhiza sp.	Indefinita
E247	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Rhabdammina triangularis	Definita
E248	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	braccio	no	no	no	no	si	no	no	no	Astrammia-like	Indefinita
E251	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E252	sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E253	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E254	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E255	sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E256	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E257	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E258	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E259	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E260	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E261	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E262	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E263	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E264	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E265	sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E269	sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E273	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E275	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E279	sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E281	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
E283	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammia minimus	Definita
1	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammide sp. 4	Indefinita
2	ovale	agglutinante	saccamminide	2	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammide sp. 4	Indefinita
3	ovale	agglutinante	saccamminide	2	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccammide sp. 4	Indefinita

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA	ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
4	ovale	agglutinante	saccarinamide	2	senza collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 4
33	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Placopsilnella sp.
40	ovale	agglutinante	saccarinamide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella sp.
41	ovale	agglutinante	saccarinamide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella sp.
45	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 2
47	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 5
48	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 5
49	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 5
54A	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 2
54B	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 2
66	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Hippocrepinella crassa
74F	sub-sferica	agglutinante	saccarinamide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Silver saccarinamide
77A	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 26
77B	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 26
79	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 1
80	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 3
81	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 2
82	ovale	agglutinante	saccarinamide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 29
84	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 0
86	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. forma B
88	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 4
89	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. 27
90	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. H
91	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Saccarinamide sp. J
119	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
121	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
122	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
123	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
124	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
125	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
126	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
127	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
128	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
129	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
130	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
131	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
132	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
133	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	Cedhagenia saltatus
134A	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Velalaria pellucidus
134G	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Velalaria pellucidus
134H	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Velalaria pellucidus
137	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.
143	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromia sp.
145A	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
145B	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
145C	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
147C	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 4
147D	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 4
147E	ovale	agglutinante	saccarinamide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 4

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA	ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
147F	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 4
149A	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
149B	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
149C	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
149D	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
151A	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
151B	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
156	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
157	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
170A	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Hippocrepina indivisa
170B	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Hippocrepina indivisa
172	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	si	no	no	no	Hippocrepina
173A	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	si	no	no	no	Hippocrepina sp.
173B	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	si	no	no	no	Hippocrepina sp.
173C	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	si	no	no	no	Hippocrepina sp.
174A	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Hippocrepina crassa
174B	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Hippocrepina crassa
174C	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Hippocrepina crassa
174D	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Hippocrepina crassa
180	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Lagenamina sp.
A6	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 27
A9	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
A10	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 7
A23	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 9
A30	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
A34	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
A47	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 7
A50	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
A66	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 27
E34	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Psammospaeride
E35	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
E36	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
E37	ovale	agglutinante	saccamminide	2	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
E38	ovale	agglutinante	saccamminide	2	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
E39	ovale	agglutinante	saccamminide	2	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
E42	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 5
E67	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
E68	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
E73	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E74	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E76	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E77	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E78	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E79	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E80	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Saccamminide
E83	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
E86	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
E88	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 5
E89	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 5

SEGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCO	TIPO DI GUSCO	NUMERO DI TIPO APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI CITOPLASMA/GUSCO	SPAZIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
E113	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia
E114	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia
E115	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	si	Gromia
E116	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	si	Gromia
E202	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Pelosina sphaeroculum
E219	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hippocrepina crassa
E220	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hippocrepina crassa
E292	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Pammophag sp.
T	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccaminide sp. 27
9	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	no	si	no	no	Nodelum-like
17	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	si	no	no	no	si	no	no	Chitinosiphon sp.
19	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	si	no	no	no	si	no	no	Chitinosiphon sp.
32	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	no	no	si	no	no	Placosyllina sp.
34	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	no	si	no	no	Resigella moniliforme
51	allungata	agglutinante	saccaminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Saccaminide sp. 6
53	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide
57	allungata	organica	allogromide	2	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide
58	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Timogulmia sp.
70	subferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Micrometula sp.
72	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp.
73	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Pelosina fusiformis
78	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Pelosina fusiformis
52	allungata	agglutinante	saccaminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Conquera
120	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Saccaminide sp. 6
138	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Nelya rugosa
139	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Cylindrogulmia sp. 1
152A	allungata	agglutinante	saccaminide	2	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Cylindrogulmia sp. 1
152B	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Saccaminide
153	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Saccaminide
154	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp. 1
155A	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp. 2
155B	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp. 3
155C	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp. 3
155D	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp. 3
159	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp. 3
168	allungata	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Phaenogulmia sp. 3
169	allungata	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Bathysiphon argenteus
17A	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
17B	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
17C	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
178	allungata	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hyperammina subnodosa
179A	allungata	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hyperammina fragilis
179B	allungata	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Hyperammina fragilis
A7	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Conquera laevis
A8	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Conquera laevis
A27	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	Conquera laevis
A29	allungata	organica	allogromide	2	senza collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Nodelum-like
A39	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Conquera laevis-like
A42	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Conquera laevis

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA	ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA	CLUSTER	TASSONOMIA
A42	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Conqueira laevis
A43	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Conqueira laevis
A46	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 7
A60	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	no	Conqueira laevis-like
A63	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Conqueira laevis
A64	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Conqueira laevis
A67	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 7
E1	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella sp.
E2	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella sp.
E3	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella sp.
E4	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Bathysiphon argenteus
E8	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Silver saccamminide 1
E9	allungata	agglutinante	saccamminide	2	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Silver saccamminide 2
E40	allungata	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 6
E66	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E69	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide
E70	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E71	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide
E75	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E82	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	si	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
E84	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
E85	allungata	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	no	no	Saccamminide
E87	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide
E117	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	si	no	Gromia
E118	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	si	no	Gromia
E119	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	si	no	Gromia
E174	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.
E175	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.
E176	allungata	organica	allogromide	2	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Tinogulmia sp.
E177	allungata	organica	allogromide	2	collo	no	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Nemogulmia sp.
E178	allungata	organica	allogromide	2	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Nemogulmia sp.
E179	allungata	organica	allogromide	1	collo	no	no	si	no	si	no	no	no	no	no	Micrometula sp.
E180	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Bathysiphon argenteus
E181	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Bathysiphon flexilis
E184	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Gioogulmia-like
E185	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Cribrorhalthamina alba
E186	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Cribrorhalthamina alba
E187	steliata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	no	no	no	si	no	no	no	no	no	no	Vanhoefiella gaussi
E201	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Pelosira didera
E211	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E212	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E213	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E214	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E215	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E216	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E217	allungata	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E218	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Hippocrepinella hirudinea
E236	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Phainogulmia aurata
E241	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide
																Saccamminide indefinito

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA	
E242	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	saccaminide indefinito	Indefinita	
E291	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	Psammophaga sp.	Indefinita	
E293	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	Psammophaga sp.	Indefinita	
E303	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Saccaminide	Indefinita	
E304	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Saccaminide	Indefinita	
E305	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Saccaminide	Indefinita	
E306	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Saccaminide	Indefinita	
E307	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Saccaminide	Indefinita	
21	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	Resigella	Indefinita	
22	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	si	no	si	si	no	no	Resigella	Indefinita	
24	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	no	no	Resigella	Indefinita	
25	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	Resigella	Indefinita	
36	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	si	no	si	no	no	no	Allogromide sp. 1	Indefinita	
37	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Allogromide sp. 1	Indefinita	
38	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Allogromide con 2 aperture	Indefinita	
1341	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Velaria pellucidus	Definita	
140C	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	Velaria pellucidus	Definita	
142A	sferica	organica	allogromide	0	0	no	si	no	no	no	no	no	Glougulimia sp. 1	Indefinita	
142C	sferica	organica	allogromide	0	0	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia	Indefinita	
147B	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	Bathyallogromia	Indefinita	
148A	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 4	Indefinita	
1488	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 2	Indefinita	
165	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	Psammophaga sp. 2	Indefinita	
166A	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Allogromide	Indefinita	
166B	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Allogromide	Indefinita	
166C	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Allogromide	Indefinita	
167A	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	Allogromide	Indefinita	
167B	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	Allogromide	Indefinita	
167C	ovale	organica	allogromide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	Allogromide	Indefinita	
A3	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	Psammophaga sp. 1	Indefinita	
A12	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Allogromide sp. 9	Indefinita	
A16	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Tinogulimia-like	Indefinita	
A17	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Tinogulimia-like	Indefinita	
A25	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Allogromide sp. 11	Indefinita	
A26	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Allogromide sp. 11	Indefinita	
A28	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Allogromide sp. 13	Indefinita	
A31	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Saccaminide sp. 27	Indefinita	
A32	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Saccaminide sp. 27	Indefinita	
A35	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Saccaminide sp. 9	Indefinita	
A44	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Allogromide sp. 35	Indefinita	
A51	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1	Indefinita	
A55	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Psammophaga artica	Definita	
A56	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Psammophaga artica	Definita	
A57	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Psammophaga artica	Definita	
A58	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Psammophaga artica	Definita	
A59	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	Psammophaga artica	Definita	
C	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	Allogromide squatter bentonico	Indefinita	
D	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	Allogromide squatter bentonico	Indefinita	

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
E	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
E7	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito 2
E29	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide
E31	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide
E43	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Bathyallogromia-like
E44	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Bathyallogromia-like
E45	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Bathyallogromia-like
E46	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Tinogullmia-like
E52	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide
E53	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide
E54	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide
E56	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E59	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E62	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide
E64	sub-sferica	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide
E69	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Sfera
E170	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Psammophaga crystallifera
E171	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.
E172	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.
E173	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Psammophaga crystallifera
E225	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E226	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E227	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E228	ovale	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E229	sferica	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E230	sferica	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E231	sferica	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E232	sferica	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E233	sferica	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E234	sferica	organica	allogromide	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E240	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide indefinito
E243	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia ovale
E244	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia ovale
E287	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velaria sp.
E288	sub-sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia sp.
E289	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia sp.
E294	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia sp.
E295	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia sp.
E296	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia sp.
E297	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide
E298	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E299	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E301	sferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
E302	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide
F	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
G	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
H	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
I	sub-sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
L	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA	ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
M	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
O	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
P	sub-sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
Q	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
V	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Conqueria laevis
Z9	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Nodelum-like forma 3
30	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	no	Nodelum-like forma 3
59	sferica	organica	allogromide	0	0	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 1
61	sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
74G	sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Silver saccamminide
74H	sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Silver saccamminide
83	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. C
142B	sferica	organica	allogromide	0	0	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Bathyllogromia
150A	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
150B	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
150C	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	si	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
150D	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide
158	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Pilulina argentea
160	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Pelosina sp.
163A	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Pelosina sphaeriloculum
163B	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Pelosina sphaeriloculum
175	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Tholosina bulla
176	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	2	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Definita
177	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	2	collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Definita
181	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Astrammia rara
A	sub-sferica	organica	allogromide	0	0	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Psammospaera fusca
A4	ovale	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter
A5	ovale	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 2
A14	ovale	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 2
A15	ovale	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 5
N	ovale	organica	allogromide	0	0	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
R	sferica	organica	allogromide	0	0	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter planctonico
Z	ovale	organica	allogromide	0	0	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 9
5	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Nodelum-like
8	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	si	si	si	si	no	no	no	no	Psammospaeride
60	allungata	organica	allogromide	2	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nemogulmia sp.
63	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	no	si	si	no	si	no	no	no	no	Psammospaera fusca
92	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
93	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
94	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
95	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
96	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
97	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
98	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
99	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
100	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
101	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
102	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
103	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
104	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
105	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
106	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
107	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
108	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
109	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
110	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
111	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
112	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
113	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
114	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
115	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
116	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
117	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
118	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Nellya rugosa
134B	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velaria pelliculus
134C	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velaria pelliculus
134D	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velaria pelliculus
134F	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velaria pelliculus
135A	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velaria pelliculus
135B	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velaria pelliculus
135C	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velaria pelliculus
182A	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide 1
182B	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide 1
183A	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide 2
183B	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide 2
184A	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide 3
184B	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide 3
AN-1	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	si	Gromia cucumiformis
AN-2	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia cucumiformis
AN-3	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia cucumiformis
AN-4	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia cucumiformis
AN-5	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia cucumiformis
AN-6	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia cucumiformis
AN-7	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia cucumiformis
AN-8	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-9	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-10	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-11	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-12	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-13	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-14	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-15	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-16	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia botelliformis
AN-17	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-18	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-19	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-20	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia brevis

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
AN-21	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-22	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-23	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-24	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-25	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-26	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-27	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-28	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-29	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-30	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-31	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-32	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-33	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-34	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-35	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	si	Gromia brevis
AN-36	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-37	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-38	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-39	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-40	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-41	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-42	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-43	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-44	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia pashukae
AN-45	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia pashukae
AN-46	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia pashukae
AN-47	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia pashukae
AN-48	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia pashukae
AN-49	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia pashukae
AN-50	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia landrethi
AN-51	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia landrethi
AN-52	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia landrethi
AN-53	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia landrethi
AN-54	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia landrethi
AN-55	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-56	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-57	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-58	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-59	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-60	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-61	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-62	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia saorisei
AN-63	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia amygdalliformis
AN-64	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia amygdalliformis
AN-65	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia amygdalliformis
AN-66	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia amygdalliformis
AN-67	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia amygdalliformis
AN-68	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	si	no	no	no	si	Gromia amygdalliformis
AN-69	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia amygdalliformis

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA ALTRE INCLUSIONI CITOPLASMA/GUSCIO	SPAZIO	INTEGRIITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
AN-70	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia amygdaliformis
AN-71	subsfERICA	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia cecchageni
AN-72	subsfERICA	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia cecchageni
AN-73	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia cecchageni
AN-74	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia cecchageni
AN-75	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia psammophila
AN-76	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia psammophila
AN-77	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia psammophila
AN-78	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia psammophila
AN-79	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia psammophila
AN-80	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	no	no	no	si	Gromia psammophila
AN-81	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-82	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-83	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-84	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-85	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-86	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-87	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-88	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-89	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-90	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Velalaria solenta
AN-91	stellata	agglutinante	saccamminide	3	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-92	stellata	agglutinante	saccamminide	3	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-93	stellata	agglutinante	saccamminide	3	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-94	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-95	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-96	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-97	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-98	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-99	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-100	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-101	stellata	agglutinante	saccamminide	6	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella gausii
AN-102	stellata	agglutinante	saccamminide	3	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella dilatata
AN-103	stellata	agglutinante	saccamminide	3	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella dilatata
AN-104	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella oculus
AN-105	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella oculus
AN-106	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella oculus
AN-107	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella oculus
AN-108	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 1
AN-109	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 1
AN-110	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 1
AN-111	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 1
AN-112	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 1
AN-113	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella CMA 1
AN-114	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 2
AN-115	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 2
AN-116	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 2
AN-117	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella SA 2
AN-118	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffenella NA/ARK1

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA	
AN-119	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia NA/ARK 1	Indefinita
AN-120	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 2	Indefinita
AN-121	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 2	Indefinita
AN-122	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 3	Indefinita
AN-123	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 3	Indefinita
AN-124	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 3	Indefinita
AN-125	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 3	Indefinita
AN-126	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 3	Indefinita
AN-127	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 4	Indefinita
AN-128	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 4	Indefinita
AN-129	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 4	Indefinita
AN-130	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia ARK 4	Indefinita
AN-131	stellata	agglutinante	saccamminide	7	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-132	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-133	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-134	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-135	stellata	agglutinante	saccamminide	6	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-136	stellata	agglutinante	saccamminide	7	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-137	stellata	agglutinante	saccamminide	7	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-138	stellata	agglutinante	saccamminide	7	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-139	stellata	agglutinante	saccamminide	6	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-140	stellata	agglutinante	saccamminide	6	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-141	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-142	stellata	agglutinante	saccamminide	8	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-143	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-144	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-145	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-146	stellata	agglutinante	saccamminide	4	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-147	stellata	agglutinante	saccamminide	5	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-148	stellata	agglutinante	saccamminide	8	braccio	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia gausi	Definita
AN-149	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia sp.	Indefinita
AN-150	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia WED 1	Indefinita
AN-151	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vanhoeffeneia sp.	Indefinita
AN-152	subferica	organica	allogromide	0		granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lieberkuehnia wagneri	Definita
AN-153	subferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lieberkuehnia wagneri	Definita
AN-154	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Lieberkuehnia wagneri	Definita
AN-155	sferica	organica	allogromide	0		granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lieberkuehnia wagneri	Definita
AN-156	subferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lieberkuehnia wagneri	Definita
AN-157	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lieberkuehnia wagneri	Definita
AN-158	subferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Claparedellus lachmannii	Definita
AN-159	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Claparedellus lachmannii	Definita
AN-160	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Claparedellus lachmannii	Definita
AN-161	sferica	organica	allogromide	0		granulare	no	no	si	no	no	no	no	Claparedellus lachmannii	Definita
AN-162	sferica	organica	allogromide	0		granulare	no	no	si	no	no	no	no	Claparedellus lachmannii	Definita
AN-163	subferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Edaphoallogromia australica	Definita
AN-164	subferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Edaphoallogromia australica	Definita
AN-166	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Velamnetox saxoniensis	Definita
AN-168	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga zirconia	Definita
AN-169	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga zirconia	Definita

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI CITOPLASMA/GUSCIO	SPAZIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
AN-170	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga zirconia
AN-171	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga zirconia
AN-172	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-173	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-174	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-175	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-176	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-177	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-178	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-179	subferica	organica	allogromide	0	0	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-180	subferica	organica	allogromide	0	0	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-181	subferica	organica	allogromide	0	0	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-182	subferica	organica	allogromide	0	0	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Bathyallogromia weddellensis
AN-183	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. A
AN-184	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. B
AN-185	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. C
AN-186	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. D
AN-187	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Allogromide sp. E
AN-188	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. F
AN-189	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. G
AN-190	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	Allogromide sp. 1
AN-191	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	Allogromide sp. 2
AN-192	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-193	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide-like sp. 3
AN-194	sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 4
AN-195	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 5
AN-196	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 6
AN-197	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 7
AN-198	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 8
AN-199	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 9
AN-200	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide-like sp. 9
AN-201	ovale	organica	allogromide	0	0	granulare	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 10
AN-202	ovale	organica	allogromide	2	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 11
AN-203	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	Allogromide sp. 13
AN-204	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 13
AN-205	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 35
AN-206	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 35
AN-207	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide allungato
AN-208	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide allungato
AN-209	sferica	organica	allogromide	0	0	granulare	no	no	si	si	no	no	no	Allogromide sp. 2
AN-210	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Bowseria sp.
AN-211	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Glouglulmia sp.
AN-212	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Glouglulmia-like
AN-213	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Goodyaya sp.
AN-214	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Goodyaya sp.
AN-215	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Goodyaya sp.
AN-216	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Micrometula sp.
AN-217	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	Tinogulmia-like
AN-218	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Vellaria-like

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA	
AN-219	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vellaria sp. 1	Indefinita
AN-220	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Vellaria sp. 2	Indefinita
AN-221	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. A	Indefinita
AN-222	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. C	Indefinita
AN-223	allungata	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. D	Indefinita
AN-224	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 1	Indefinita
AN-225	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 2	Indefinita
AN-226	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 3	Indefinita
AN-227	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4	Indefinita
AN-228	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 5	Indefinita
AN-229	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 6	Indefinita
AN-230	ovale	agglutinante	saccamminide	2	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 7	Indefinita
AN-231	ovale	agglutinante	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 8	Indefinita
AN-232	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 9	Indefinita
AN-233	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 10	Indefinita
AN-234	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 11	Indefinita
AN-235	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 12	Indefinita
AN-236	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 13	Indefinita
AN-237	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 14	Indefinita
AN-238	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	no	no	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 15	Indefinita
AN-239	allungata	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 16	Indefinita
AN-240	sub-sferica	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 17	Indefinita
AN-241	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Silver saccamminide	Indefinita
AN-242	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Conqueira-like	Indefinita
AN-243	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.	Indefinita
AN-244	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp.	Indefinita
AN-245	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1	Indefinita
AN-246	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1	Indefinita
AN-247	ovale	agglutinante	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. 2	Indefinita
AN-248	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1	Indefinita
AN-249	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 1	Definita
AN-250	ovale	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	si	no	no	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 3	Indefinita
AN-251	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 4	Indefinita
AN-252	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 5	Indefinita
AN-253	sub-sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 7	Indefinita
AN-254	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Sfera	Indefinita
AN-255	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	si	no	Gromia allungata	Indefinita
AN-256	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Gromia allungata	Indefinita
AN-258	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia sp.	Indefinita
AN-259	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia ovale	Indefinita
AN-260	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. F1	Indefinita
AN-261	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia allungata	Indefinita
AN-262	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia allungata	Indefinita
AN-263	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia rotonda	Indefinita
AN-264	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia allungata	Indefinita
AN-265	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia ovale	Indefinita
AN-266	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Gromia ovata	Indefinita
AN-267	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Gromia ovale	Indefinita
AN-268	ovale	organica	allogromide	0	0	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3	Indefinita

SIGA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
AN-269	ovale	organica	allogromide	0	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-270	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
AN-271	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter bentonico
AN-272	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter planctonico
AN-273	sub-sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter planctonico
AN-274	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter planctonico
AN-275	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide squatter planctonico
AN-276	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide-like Tinogulumia
AN-277	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide allungato
AN-278	allungata	organica	allogromide	2	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide con 2 aperture
AN-279	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. B
AN-280	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. G
AN-281	sub-sferica	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. G
AN-282	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. G
AN-283	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. G
AN-284	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. G
AN-285	sub-sferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. G
AN-286	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-287	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-288	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-289	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-290	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-291	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-292	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 11
AN-293	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 12
AN-294	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 6
AN-295	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide
AN-296	ovale	organica	allogromide	0	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 7
AN-297	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Bowseria-like
AN-298	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Conquera laevis-like
AN-299	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Conquera-like
AN-300	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Cylindrogulmia-like
AN-301	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Cylindrogulmia-like
AN-302	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Giologulmia-like
AN-303	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-304	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-305	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-306	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	si	Gromia sp.
AN-307	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Hippocrepina sp.
AN-308	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide
AN-309	ovale	organica	allogromide	2	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide
AN-310	sub-sferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lagenamma sp.
AN-311	sub-sferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lagenamma sp.
AN-312	sub-sferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Lagenamma sp.
AN-313	allungata	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Leptholysis
AN-314	sferica	agglutinante	psammospaeride	0	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Sfera
AN-315	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Micrometula sp.
AN-316	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Micrometula hyalostriata-like
AN-317	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	Micrometula sp.

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA	ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
AN-318	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Giogulimia-like
AN-319	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	si	no	no	si	no	Placopsilina sp.
AN-320	sferica	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammotadendron sp.
AN-321	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Psammotadega crystallifera
AN-322	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-323	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-324	allungata	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-325	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-326	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-327	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-328	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-329	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-330	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	si	no	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-331	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp.
AN-332	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp.
AN-333	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp.
AN-334	ovale	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 1
AN-335	subferica	agglutinante	psammospaeride	0	0	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 3
AN-336	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	si	no	no	no	no	Allogromide-like sp. 3
AN-337	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-338	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 2
AN-339	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-340	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
AN-341	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide like-silver
AN-342	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 6
AN-343	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 8
AN-344	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 2
AN-345	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide like-silver
AN-346	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 2
AN-347	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Velaria sp. 1
AN-348	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Velaria sp. 2
AN-349	ovale	agglutinante	saccaminide	2	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Vanhoeffenella sp.
AN-350	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 6
AN-351	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 4
AN-352	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 2
AN-353	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 2
AN-354	ovale	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. 4
AN-355	allungata	agglutinante	saccaminide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccaminide sp. AC
AN-356	ovale	agglutinante	saccaminide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Silver saccaminide
AN-357	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Tinogulimia sp.
AN-358	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Tinogulimia-like
AN-359	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Thuramina-like
AN-360	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide
AN-361	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 35
AN-362	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. F4
AN-363	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. F1
AN-364	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. F
AN-365	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. E
AN-366	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Bowseria arctowski

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOWATA	ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMBRE	INVAGINAZIONI	GROMIA CLUSTER	TASSONOMIA
AN-367	allungata	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Conquera sp.
AN-368	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	no	Cylogulimia-like
AN-369	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Gioogulimia-like
AN-370	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Gioogulimia sp.
AN-371	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Optika sp.
AN-372	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	Gromia ovale
AN-373	sferica	agglutinante organica	psammospaeride	0			no	no	no	si	no	no	no	no	Psammospaeride sp. 5
AN-374	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. F1
AN-375	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 11
AN-376	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
AN-377	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	senza collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 7
AN-378	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 10
AN-379	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
AN-380	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp. 1
AN-381	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. C
AN-382	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. J
AN-383	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. J
AN-384	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. K
AN-385	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 6
AN-386	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 1
AN-387	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 4
AN-388	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. L
AN-389	subfERICA	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Bathyallogromia sp. 1
AN-390	subfERICA	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Bathyallogromia sp. 2
AN-391	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 11
AN-392	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 9
AN-393	allungata	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Nodelum-like forma 1
AN-394	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. N
AN-395	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	si	si	no	no	no	no	no	Allogromide sp. Y
AN-396	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 7
AN-397	subfERICA	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Allogromide sp. 5
AN-398	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Nodelum-like forma 4
AN-399	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Veilaria-like
AN-400	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	si	si	no	no	no	no	Goodya rostellatum
AN-401	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Veilaria sp. 1
AN-402	allungata	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Conquera sp.
AN-403	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Psammophaga sp.
AN-404	allungata	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 1
AN-405	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 3
AN-406	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 4
AN-407	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 7
AN-408	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 8
AN-409	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 9
AN-410	ovale	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 11
AN-411	sferica	agglutinante organica	saccamminide	1	collo	granulare	no	si	no	si	no	no	no	no	Saccamminide sp. 14
AN-412	subfERICA	organica	allogromide	2	senza collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Allogromide sp. E
AN-413	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Tinogulimia riemanni
AN-414	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Tinogulimia sp. 1
AN-415	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	si	no	no	no	no	Tinogulimia sp.

SIGLA CAMPIONE	FORMA	NATURA DEL GUSCIO	TIPO DI GUSCIO	NUMERO DI APERTURE	TIPO APERTURE	TIPO CITOPLASMA	STERCOMATA ALTRE INCLUSIONI	SPAZIO CITOPLASMA/GUSCIO	INTEGRITA' ESTERNO	MATERIALE ESTERNO	PROLOCULUS	PSEUDOCAMERE	INVAGINAZIONI	GROMIA	CLUSTER	TASSONOMIA
AN-416	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 3
AN-417	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 2
AN-418	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Saccamminide sp. 10
AN-419	allungata	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide sp. 12
AN-420	allungata	organica	allogromide	1	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide
AN-421	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	no	Gromia pyriformis
AN-422	ovale	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	no	Gromia pyriformis
AN-423	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	no	Gromia pyriformis
AN-424	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	si	no	no	no	si	no	Gromia pyriformis
AN-425	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	no	Gromia pyriformis
AN-426	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	no	Gromia pyriformis
AN-427	subferica	organica	allogromide	1	senza collo	granulare	si	no	si	no	no	no	no	si	no	Gromia pyriformis
AN-428	ovale	organica	allogromide	2	collo	granulare	no	no	no	no	no	no	no	no	no	Allogromide
AN-429	ovale	organica	allogromide	1	collo	granulare	si	no	si	no	si	no	no	no	no	Reisigella sp.
AN-430	ovale	agglutinante	saccamminide	2	collo	granulare	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Vanhoeffeniella sp.

2.4 Algoritmi di Clustering

Ultimata la matrice sono stati applicati ad essa due algoritmi di clustering: rispettivamente il K-Means e il DBSCAN. Ma prima di parlare di questi due algoritmi è opportuno fare un'introduzione sul clustering. Nel Machine Learning, il clustering è una tecnica di apprendimento non supervisionato che ha come obiettivo quello di raggruppare dati non etichettati che hanno caratteristiche simili. I raggruppamenti che si vengono a formare prendono il nome di clusters. Le tecniche “classiche” di clustering misurano la similitudine tra elementi tramite la distanza che essi hanno nello spazio delle feature. Esistono tre categorie di clustering:

- 1) Clustering gerarchico
- 2) Clustering partitivo
- 3) Clustering basato sulla densità

Il clustering gerarchico mira a costruire una gerarchia di clusters ed ha come risultato finale la creazione di una struttura ad albero chiamata dendogramma. Questa categoria di clustering a sua volta può essere di due tipi: agglomerativo e divisivo. Il clustering agglomerativo è un approccio “bottom up” (dal basso verso l'alto) in cui si parte assegnando un cluster diverso ad ogni singolo dato e dopo aver fuso tutti i clusters si arriva ad un unico cluster finale che contiene tutti i dati.

Il clustering divisivo invece è un approccio “top down” (dall’alto verso il basso) in cui tutti i dati inizialmente si trovano in un unico cluster che viene poi diviso in diversi sotto-clusters. Il clustering partitivo non crea una gerarchia di clusters ma per definire l’appartenenza ad un gruppo utilizza una distanza da un punto rappresentativo del cluster chiamato centroide. Quindi, ad ogni dato viene assegnato un cluster in base alla sua distanza al quadrato dal centroide. Questo tipo di clustering è il più utilizzato e l’algoritmo più noto appartenente a questa categoria è il K-Means. Infine, il clustering basato sulla densità considera i clusters come regioni in cui la concentrazione di punti (dati) è molto elevata. I clusters in questo caso sono circondati da regioni in cui la densità di punti è inferiore. Questo tipo di clustering offre un’elevata precisione e l’algoritmo più rappresentativo appartenente a questa categoria è il DBSCAN.

2.5 K-Means

Il K-Means è un algoritmo di clustering partizionale introdotto nel 1967 da MacQueen. Questo algoritmo divide il set di dati in un numero K di clusters non sovrapposti e indipendenti, tali per cui i dati di un cluster siano simili tra loro e dissimili da quelli presenti nei restanti clusters. Il K-Means quindi, cerca di massimizzare la distanza inter-cluster e minimizzare quella intra-cluster. Il funzionamento di questo algoritmo si basa sul concetto di centroide e richiede che venga specificato a priori il numero di K clusters. Il centroide è una sorta di baricentro del cluster, quindi, non è uno dei punti del dataset. Le prestazioni dell'algoritmo dipendono proprio dalla scelta iniziale dei centroidi. Il primo passo da fare con il K-Means è decidere il numero di cluster in cui si vuole suddividere il dataset. Questo numero è detto K da cui deriva proprio il nome dell'algoritmo, poi si scelgono in modo casuale K centroidi distinti. A questo punto, si va a calcolare la distanza di ogni punto del dataset rispetto ad ogni centroide. Ogni punto del dataset, quindi, viene associato al cluster collegato al centroide più vicino. Poi si ricalcola la posizione di ogni centroide facendo la media delle posizioni di tutti i punti del cluster associato. Questa procedura viene iterata finché la posizione dei centroidi non cambia più.

I limiti del K-means sono che necessita di stabilire a priori il numero di K clusters ed è molto sensibile a valori anomali. La Figura 7 mostra un esempio di come funziona l'algoritmo K-Means.

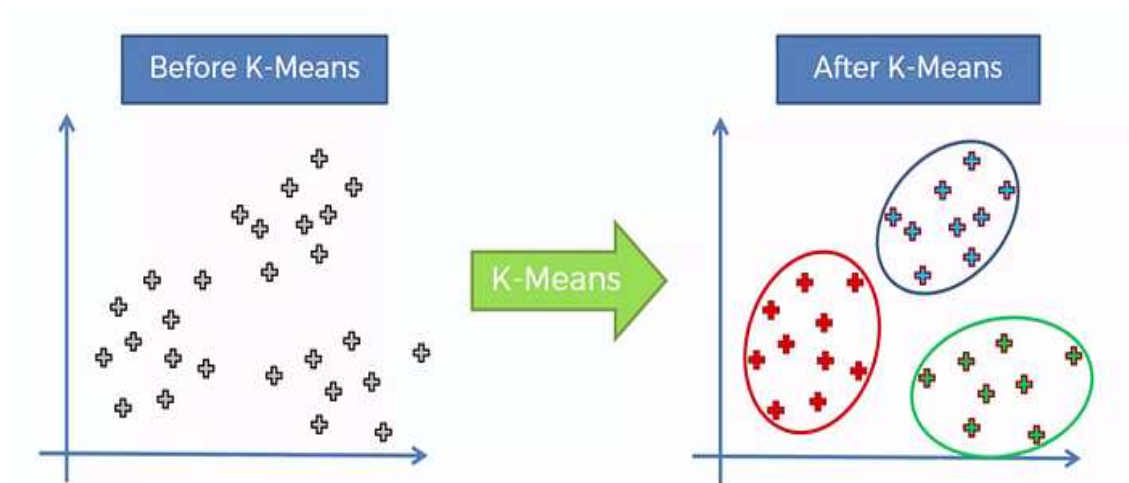


Figura 7. Esempio di come funziona il K-Means. Il grafico a sinistra mostra il set di dati prima dell'applicazione del K-Means. Il grafico a destra invece, mostra i 3 cluster (rosso, verde e blu) ottenuti dopo l'applicazione del K-Means (Prasad Patil pubblicato in Towards Data Science, 2018).

2.6 DBSCAN

Il DBSCAN è un algoritmo di clustering basato sulla densità introdotto nel 1996 da Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jörg Sander e Xiaowei Xu. In questo algoritmo, i clusters sono regioni dense (ricche di punti) separate da regioni con minore densità di punti. Il concetto chiave di questo algoritmo è che per ogni punto di un cluster, l'intorno di un raggio deve contenere almeno un numero minimo di punti. Il DBSCAN si basa su due importanti parametri: *minPoints* ed *eps*. Il *minPoints* è il numero minimo di punti dati che devono essere raggruppati insieme affinché un'area sia considerata ad alta densità (quindi un cluster), l'*eps* invece, è il raggio ovvero la distanza utilizzata per determinare se un punto si trova nella stessa area degli altri punti dati. Se la distanza tra due punti è uguale o inferiore a *eps* allora i punti sono considerati vicini. Inoltre, se *eps* è troppo piccolo gran parte dei punti verrà considerata anomala e non verrà raggruppata. Al contrario se il valore di *eps* è troppo grande, i clusters si uniranno e la maggior parte dei punti dati si troverà nello stesso cluster. In questo algoritmo si distinguono tre tipi di punti: *core point*, *border point* e *noise point*. Il *core point* è quello che ha più *minPoints* all'interno di *eps*, il *border point* è quello che ha meno *minPoints* all'interno di *eps* ma è parte del vicinato di un *core point*. Infine, il *noise point* è un valore anomalo, quindi, non rappresenta né un *core point* né un *border point*.

Per prima cosa, si trovano tutti i core point. Vengono associati ad un cluster tutti i core point che distano tra loro meno di eps e tutti i loro border point. I punti che non appartengono a nessun cluster sono detti rumore. La Figura 8 mostra un esempio di come funziona l'algoritmo DBSCAN.

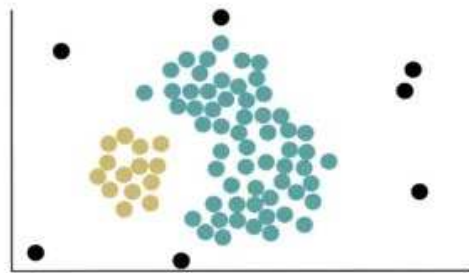


Figura 8. Esempio di come funziona il DBSCAN. Il grafico mostra i 2 cluster ottenuti (giallo e blu) con il DBSCAN. I punti che non appartengono a nessuno dei 2 cluster sono detti rumore e nel grafico sono rappresentati dai pallini neri (Alessandro Fiori, 2023).

2.7 DBSCAN vs K-Means vs clustering gerarchico

Il K-means e il clustering gerarchico sono impiegati per identificare clusters compatti, ben separati e di forma globulare. Soffrono, però, la presenza di rumore e di valori anomali nei dati. D'altra parte, DBSCAN identifica clusters di forma complessa e fa un ottimo lavoro nell'identificare valori anomali nei dati. Un altro aspetto positivo di DBSCAN è che, a differenza di K-Means, non è necessario specificare il numero di K cluster a priori perché l'algoritmo li trova automaticamente.

3. RISULTATI

Applicando i due algoritmi di clustering, il K-Means e il DBSCAN, sono state ottenute 7 elaborazioni della matrice originale. Le diverse elaborazioni hanno riguardato, in particolare, l'utilizzo di tutti i parametri morfologici identificati per la costruzione della matrice oppure la selezione soltanto di alcuni di questi parametri.

La prima elaborazione (matrice ultima) considera tutte le 15 caratteristiche morfologiche ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, numero di aperture, tipo di aperture, tipo di citoplasma, stercomata, altre inclusioni, spazio citoplasma/ guscio, integrità, materiale esterno, proloculus, pseudocamere, invaginazioni e appartenenza al genere *Gromia*.

La seconda elaborazione (matrice_1) considera 7 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura, proloculus, pseudocamere e appartenenza al genere *Gromia*.

La terza elaborazione (matrice_2) considera 5 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura e appartenenza al genere *Gromia*.

La quarta elaborazione (matrice_1 bis), esattamente come la matrice_1 considera 7 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura, proloculus, pseudocamere e appartenenza al genere *Gromia*.

La quinta elaborazione (matrice_2 bis), esattamente come la matrice_2 considera 5 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura e appartenenza al genere *Gromia*.

La sesta elaborazione mette a confronto la matrice_1 bis e la matrice_2 bis. Infine, la settima elaborazione non ha considerato nessuna delle 15 caratteristiche morfologiche sopra elencate ma ha diviso i campioni definiti a livello di specie da quelli non definiti a livello di specie.

3.1 Prima elaborazione (matrice ultima)

Considerando tutte le 15 caratteristiche morfologiche, i 995 campioni sono stati raggruppati in quattro clusters mediante gli algoritmi K-Means e DBSCAN.

Il **cluster_0** comprende 293 campioni e la caratteristica che li accomuna tutti è la forma allungata. Questo cluster comprende 228 allogromidi con guscio organico e 65 saccamminidi con guscio agglutinante.

Per quanto riguarda il numero di aperture, 248 campioni mostrano una sola apertura mentre 45 campioni ne mostrano due. Inoltre, 287 campioni hanno il collo mentre 6 sono senza collo. Il citoplasma granulare accomuna 239 campioni, al contrario, nei restanti 54 il citoplasma non è visibile. Gli stercomata sono presenti in 88 campioni ma sono assenti negli altri 205. Le inclusioni sono presenti in 72 campioni mentre mancano negli altri 221; lo spazio tra citoplasma e guscio è presente in 68 campioni ma manca negli altri 225. In questo cluster, 289 campioni sono risultati integri e 4 danneggiati. Il materiale esterno è stato riscontrato solo in 60 campioni, diversamente, i rimanenti 233 ne sono privi. Il proloculus, le pseudocamere e le invaginazioni mancano nella maggior parte dei campioni (270 nel primo caso, 269 nel secondo e 287 nel terzo). Su 293 campioni del cluster_0 solo 26 appartengono al genere *Gromia*.

Il **cluster_1** comprende 86 campioni accomunati da assenza di proloculus, pseudocamere e invaginazioni. Nessuno degli 86 campioni in questo cluster appartiene al genere *Gromia*. Il numero e il tipo di aperture sono caratteristiche che accomunano 84 campioni su 86. Inoltre, risulta che 28 campioni hanno forma sferica, 42 hanno forma subsferica e 16 hanno forma ovale. In questo cluster sono presenti 32 allogromidi con guscio organico, 2 saccamminidi con guscio agglutinante e 54 psammosphaeridi con guscio agglutinante.

La maggior parte dei campioni, nel dettaglio 84 sono privi di aperture invece dei due rimanenti uno è senza collo mentre l'altro ha il collo. Il citoplasma è granulare in 62 campioni mentre non è visibile negli altri 24. Solo in 21 campioni è stata riscontrata la presenza degli stercomata che invece mancano negli altri 65. Le inclusioni sono presenti in 19 campioni e assenti nei 67 rimanenti. Lo spazio tra citoplasma e guscio è presente solo in 17 campioni mentre manca nei restanti 69. Su 86 campioni, 81 sono integri e 5 sono danneggiati. Risulta che 11 campioni presentano materiale esterno attaccato al guscio che al contrario, non è presente negli altri 75. Il **cluster_2** comprende 36 campioni accomunati da 10 caratteristiche su 15: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura, assenza di stercomata, integrità, assenza di proloculus, pseudocamere e invaginazioni. Inoltre, nessun campione appartiene al genere *Gromia*. Questo cluster comprende tutti saccamminidi con guscio agglutinante e forma stellata. Tutti i 36 campioni sono provvisti di braccio, ciò che cambia è il numero, infatti, sei campioni hanno 3 braccia, dieci campioni hanno 4 braccia, nove campioni hanno 5 braccia, quattro campioni hanno 6 braccia, quattro campioni hanno 7 braccia, due campioni hanno 8 braccia e solo un campione ha 11 braccia. Il citoplasma è granulare in 31 campioni mentre non è visibile nei 5 rimanenti.

Le inclusioni sono state riscontrate solo in 10 campioni su 36 mentre lo spazio tra citoplasma e guscio è presente solo in 16 campioni. Un unico campione mostra materiale esterno attaccato sul guscio. Il **cluster_3** comprende 580 campioni 484 dei quali sono accomunati da una forma ovale. La forma subsferica e sferica riguardano rispettivamente 63 e 33 campioni. Gli allogromidi con guscio organico sono 292 mentre i saccamminidi con guscio agglutinante sono 288. La maggior parte dei campioni, nel dettaglio 505 presenta un'unica apertura, al contrario 75 campioni presentano due aperture. Il collo con 432 campioni risulta il tipo di apertura prevalente, i restanti 148 campioni ne sono privi. Il citoplasma è granulare in 472 campioni mentre negli altri 108 non è visibile. 400 campioni sui 580 non presentano stercomata. Le inclusioni sono presenti in 206 campioni ma non sono state riscontrate negli altri 374. Lo spazio tra citoplasma e guscio è una caratteristica che riguarda 193 campioni, i restanti 382 non possiede tale spazio. Solo 2 campioni su 580 sono risultati danneggiati. Il materiale esterno non è stato riscontrato in 527 campioni ma solo in 53. Il proloculus e le pseudocamere sono caratteristiche entrambe condivise da soli 5 campioni su 580. Un unico campione mostra invaginazioni. Questo cluster, rispetto ai precedenti è quello che comprende più specie del genere *Gromia*, precisamente 97.

Facendo un resoconto di questa prima elaborazione, si può dire che considerando tutte le 15 caratteristiche, si ottengono pochi clusters ma molto eterogenei.

Nel dettaglio, tre clusters su quattro (cluster 0, 2, 3) hanno la forma come caratteristica che accomuna i diversi campioni. Il numero e il tipo di aperture sono caratteristiche invece che accomunano 84 campioni su 86 del cluster 1.

Tra tutti, il cluster_2 è il meno numeroso e il più omogeneo, infatti, i campioni condividono dieci caratteristiche su quindici. Il cluster_3 invece, è il più numeroso ma anche il più eterogeneo.

3.2 Seconda elaborazione (matrice_1)

In questo caso sono state considerate 7 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura, proloculus, pseudocamere e appartenenza al genere *Gromia*. Le caratteristiche escluse invece sono: numero di aperture, tipo di citoplasma, presenza di stercomata e di altre inclusioni, lo spazio tra il citoplasma e il guscio, l'integrità, la presenza di materiale esterno e le invaginazioni. I clusters ottenuti sono due e risultano molto eterogenei.

La forma sembra essere la caratteristica che accomuna la maggior parte dei campioni. Anche questa elaborazione è stata fatta con gli algoritmi K-Means e DBSCAN.

Il **cluster_0** è il più numeroso infatti comprende 657 campioni. Risulta che 500 campioni hanno forma ovale, 60 hanno forma subsferica, 61 hanno forma sferica e 36 hanno forma stellata. Gli allogromidi con guscio organico sono 297, i saccamminidi con guscio agglutinante sono 308 e gli psammosphaeridi con guscio agglutinante sono 52. Riguardo al tipo di apertura, 84 campioni sono privi di aperture, 36 possiedono braccia, 135 sono privi di collo e 402 possiedono un collo. Il proloculus, così come le pseudocamere, mancano in 652 campioni ma sono presenti solo in 5 campioni. In questo cluster così numeroso, solo 94 campioni appartengono al genere *Gromia*.

Il **cluster_1** comprende 338 campioni, la forma allungata sembra essere la caratteristica che accomuna più campioni, nel dettaglio 293; gli altri 45 hanno forma subsferica. Gli allogromidi con guscio organico sono 255 mentre i saccamminidi con guscio agglutinante sono 83. In questo cluster non sono presenti psammosphaeridi. Su 338 campioni, 81 sono privi di collo, 251 hanno un collo e 6 non presentano aperture. Il proloculus è presente in 23 campioni mentre manca negli altri 315.

Analogamente, 24 campioni possiedono pseudocamere che risultano invece assenti nei rimanenti 314 campioni. Solo 29 campioni appartengono al genere *Gromia*.

3.3 Terza elaborazione (matrice_2)

In questo caso sono state considerate 5 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura e appartenenza al genere *Gromia*. Le caratteristiche escluse invece sono: numero di aperture, tipo di citoplasma, presenza di stercomata e di altre inclusioni, spazio tra citoplasma e guscio, integrità, presenza di materiale esterno, di proloculus, di pseudocamere e di invaginazioni. I clusters ottenuti sono due e coincidono esattamente con quelli ottenuti nella matrice_1 per cui la forma sembra essere la caratteristica che accomuna la maggior parte dei campioni. L'elaborazione è stata fatta con gli algoritmi K-Means e DBSCAN.

3.4 Quarta elaborazione (matrice_1 bis)

Analogamente alla matrice_1 sono state considerate 7 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura, proloculus, pseudocamere e appartenenza al genere *Gromia*. In questo caso però, i clusters ottenuti sono dodici e i clusters evidenziano che i campioni segregano sulla base della natura del guscio e del tipo di guscio.

L'elaborazione è stata fatta con gli algoritmi K-Means e DBSCAN.

Il **cluster_0** comprende 38 campioni, tutti allogromidi con guscio organico, privi di proloculus e di pseudocamere. I campioni di forma subsferica sono 27 mentre quelli di forma sferica sono 11. Per quanto riguarda il tipo di apertura risulta che 23 campioni hanno il collo e 15 ne sono privi. Solo 8 campioni su 38 appartengono al genere *Gromia*.

Il **cluster_1** comprende 37 campioni, tutti saccamminidi con guscio agglutinante prevalentemente di forma stellata (solo un campione ha forma ovale), privi di proloculus e di pseudocamere. Inoltre, nessun campione appartiene al genere *Gromia*. Dato che 36 campioni su 37 hanno forma stellata ne consegue che il tipo di apertura prevalente è il braccio. L'unico campione di forma ovale invece è privo di collo.

Il **cluster_2** comprende 165 campioni, tutti allogromidi con guscio organico, di forma allungata e privi di pseudocamere. Risulta che 130 campioni hanno come tipo di apertura il collo mentre gli altri 35 ne sono privi. Tutti i campioni, eccetto uno non hanno il proloculus. Appartengono al genere *Gromia* solo 25 campioni.

Il **cluster_3** comprende 52 campioni, tutti psammosphaeridi con guscio agglutinante, privi di aperture, di pseudocamere e di proloculus. Nessuno dei campioni appartiene al genere *Gromia*. L'unica caratteristica che differenzia i campioni di questo cluster è la forma infatti: 6 campioni hanno forma ovale, 34 hanno forma subsferica e 12 hanno forma sferica.

Il **cluster_4** comprende 229 campioni tutti saccamminidi con guscio agglutinante di forma ovale, privi di proloculus e di pseudocamere. Nessun campione appartiene al genere *Gromia*. I campioni di questo cluster differiscono tra di loro solo per il tipo di apertura: 160 campioni sono provvisti di collo mentre 69 ne sono privi.

Il **cluster_5** comprende 40 campioni tutti allogromidi con guscio organico, privi di proloculus e di pseudocamere. Nessun campione appartiene al genere *Gromia*. Per quanto concerne la forma: 16 campioni sono ovali, 8 sono subsferici e 16 sono sferici.

Anche il tipo di apertura non è una caratteristica condivisa da tutti i campioni di questo cluster infatti: 32 campioni mancano di aperture mentre 8 possiedono un collo.

Il **cluster_6** è il più eterogeneo e numeroso infatti comprende 246 campioni, tutti allogromidi con guscio organico di forma ovale. Il tipo di apertura prevalente è rappresentato dal collo posseduto da 211 campioni. Il proloculus, così come le pseudocamere sono caratteristiche possedute solo da 5 campioni su 246. Questo cluster è quello che include il maggior numero di campioni appartenenti al genere *Gromia*, nello specifico 89.

Il **cluster_7** comprende 58 campioni, tutti saccamminidi con guscio agglutinante, privi di proloculus e pseudocamere. Nessuno dei campioni appartiene al genere *Gromia*. In questo cluster, 36 campioni hanno forma subsferica e 22 hanno forma sferica. Per quanto riguarda il tipo di apertura, una metà dei campioni è provvista di collo mentre l'altra metà è priva di questa caratteristica.

Il **cluster_8** comprende 63 campioni, tutti saccamminidi con guscio agglutinante e di forma allungata. Nessun campione appartiene al genere *Gromia* e possiede il proloculus. Su 63 campioni, 42 hanno il collo mentre 21 ne sono privi. Un unico campione possiede pseudocamere.

Il **cluster_9** risulta tra tutti il più omogeneo perché comprende 2 campioni che condividono tutte le caratteristiche prese in considerazione. Si tratta di due saccamminidi con guscio agglutinante di forma ovale, entrambi provvisti di collo ma privi di proloculus e di pseudocamera. Inoltre, nessuno dei due campioni appartiene al genere *Gromia*.

Il **cluster_10** comprende 25 campioni, tutti allogromidi con guscio organico di forma allungata. Nessuno di questi campioni appartiene al genere *Gromia*. Su 25 campioni, 14 hanno il collo e 11 no. La presenza del proloculus è una caratteristica condivisa da 22 campioni, analogamente, la presenza di pseudocamera è una caratteristica condivisa da 23 campioni.

Il **cluster_11** comprende 40 campioni, tutti di forma allungata, privi di proloculus e di pseudocamera. Gli allogromidi con guscio organico sono 38 mentre i saccamminidi con guscio agglutinante sono solo 2. Su 40 campioni, 34 sono provvisti di collo mentre 6 non hanno aperture. Un unico campione appartiene al genere *Gromia*.

3.5 Quinta elaborazione (matrice_2 bis)

Esattamente come nella matrice_2, sono state considerate 5 caratteristiche morfologiche su 15 ovvero: forma, natura del guscio, tipo di apertura e appartenenza al genere *Gromia*. In questo caso però, clusters ottenuti sono dodici ed evidenziano che i campioni segregano sulla base della natura del guscio e del tipo di guscio, proprio come nella matrice_1 bis.

L'elaborazione è stata fatta con gli algoritmi K-Means e DBSCAN.

Il **cluster_0** comprende 184 campioni, tutti allogromidi con guscio organico di forma allungata. Su 184 campioni di questo cluster, 138 possiedono un collo mentre 46 non hanno questa caratteristica. La maggior parte dei campioni, nel dettaglio 159 non appartiene al genere *Gromia*.

Il **cluster_1** è il più numeroso e comprende 227 campioni, tutti saccamminidi con guscio agglutinante di forma ovale. Nessuno dei campioni appartiene al genere *Gromia*. L'unica caratteristica che differenzia i campioni di questo cluster è il tipo di apertura infatti: 158 campioni sono provvisti di collo mentre i restanti 69 ne sono privi.

Il **cluster_2** comprende 37 campioni tutti saccamminidi con guscio agglutinante prevalentemente di forma stellata (solo un campione ha forma ovale), inoltre, nessun campione appartiene al genere *Gromia*.

Dato che 36 campioni su 37 hanno forma stellata ne consegue che il tipo di apertura prevalente è il braccio. L'unico campione di forma ovale invece è privo di collo.

Il **cluster_3** comprende 52 campioni, tutti psammosphaeridi con guscio agglutinante. Nessuno dei campioni appartiene al genere *Gromia*. L'unica caratteristica che differenzia i campioni di questo cluster è la forma infatti: 6 campioni hanno forma ovale, 34 hanno forma subsferica e 12 hanno forma sferica.

Il **cluster_4** comprende 216 campioni, tutti allogromidi con guscio organico e provvisti di collo. Su 216, 211 hanno forma ovale mentre i 5 rimanenti hanno forma sferica. Questo cluster è quello che include il maggior numero di campioni appartenenti al genere *Gromia*, nello specifico 92.

Il **cluster_5** comprende 46 campioni che condividono una sola caratteristica: la forma allungata. Gli allogromidi con guscio organico sono 44 mentre i saccamminidi con guscio agglutinante sono solo 2. Risulta che 40 campioni hanno il collo, al contrario 6 non possiede aperture. Un solo campione appartiene al genere *Gromia*.

Il **cluster_6** comprende 33 campioni, tutti allogromidi con guscio organico. In questo cluster, 27 campioni hanno forma subsferica mentre 6 hanno forma sferica. Inoltre, 18 campioni sono provvisti di collo e 15 ne sono privi. Solo 3 campioni su 33 appartengono al genere *Gromia*.

Il **cluster_7** comprende 58 campioni, tutti saccamminidi con guscio agglutinante nessuno dei quali appartiene al genere *Gromia*. La forma prevalente è quella subsferica con 36 campioni mentre gli altri 22 campioni hanno forma sferica. Per quanto concerne il tipo di apertura, metà dei campioni è provvista di collo e metà ne è priva.

Il **cluster_8** comprende 63 campioni, tutti saccamminidi con guscio agglutinante di forma allungata. Nessuno di questi campioni appartiene al genere *Gromia*. L'unica caratteristica che differenzia i campioni di questo cluster è il tipo di apertura infatti: 21 campioni sono senza collo mentre 42 lo possiedono.

Il **cluster_9** comprende 32 campioni, tutti allogromidi con guscio organico e privi di aperture. Nessuno dei campioni appartiene al genere *Gromia*. L'unica caratteristica che differenzia i campioni di questo cluster è la forma infatti: 8 campioni risultano subsferici mentre 24 risultano sferici.

Il **cluster_10** risulta tra tutti il più omogeneo perché comprende 2 campioni che condividono tutte le caratteristiche prese in considerazione. Si tratta di due saccamminidi con guscio agglutinante di forma ovale e provvisti di collo. Inoltre, nessuno dei due campioni appartiene al genere *Gromia*.

Il **cluster_11** comprende 45 campioni accomunati solo da una forma ovale. Gli allogromidi con guscio organico sono 43 mentre i saccamminidi con guscio agglutinante sono 2. Su 45 campioni, 35 non hanno un collo, al contrario 10 possiedono tale caratteristica. Solo 2 campioni appartengono al genere *Gromia*.

3.6 Sesta elaborazione (confronto tra matrice_1 e _2 bis)

Facendo un confronto tra matrice_1 e _2 bis risulta che: nella matrice_1 bis, le caratteristiche morfologiche che accomunano maggiormente i campioni nei 12 clusters sono la natura del guscio e il tipo di guscio. Nei clusters 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, anche la forma è una caratteristica che accomuna i campioni (7 clusters su 12). Nei clusters 1, 3, 4, 5, 7, 9, 11, i campioni sono accomunati anche dal fatto che sono privi di proloculus e pseudocamere. Il tipo di apertura è una caratteristica comune solo nei campioni dei clusters 3 e 9 (2 clusters su 12). Il fatto di appartenere al genere *Gromia* sembra non essere un aspetto rilevante nella classificazione.

Nell'insieme, il cluster più omogeneo in assoluto risulta il cluster 9 in cui tutte le caratteristiche considerate sono in comune. Il cluster più eterogeneo è invece il cluster 6.

Nella matrice_2 bis, invece, le due caratteristiche morfologiche che accomunano i campioni nei 12 clusters sono la natura del guscio e il tipo di guscio, esattamente come nella matrice_1 bis. Nei clusters 0, 1, 5, 8, 11, la forma è una caratteristica che accomuna i campioni (5 cluster su 12). Il tipo di apertura è una caratteristica comune nei campioni dei clusters 3, 4, 9, 10 (4 clusters su 12). Come nell'altra matrice, il fatto di appartenere al genere *Gromia* non è rilevante nella classificazione. Nell'insieme, il cluster più omogeneo in assoluto è il cluster 10 che include 2 campioni che sono esattamente gli stessi inclusi nel cluster 9 della matrice_1 bis. I due clusters più eterogenei sono il 5 e l'11 in cui la forma è l'unica caratteristica che accomuna i campioni. Da un ulteriore confronto risulta che alcuni clusters della matrice_1 bis corrispondono esattamente ad alcuni cluster della matrice_2 bis. Più nel dettaglio, il cluster 1, 3, 7, 8, 9 coincidono esattamente con i cluster 2, 3, 7, 8, 10.

3.7 Settima elaborazione (clusterizzazione mediante algoritmi basata sulla presenza di specie e morfotipi)

Questa elaborazione compiuta sulla matrice è stata fatta per testare l'affidabilità delle elaborazioni precedenti basate sugli algoritmi K-Means e DBSCAN. Gli algoritmi, quindi, hanno funzionato come Machine Learning per il riconoscimento di specie e l'eventuale attribuzione dei campioni supraspecifici (i.e., famiglie, generi e morfotipi) all'interno delle specie. A questo proposito la matrice è stata divisa sulla base delle specie note (chiamate definite) e i campioni supraspecifici (chiamati indefiniti). Con la voce "definita" quindi sono stati indicati tutti quei campioni identificati a livello specifico mentre con la voce "indefinita" sono stati indicati quei campioni identificati a livello di ordine, famiglia, genere, o morfotipo. Applicando i due algoritmi di clustering, il K-Means e il DBSCAN, i 995 campioni sono stati raggruppati in 4 clusters. Il **cluster_0** comprende in totale 107 campioni tra cui 48 definiti a livello di specie e 59 non definiti a livello di specie. Più nel dettaglio, dei 48 individui, 8 appartengono al gruppo degli allogromidi, 37 appartengono al gruppo dei saccamminidi e 3 appartengono al gruppo degli psammosphaeridi. Gli 8 individui appartenenti agli allogromidi si dividono in 3 specie: *Bathyallogromia weddellensis*, *Claparedellus lachmannii* e *Lieberkuehnia wagneri*.

I 37 individui appartenenti ai saccamminidi invece si distribuiscono in 6 specie: *Astrammia rara*, *Crithionina granum*, *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum*, *Rhabdammina triangularis*, *Vanhoeffenella dilatata* e *Vanhoeffenella gaussi*.

I 3 individui del gruppo degli psammosphaeridi appartengono alle specie: *Psammosphaera fusca* e *Notodendrodes hyalinosphaira*. Facendo un controllo dal WoRMS (World Register of Marine Species), risulta che in realtà solo le specie *Astrammia rara* e *Crithionina granum* sono saccamminidi mentre le specie *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum*, *Rhabdammina triangularis*, *Vanhoeffenella dilatata* e *Vanhoeffenella gaussi* non sono saccamminidi (anche se hanno guscio agglutinante) ma appartengono all'ordine Astrorhizida.

Un discorso analogo può essere fatto per *Notodendrodes hyalinosphaira* dal momento che non è una specie di psammosphaeride ma come le specie precedentemente citate appartiene anch'essa all'ordine Astrorhizida.

Per quanto riguarda i 59 campioni indefiniti o morfotipi invece, 16 individui appartengono al gruppo degli allogromidi, 3 al gruppo dei saccamminidi e 40 al gruppo tassonomico degli psammosphaeridi. Risulta evidente che la specie più abbondante in questo cluster è *Vanhoeffenella gaussi* con 30 individui totali. Questo cluster è quello che comprende anche il maggior numero di morfotipi di psammosphaeridi. Inoltre, non è presente nessun individuo appartenente al genere *Gromia*.

Per ulteriori approfondimenti riguardo l'abbondanza e la diversità relativa al cluster_0 è possibile consultare la Tabella 6.

Il **cluster_1** comprende in totale 430 campioni tra cui 138 definiti a livello di specie e 292 non definiti a livello di specie o morfotipi. Più nel dettaglio, dei 138 individui, 55 appartengono al gruppo degli allogromidi, 11 al gruppo dei saccamminidi e 72 sono *Gromie*. I 55 individui che appartengono agli allogromidi si dividono in 16 specie: *Bowseria arctowiskii*, *Claparedellus lachmannii*, *Conicotheca nigrans*, *Goodayia rostellatum*, *Lieberkuehnia wagneri*, *Nemogullmia bosporica*, *Nemogullmia longissima*, *Nemogullmia pontica*, *Phainogullmia aurata*, *Resigella moniliforme*, *Resigella polaris*, *Tinogullmia lukyanovae*, *Tinogullmia riemanni*, *Velamentofex saxonensis*, *Vellaria pellucidus*, *Vellaria solenta*.

Gli 11 individui che appartengono ai saccamminidi si dividono in 3 specie: *Conqueria laevis*, *Psammophaga arctica* e *Psammophaga crystallifera*.

Per quanto riguarda i morfotipi invece, 250 individui appartengono al gruppo degli allogromidi mentre i restanti 42 individui sono morfotipi di *Gromie*.

Risulta evidente che la specie più abbondante in questo cluster è *Vellaria pellucidus* con 12 individui seguita da *Tinogullmia lukyanovae* che comprende 11 individui. Inoltre, questo cluster è quello che comprende il maggior numero di individui appartenenti al genere *Gromia* (114 in totale).

Nel dettaglio, 72 individui appartengono al genere *Gromia* con 9 specie: *Gromia amygdaliformis*, *Gromia botelliformis*, *Gromia brevis*, *Gromia cedhageni*, *Gromia cucumiformis*, *Gromia pashukae*, *Gromia psammophila*, *Gromia pyriformis* e *Gromia saoirsei*. *Gromia brevis* è la più abbondante ed è rappresentata da 20 individui. Nell'insieme, il cluster_1 pur essendo il più numeroso, risulta abbastanza omogeneo e non comprende nessun individuo appartenente al gruppo degli psammosphaeridi. Per ulteriori approfondimenti riguardo l'abbondanza e la diversità relativa al cluster_1 è possibile consultare la Tabella 7.

Il **cluster_2** comprende in totale 360 campioni tra cui 97 definiti a livello di specie e 263 non definiti a livello di specie o morfotipi. Più nel dettaglio, tra i 97 individui, 1 appartiene al gruppo degli allogromidi mentre i restanti 96 appartengono al gruppo dei saccamminidi. L'unico individuo appartenente al gruppo degli allogromidi è rappresentato dalla specie *Micrometula hyalostriata*. I 96 individui appartenenti al gruppo dei saccamminidi invece si dividono in 17 specie: *Bathysiphon argenteus*, *Bathysiphon flexilis*, *Cedhagenia saltatus*, *Conqueria laevis*, *Cribrothalammina alba*, *Hippocrepina indivisa*, *Hippocrepinella hirudinea*, *Hippocrepinella hirudinea* var. *crassa*, *Hyperammina fragilis*, *Hyperammina subnodosa*, *Nellya rugosa*, *Pelosina didera*, *Pelosina fusiformis*, *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum*,

Psammophaga zirconia, *Saccamina minimus* e *Vanhoeffenella oculus*. Come per il cluster_0, le uniche specie di saccamminidi sono *Cedhagenia saltatus*, *Conqueria laevis*, *Psammophaga zirconia* e *Saccamina minimus*. Tutte le altre appartengono all'ordine Astrorhizida. *Nellya rugosa* appartiene alla classe dei Monothalamea ed ha una "classificazione a parte" che può essere consultata sul WoRMS. Tra i morfotipi invece, 58 individui appartengono al gruppo degli allogromidi, 199 appartengono al gruppo dei saccamminidi e 6 appartengono al gruppo degli psammosphaeridi. Risulta evidente che la specie più abbondante in questo cluster è *Nellya rugosa* con 31 individui. Questo cluster comprende un unico morfotipo appartenente al genere *Gromia*. Per ulteriori approfondimenti riguardo l'abbondanza e la diversità relativa al cluster_2 è possibile consultare la Tabella 8.

Infine, il **cluster_3** comprende in totale 98 campioni tra cui 43 definiti a livello di specie e 55 non definiti a livello di specie o morfotipi. Più nel dettaglio, tra i 43 individui, 12 appartengono al gruppo degli allogromidi, 23 appartengono al gruppo dei saccamminidi e 8 sono *Gromie*. I 12 individui che appartengono agli allogromidi si distribuiscono in 4 specie: *Bathyallogromia weddellensis*, *Claparedellus lachmannii*, *Edaphoallogromia australica* e *Lieberkuehnia wagneri*. I 23 individui appartenenti al gruppo dei saccamminidi invece sono divisi in 5 specie: *Astramina rara*, *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum*,

Pilulina argentea, *Saccammina minimus* e *Tholosina bulla*. Sempre dal WoRMS risulta che le specie *Astrammia rara*, *Pilulina argentea*, *Saccammina minimus* e *Tholosina bulla* sono saccamminidi. La specie *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* appartiene all'ordine Astrorhizida. Gli 8 individui appartenenti al genere *Gromia* comprendono 3 specie: *Gromia cedhageni*, *Gromia landrethi* (la più abbondante con 5 individui) e *Gromia pyriformis*. Tra i morfotipi invece, 18 appartengono al gruppo degli allogromidi mentre 37 appartengono al gruppo dei saccamminidi. Risulta evidente che la specie più abbondante in questo cluster è *Saccammina minimus* con 17 individui. In questo cluster mancano gli psammosphaeridi. Nell'insieme questo cluster pur essendo il meno numeroso appare abbastanza eterogeneo. Per ulteriori approfondimenti riguardo l'abbondanza e la diversità relativa al cluster_3 è possibile consultare la Tabella 9. Alcune specie quali: *Claparedellus lachmannii* (cluster_0 e cluster_3), *Edaphoallogromia australica* (cluster_3), *Lieberkuehnia wagneri* (cluster_0, cluster_1 e cluster_3) e *Velamentofex saxonensis* (cluster_1) sono stati collocati nel gruppo degli allogromidi (perché hanno un guscio organico) ma in realtà hanno una "classificazione a parte" che può essere consultata sul WoRMS.

label	cluster_0		
Conteggio di SIGLA CAMPIONE		Etichette di colonna	
Etichette di riga	Definita	Indefinita	Totale complessivo
Allogromide indefinito		6	6
Allogromide indefinito 7		1	1
Allogromide sp. 1		1	1
Allogromide sp. 2		1	1
Allogromide squatter		1	1
Allogromide squatter planctonico		1	1
Astrammia rara	2		2
Astrammia-like		2	2
Astrorhiza sp.		1	1
Bathyallogromia		4	4
Bathyallogromia weddellensis	4		4
Claparedellus lachmannii	2		2
Crithionina granum	1		1
Crithionina sp.		1	1
Lagenammia sp.		1	1
Lieberkuehnia wagneri	2		2
Monothalamea		3	3
Mudball		10	10
Nodellum-like		1	1
Notodendrodes hyalinosphaira	1		1
Pelosina variabilis var. sphaeriloculum	1		1
Psammosphaera fusca	2		2
Psammosphaera sp.		1	1
Psammosphaeride		2	2
Psammosphaeride sp.		6	6
Psammosphaeride sp. 1		1	1
Psammosphaeride sp. 3		1	1
Psammosphaeride sp. 4		1	1
Psammosphaeride sp. 5		3	3
Psammosphaeride sp. 7		1	1
Psammosphaeride sp. C		1	1
Rhabdammina triangularis	1		1
Saccamminide sp. 4		1	1
Sfera		7	7
Vanhoeffenella dilatata	2		2
Vanhoeffenella gaussi	30		30
Totale complessivo	48	59	107

Tabella 6. Abbondanza e diversità relative al cluster_0. In giallo sono evidenziate le specie che rientrano in questo cluster.

label	cluster_1		
Conteggio di SIGLA CAMPIONE			
	Etichette di colonna		
Etichette di riga	Definita	Indefinita	Totale complessivo
Allogromia sp.		1	1
Allogromide		31	31
Allogromide allungato		3	3
Allogromide con 2 aperture		2	2
Allogromide indefinito		11	11
Allogromide indefinito 2		1	1
Allogromide indefinito 6		1	1
Allogromide sp. 1		4	4
Allogromide sp. 10		1	1
Allogromide sp. 11		4	4
Allogromide sp. 12		1	1
Allogromide sp. 13		3	3
Allogromide sp. 2		4	4
Allogromide sp. 26		2	2
Allogromide sp. 3		8	8
Allogromide sp. 35		6	6
Allogromide sp. 35 like		1	1
Allogromide sp. 4		1	1
Allogromide sp. 5		1	1
Allogromide sp. 6		3	3
Allogromide sp. 7		3	3
Allogromide sp. 8		1	1
Allogromide sp. 9		4	4
Allogromide sp. A		1	1
Allogromide sp. B		2	2
Allogromide sp. C		2	2
Allogromide sp. D		1	1
Allogromide sp. E		2	2
Allogromide sp. F		2	2
Allogromide sp. F1		3	3
Allogromide sp. F4		1	1
Allogromide sp. G		6	6
Allogromide sp. I 1		1	1
Allogromide sp. I 2		1	1
Allogromide sp. J		1	1
Allogromide sp. K		1	1
Allogromide sp. L		1	1
Allogromide sp. N		1	1
Allogromide sp. Y		1	1
Allogromide squatter		1	1
Allogromide squatter bentonico		11	11
Allogromide squatter planctonico		3	3
Allogromide-like sp. 3		2	2
Allogromide-like sp. 9		1	1
Allogromide-like Tinogullmia		1	1

Bathyallogromia sp.		1	1
Bowseria arctowskii	1		1
Bowseria sp.		1	1
Bowseria-like		1	1
Chitinosiphon sp.		3	3
Claparedellus lachmannii	2		2
Conicotheca nigrans	1		1
Conqueria laevis	1		1
Cylindrogullmia sp. 1		2	2
Cylindrogullmia-like		3	3
Cylindrogullmia-like sp. 2		2	2
Gloiogullmia sp.		2	2
Gloiogullmia sp. 1		1	1
Gloiogullmia sp. 2		1	1
Gloiogullmia-like		5	5
Goodayia		1	1
Goodayia rostellatum	1		1
Goodayia sp.		3	3
Gromia		7	7
Gromia allungata		6	6
Gromia amygdaliformis	8		8
Gromia botelliformis	8		8
Gromia brevis	20		20
Gromia cedhageni	2		2
Gromia cucumiformis	7		7
Gromia ovale		6	6
Gromia ovata		1	1
Gromia pashukae	7		7
Gromia psammophila	6		6
Gromia pyriformis	6		6
Gromia rotonda		1	1
Gromia saoirsei	8		8
Gromia sp.		15	15
Gromia sp. 2		1	1
Gromia sp. 3		5	5
Lieberkuehnia wagneri	2		2
Micrometula		1	1
Micrometula hyalostriata-like		1	1
Micrometula sp.		5	5
Nemogullmia bosphorica	2		2
Nemogullmia longissima	4		4
Nemogullmia pontica	3		3
Nemogullmia sp.		3	3
Nodellum sp.		3	3
Nodellum-like		7	7
Nodellum-like forma 1		1	1
Nodellum-like forma 3		5	5
Nodellum-like forma 4		1	1
Optika sp.		1	1
Phainogullmia aurata	1		1

Phainogullmia sp. 1		1	1
Phainogullmia sp. 3		5	5
Placopsilinella sp.		2	2
Psammophaga arctica	5		5
Psammophaga crystallifera	5		5
Psammophaga sp.		9	9
Psammophaga sp. 1		8	8
Psammophaga sp. 2		2	2
Resigella		4	4
Resigella moniliforme	2		2
Resigella polaris	1		1
Resigella sp.		1	1
Resigella-like forma 2		1	1
Saccaminide sp. 9		1	1
Thurammia-like		1	1
Tinogullmia lukyanovae	11		11
Tinogullmia riemanni	1		1
Tinogullmia sp.		4	4
Tinogullmia sp. 1		1	1
Tinogullmia-like		5	5
Velamentofex saxonensis	1		1
Vellaria pellucidus	12		12
Vellaria solenta	10		10
Vellaria sp.		1	1
Vellaria sp. 1		3	3
Vellaria sp. 2		2	2
Vellaria-like		2	2
Totale complessivo	138	292	430

Tabella 7. Abbondanza e diversità relative al cluster_1. In giallo sono evidenziate le specie che rientrano in questo cluster. In verde sono evidenziate le specie di *Gromia*.

label	cluster_2		
Conteggio di SIGLA CAMPIONE			
	Etichette di colonna		
Etichette di riga	Definita	Indefinita	Totale complessivo
Allogromide		5	5
Allogromide allungato sp. 32		1	1
Allogromide indefinito		1	1
Allogromide indefinito 1		1	1
Allogromide indefinito 5		5	5
Allogromide sp. 10		1	1
Allogromide sp. 3		2	2
Allogromide sp. 7		2	2
Allogromide sp. 9		1	1
Allogromide sp. F1		1	1
Allogromide squatter bentonico		1	1
Allogromide squatter planctonico		1	1
Bathysiphon argenteus	3		3
Bathysiphon flexilis	1		1
Cedhagenia saltatus	11		11
Conqueria		1	1
Conqueria laevis	7		7
Conqueria laevis-like		3	3
Conqueria sp.		3	3
Conqueria-like		2	2
Cribrorhammina alba	2		2
Cylindrogullmia sp. 2		1	1
Cylindrogullmia/Vellaria-like 2 aperture2		1	1
Cylindrogullmia-like		1	1
Cylindrogullmia-like sp. 2		2	2
Gloiogullmia		1	1
Gloiogullmia sp.		3	3
Gloiogullmia sp. 1		3	3
Gloiogullmia sp. 2		1	1
Gromia sp. 1		1	1
Hippocrepeina		1	1
Hippocrepeina indivisa	2		2
Hippocrepeina sp.		1	1
Hippocrepeinella hirudinea	11		11
Hippocrepeinella hirudinea var. crassa	7		7
Hippocrepeinella sp.		3	3
Hyperammina fragilis	2		2
Hyperammina subnodosa	1		1
Leptohalysis		1	1
Micrometula hyalostrata	1		1
Micrometula sp.		4	4
Nellya rugosa	31		31
Nodellum sp.		6	6
Nodellum-like		3	3

Pelosina didera	1		1
Pelosina fusiformis	2		2
Pelosina varabilis var. sphaeriloculum	3		3
Phainogullmia sp. 2		1	1
Psammophaga sp.		11	11
Psammophaga sp. 1		7	7
Psammophaga sp. 2		2	2
Psammophaga sp. 4		6	6
Psammophaga sp. forma B		1	1
Psammophaga zirconia	4		4
Psammosphaeride sp. 1		1	1
Psammosphaeride sp. 2		3	3
Psammosphaeride sp. 3		1	1
Psammosphaeride sp. 5		1	1
Saccammina minimus	4		4
Saccamminide		33	33
Saccamminide 1		2	2
Saccamminide 2		2	2
Saccamminide 3		2	2
Saccamminide indefinito		2	2
Saccamminide like-silver		2	2
Saccamminide sp. 1		3	3
Saccamminide sp. 10		3	3
Saccamminide sp. 11		3	3
Saccamminide sp. 12		1	1
Saccamminide sp. 13		1	1
Saccamminide sp. 14		1	1
Saccamminide sp. 15		1	1
Saccamminide sp. 16		1	1
Saccamminide sp. 2		11	11
Saccamminide sp. 27		6	6
Saccamminide sp. 3		3	3
Saccamminide sp. 4		15	15
Saccamminide sp. 5		6	6
Saccamminide sp. 6		5	5
Saccamminide sp. 7		6	6
Saccamminide sp. 8		3	3
Saccamminide sp. 9		3	3
Saccamminide sp. A		1	1
Saccamminide sp. AC		1	1
Saccamminide sp. C		1	1
Saccamminide sp. D		1	1
Saccamminide sp. F1		1	1
Saccamminide sp. J		1	1
Saccamminide sp. O		1	1
Silver saccamminide		2	2
Silver saccamminide 1		1	1
Silver saccamminide 2		1	1
Tinogullmia sp.		3	3
Vanhoeffenella ARK 2		2	2

Vanhoeffenella ARK 3		5	5
Vanhoeffenella ARK 4		4	4
Vanhoeffenella CWA 1		1	1
Vanhoeffenella NA/ARK1		2	2
Vanhoeffenella oculus	4		4
Vanhoeffenella SA 1		5	5
Vanhoeffenella SA 2		4	4
Vanhoeffenella sp.		7	7
Vanhoeffenella WED 1		1	1
Vellaria-like		3	3
Vellaria-like 1		2	2
Totale complessivo	97	263	360

Tabella 8. Abbondanza e diversità relative al cluster_2. In giallo sono evidenziate le specie che rientrano in questo cluster.

label	cluster_3		
Conteggio di SIGLA CAMPIONE			
Etichette di riga	Etichette di colonna		
	Definita	Indefinita	Totale complessivo
Allogromide		2	2
Allogromide sp. 4		1	1
Allogromide sp. 5		1	1
Allogromide sp. E		1	1
Allogromide sp. G		2	2
Allogromide squatter bentonico		3	3
Allogromide squatter planctonico		1	1
Astrammia rara	2		2
Bathyallogromia sp.		1	1
Bathyallogromia sp. 1		1	1
Bathyallogromia sp. 2		1	1
Bathyallogromia weddellensis	7		7
Bathyallogromia-like		3	3
Claparedellus lachmannii	1		1
Edaphoallogromia australica	2		2
Gromia cedhageni	2		2
Gromia landrethi	5		5
Gromia pyriformis	1		1
Hippocrepina sp.		3	3
Lagenammia sp.		5	5
Lieberkuehnia wagneri	2		2
Pelosina sp.		1	1
Pelosina varabilis var. sphaeriloculum	2		2
Phainogullmia sp.		1	1
Pilulina argentea	1		1
Placopsilinella sp.		1	1
Psammatodendron sp.		1	1
Saccammia minimus	17		17
Saccamminide		8	8
Saccamminide sp. 14		1	1
Saccamminide sp. 17		1	1
Saccamminide sp. 29		1	1
Saccamminide sp. 5		3	3
Saccamminide sp. 6		1	1
Saccamminide sp. H		1	1
Silver saccamminide		10	10
Tholosina bulla	1		1
Totale complessivo	43	55	98

Tabella 9. Abbondanza e diversità relative al cluster_3. In giallo sono evidenziate le specie che rientrano in questo cluster. In verde sono evidenziate le specie di *Gromia*.

3.8 Dalla clusterizzazione all'albero decisionale: un algoritmo di apprendimento automatico supervisionato

Nelle precedenti elaborazioni della matrice sono stati utilizzati due algoritmi di clustering (K-Means e DBSCAN) che nel Machine Learning rientrano nella categoria di apprendimento automatico non supervisionato. In questo caso invece, la matrice è stata elaborata tramite una tecnica di apprendimento automatico supervisionato: la classificazione che utilizza come algoritmo l'albero decisionale. L'apprendimento automatico supervisionato è una tecnica di Machine Learning che usa dati etichettati per addestrare un algoritmo ad eseguire compiti specifici. La classificazione è l'associazione di classi a clusters specifici all'interno di un set di dati mentre l'albero decisionale è una rappresentazione grafica delle alternative disponibili per risolvere un determinato problema. Si tratta di una struttura gerarchica che consiste di un nodo radice, di rami, nodi interni e nodi foglia. Per interpretare correttamente l'albero decisionale si parte dal nodo radice, che non ha rami in entrata. I rami in uscita dal nodo radice alimentano i nodi interni, noti anche come nodi decisionali. Sulla base delle funzionalità disponibili, entrambi i tipi di nodo eseguono valutazioni per formare sottoinsiemi omogenei, che sono rappresentati da nodi foglia o nodi terminali. I nodi foglia rappresentano tutti i possibili risultati all'interno del set di dati (Figura 9).

In questa elaborazione quindi, dopo aver utilizzato il clustering sulle specie definite (basandosi sulla forma che è il parametro che pesa maggiormente nella determinazione dei clusters), sono stati utilizzati i clusters ottenuti come “etichetta” per addestrare un albero decisionale. Quest’ultimo è stato utilizzato per descrivere le regole che caratterizzano i vari clusters ma anche per determinare a quali clusters appartengono i campioni indefiniti e quindi a quali specie definite sono riconducibili.

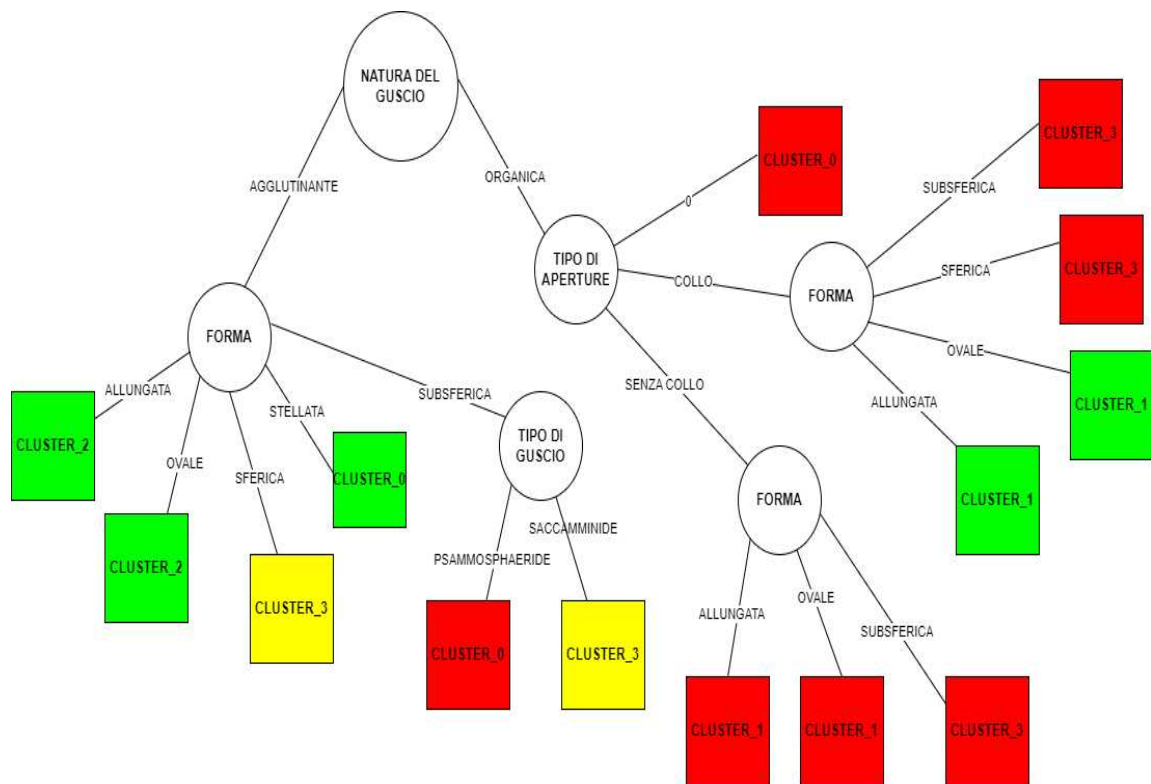


Figura 9. Albero decisionale. Il nodo radice è rappresentato dalla natura del guscio, da qui diversi rami in uscita alimentano i nodi interni rappresentati da: forma, tipo di guscio e tipo di aperture. I clusters ottenuti rappresentano i nodi terminali ovvero tutti i possibili risultati ottenuti all’interno del set di dati. In verde sono evidenziati i clusters dove sono stati ottenuti i risultati migliori ovvero dove rientra il maggior numero di campioni definiti a livello specifico. In giallo sono evidenziati i clusters in cui sono stati ottenuti risultati accettabili mentre in rosso sono evidenziati i cluster in cui i risultati ottenuti non sono molto buoni dal momento che comprendono pochi campioni definiti a livello specifico.

Per interpretare l'albero decisionale si parte dall'alto quindi dal nodo principale rappresentato dalla natura del guscio che può essere agglutinante o organica. Se la natura del guscio è agglutinante vado a vedere la forma che rappresenta il primo nodo interno. Da qui partono 5 possibili scelte, infatti, la forma, sulla base di quello che è stata definito a priori, può essere: allungata, ovale, sferica, stellata e subsferica. Se la natura del guscio è agglutinante e la forma è allungata si otterrà il cluster_2 con 32 individui distribuiti in 10 specie: *Bathysiphon argenteus*, *Bathysiphon flexilis*, *Conqueria laevis*, *Cribrothalammina alba*, *Hippocrepina indivisa*, *Hippocrepinella hirudinea*, *Hyperammina fragilis*, *Hyperammina subnodosa*, *Pelosina didera* e *Pelosina fusiformis*. (Tabella 8, Figura 9-10). Analogamente se la natura del guscio è agglutinante e la forma è ovale si otterrà sempre il cluster_2 ma con 64 individui appartenenti a 7 specie: *Cedhagenia saltatus*, *Hippocrepinella hirudinea var. crassa*, *Nellya rugosa*, *Pelosina variabilis var. sphaeriloculum*, *Psammophaga zirconia*, *Saccammina minimus* e *Vanhoeffenella oculus* (Tabella 8, Figura 9-10). Se la natura del guscio è agglutinante e la forma è sferica si otterrà il cluster_3 con 11 individui appartenenti ad una sola specie: *Saccammina minimus* (Tabella 9, Figura 9-10). Se invece la natura del guscio è agglutinante e la forma è stellata si otterrà il cluster_0 con 36 individui appartenenti a 5 specie: *Astrammina rara*, *Pelosiva variabilis var. sphaeriloculum*, *Rhabdammina*

triangularis, *Vanhoeffenella dilatata* e *Vanhoeffenella gaussi* (Tabella 6, Figura 9-10). Se la natura del guscio è agglutinante e la forma è subsferica non si può arrivare alla decisione finale quindi dobbiamo andare a vedere un altro nodo interno rappresentato dal tipo di guscio. Il tipo di guscio può essere psammosphaeride o saccamminide. Quindi, se la natura del guscio è agglutinante, la forma è subsferica e il tipo di guscio è psammosphaeride si otterrà il cluster_0 rappresentato da 3 individui che appartengono a 2 specie: *Notodendrodes hyalinosphaira* (che viene considerato come uno psammosphaeride solo perché ha un guscio agglutinante e privo di aperture ma in realtà non lo è ed appartiene all'ordine Astrorhizida) e *Psammosphaera fusca*. Se invece, la natura del guscio è agglutinante, la forma è subsferica e il tipo di guscio è saccamminide allora si otterrà il cluster_3 con 12 individui appartenenti a 5 specie: *Astrammia rara*, *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum*, *Pilulina argentea*, *Saccammina minimus* e *Tholosina bulla* (Tabella 9, Figura 9-10). Anche in questo caso, come per il genere *Notodendrodes* bisogna fare delle considerazioni: la specie *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* non è un saccamminide anche se ha guscio agglutinante ma fa parte dell'ordine Astrorhizida. Se invece la natura del guscio è organica come prima cosa vado a vedere il tipo di apertura.

Da qui partono 3 possibili scelte; infatti, il tipo di apertura può essere: 0 ovvero nessuna apertura visibile, collo e senza collo. Se la natura del guscio è organica e il tipo di apertura è definita 0 allora si otterrà il cluster_0 con 8 individui appartenenti a 3 specie: *Bathyallogromia weddellensis*, *Claparedellus lachmannii* e *Lieberkuehnia wagneri* (Tabella 6, Figura 9-10). Se la natura del guscio è organica e il tipo di apertura comprende la presenza del collo vado a vedere la forma. Da qui partono 4 possibili scelte; infatti, la forma può essere: allungata, ovale, sferica e subsferica. Quindi se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è con il collo e la forma è allungata si otterrà il cluster_1 con 35 individui appartenenti a 12 specie: *Claparedellus lachmannii*, *Conicotheca nigrans*, *Gromia cucumiformis*, *Lieberkuehnia wagneri*, *Nemogullmia bosporica*, *Nemogullmia longissima*, *Nemogullmia pontica*, *Resigella moniliforme*, *Resigella polaris*, *Tinogullmia riemannii*, *Velamentofex saxonensis* e *Vellaria solenta* (Tabella 7, Figura 9-10). Se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è con collo e la forma è ovale si otterrà il cluster_1 con 88 individui appartenenti a 12 specie: *Claparedellus lachmannii*, *Goodayia rostellatum*, *Gromia amygdaliformis*, *Gromia botelliformis*, *Gromia brevis*, *Gromia cedhageni*, *Gromia pashukae*, *Gromia psammophila*, *Gromia pyriformis*, *Gromia saoirsei*, *Tinogullmia lukyanovae* e *Vellaria pellucidus* (Tabella 7, Figura 9-10).

Se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è con il collo e la forma è sferica si otterrà il cluster_3 con 5 individui appartenenti alla sola specie *Gromia landrethi* (Tabella 9, Figura 9-10). Infine, se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è con il collo e la forma è subsferica si otterrà il cluster_3 con 7 individui appartenenti a 4 specie: *Claparedellus lachmannii*, *Edaphoallogromia australica*, *Gromia cedhageni* e *Lieberkuehnia wagneri* (Tabella 9, Figura 9-10). Anche se il tipo di apertura è senza collo, si va a vedere la forma ma in questo caso le possibili scelte sono 3 dal momento che la forma può essere: allungata, ovale e subsferica. Se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è senza collo e la forma è allungata si otterrà il cluster_1 con 2 individui appartenenti a 2 specie: *Bowseria arctowskii* e *Phainogullmia aurata* (Tabella 7, Figura 9-10). Se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è senza collo e la forma è ovale si otterrà il cluster_1 con 2 individui appartenenti alla sola specie *Gromia pyriformis* (Tabella 8, Figura 9-10); mentre se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è senza collo e la forma è subsferica si otterrà il cluster_3 con 8 individui appartenenti a 2 specie: *Bathyallogromia weddellensis* e *Gromia pyriformis* (Tabella 9, Figura 9-10). Dalla Figura 9, si evince che i clusters evidenziati in verde sono quelli in cui sono stati ottenuti i risultati migliori ovvero sono quelli in cui rientrano più individui definiti a livello specifico.

Per il cluster_2 sono stati ottenuti buoni risultati se come caratteristiche i campioni hanno natura del guscio agglutinante e forma allungata o ovale (Figura 9 clusters verdi). Nel primo caso (forma allungata) questo cluster comprende 32 individui che appartengono a 10 specie mentre nel secondo (forma ovale) questo cluster comprende 64 individui che appartengono a 7 specie. Per il cluster_0 sono stati ottenuti buoni risultati se come caratteristiche i campioni hanno natura del guscio agglutinante e forma stellata (Figura 9 cluster verde). I campioni con queste caratteristiche che rientrano in questo cluster sono 36 e appartengono a 5 specie. Per il cluster_1 sono stati ottenuti buoni risultati se come caratteristiche i campioni hanno natura del guscio organica, collo come tipo di apertura e forma allungata o ovale (Figura 9 clusters verdi). Nel primo caso (forma allungata) questo cluster comprende 35 individui che appartengono a 12 specie mentre nel secondo caso (forma ovale), questo cluster comprende 88 individui che appartengono a 12 specie. Per quanto riguarda il cluster_3 invece, i risultati ottenuti sono accettabili se i campioni come caratteristiche hanno natura del guscio agglutinante e forma sferica (Figura 9 cluster giallo). I campioni con queste caratteristiche che rientrano in questo cluster sono 11 e appartengono ad una sola specie. Un discorso simile per questo cluster si può fare se i campioni come caratteristiche hanno natura del guscio agglutinante, forma subsferica e tipo di

guscio saccamminide (Figura 9 cluster giallo). I campioni con queste caratteristiche che rientrano in questo cluster sono 12 e appartengono a 5 specie. I cluster evidenziati in rosso nella Figura 9 invece, sono quelli in cui i risultati non sono molto buoni dal momento che comprendono pochi campioni definiti a livello di specie. Per avere informazioni più dettagliate sui risultati ottenuti nei vari clusters è possibile consultare un'altra rappresentazione dell'albero decisionale che è mostrata di seguito (Figura 10).

```

NATURA DEL GUSCIO = agglutinante
|   FORMA = allungata: cluster_2 {cluster_2=32, cluster_1=0, cluster_3=0,
cluster_0=0}
|   FORMA = ovale: cluster_2 {cluster_2=64, cluster_1=0, cluster_3=0,
cluster_0=0}
|   FORMA = sferica: cluster_3 {cluster_2=0, cluster_1=0, cluster_3=11,
cluster_0=1}
|   FORMA = stellata: cluster_0 {cluster_2=0, cluster_1=0, cluster_3=0,
cluster_0=36}
|   FORMA = subsferica
|   |   TIPO DI GUSCIO = psammospaeride: cluster_0 {cluster_2=0,
cluster_1=0, cluster_3=0, cluster_0=3}
|   |   TIPO DI GUSCIO = saccaminide: cluster_3 {cluster_2=0,
cluster_1=0, cluster_3=12, cluster_0=0}
NATURA DEL GUSCIO = organica
|   TIPO DI APERTURE = 0: cluster_0 {cluster_2=0, cluster_1=0,
cluster_3=0, cluster_0=8}
|   TIPO DI APERTURE = collo
|   |   FORMA = allungata: cluster_1 {cluster_2=1, cluster_1=35,
cluster_3=0, cluster_0=0}
|   |   FORMA = ovale: cluster_1 {cluster_2=0, cluster_1=88, cluster_3=0,
cluster_0=0}
|   |   FORMA = sferica: cluster_3 {cluster_2=0, cluster_1=0,
cluster_3=5, cluster_0=0}
|   |   FORMA = subsferica: cluster_3 {cluster_2=0, cluster_1=0,
cluster_3=7, cluster_0=0}
|   TIPO DI APERTURE = senza collo
|   |   FORMA = allungata: cluster_1 {cluster_2=0, cluster_1=2,
cluster_3=0, cluster_0=0}
|   |   FORMA = ovale: cluster_1 {cluster_2=0, cluster_1=2, cluster_3=0,
cluster_0=0}
|   |   FORMA = subsferica: cluster_3 {cluster_2=0, cluster_1=0,
cluster_3=8, cluster_0=0}

```

Figura 10. Risultati ottenuti con l'albero decisionale. In questa rappresentazione dell'albero decisionale, se sommiamo tutti i campioni evidenziati con lo stesso colore otteniamo il numero esatto di campioni definiti a livello specifico appartenenti a ciascuno dei quattro clusters. Al cluster_0 (in giallo) appartengono 48 campioni definiti a livello specifico. Al cluster_1 (in verde) appartengono 138 campioni definiti a livello specifico. Questo cluster è un caso particolare perché, se si sommano gli individui delle varie specie, il valore è pari a 127. Gli altri 11 individui non risultano nel conteggio dal momento che appartengono a 3 specie di saccamminidi ovvero: *Conqueria laevis*, *Psammophaga arctica* e *Psammophaga crystallifera*. Al cluster_2 (in celeste) appartengono 97 campioni definiti a livello specifico e al cluster_3 (in viola) appartengono 43 campioni definiti a livello specifico.

Quindi, una volta analizzati i risultati ottenuti con l'albero decisionale si può dedurre che a prescindere dalla natura del guscio (agglutinante o organica), la caratteristica che accomuna maggiormente i campioni nei vari clusters è proprio la forma soprattutto se è allungata o ovale. Inoltre questo risultato è anche confermato dal peso di ogni singolo parametro della matrice che determina i clusters ed in particolare la forma e il tipo di apertura pesano maggiormente rispetto alla natura del guscio, tipo di guscio e presenza di pseudocamere (Tabella 10).

PARAMETRO	PESO PARAMETRO
FORMA	0.30440421638214593
TIPO DI APERTURE	0.3044042163821424
NATURA DEL GUSCIO	0.19774012679483274
TIPO DI GUSCIO	0.1014680721273807
PSEUDOCAMERE	0.09198336831349821

Tabella 10. Parametri e loro corrispettivo peso nella determinazione dei clusters. Nella prima colonna della tabella sono riportati i parametri della matrice che determinano i clusters. Nella seconda colonna della tabella invece, è riportato il peso di ogni singolo parametro. Un valore più alto del peso del parametro conferisce a quest'ultimo una maggiore importanza nella determinazione di ogni singolo clusters.

La descrizione dei risultati e dell'efficacia dell'albero sono stati fatti sulla base degli individui definiti a livello di specie. Questo ha funzionato anche come apprendimento dell'algoritmo. Grazie a questo apprendimento automatico supervisionato, le tabelle descritte sopra saranno funzionali a discriminare quanti degli individui "indefiniti" o morfotipi possano migliorare la loro

identificazione tassonomica e passare dal livello di morfotipi a quello di genere o addirittura di specie. Questo sarà argomento di discussione di tesi per verificare l'ipotesi di partenza.

4. DISCUSSIONE

Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle prime sei elaborazioni della matrice (mediante gli algoritmi K-Means e DBSCAN) è risultato che: se c'è una maggiore clusterizzazione (matrice_1 e _2 bis), le caratteristiche che accomunano maggiormente i campioni sono la natura e il tipo di guscio. Al contrario, se c'è una minore clusterizzazione (matrice_1 e _2), la caratteristica che accomuna maggiormente i campioni è la forma. Inoltre, se ci si sofferma sulle 15 caratteristiche prese in considerazione per costruire la matrice originale potremmo dire che: nella matrice_1 e _2, una riduzione del numero delle caratteristiche corrisponde ad una riduzione dei clusters che risultano però molto eterogenei. Diversamente, nella matrice_1 e _2 bis, una riduzione del numero delle caratteristiche corrisponde ad un aumento nel numero dei clusters che risultano però molto più omogenei. Tra tutte le elaborazioni della matrice originale, i risultati migliori sono quelli ottenuti nella matrice_1 bis e nella matrice_2 bis nelle quali è stato riscontrato che le caratteristiche morfologiche che accomunano maggiormente gli individui nei 12 clusters sono la natura del guscio, ovvero se il foraminifero ha un guscio organico o agglutinante; e il tipo di guscio che discrimina i gruppi tassonomici (allogromidi, saccamminidi e psammosphaeridi). Tra le due, è stata scelta la matrice_1 bis che prende in considerazione 7 caratteristiche morfologiche:

forma, natura del guscio, tipo di guscio, tipo di apertura, proloculus, pseudocamere e appartenenza al genere *Gromia*. Indipendentemente dal grado di clusterizzazione risulta che le caratteristiche morfologiche che incidono maggiormente nel processo di identificazione sono: la forma, la natura e il tipo di guscio. Tuttavia, tra queste caratteristiche morfologiche, la forma sembra essere quella che incide maggiormente sull'abbondanza degli individui nei vari clusters. Ad esempio, nella matrice ultima che considera 15 caratteristiche morfologiche sono stati ottenuti 4 clusters molto numerosi dove la forma accomuna la maggior parte degli individui. Lo stesso discorso vale per la matrice 1 e per la matrice 2 dove sono stati ottenuti in entrambe 2 clusters dove la forma è la caratteristica morfologica che accomuna maggiormente i vari individui nei clusters. A partire dalla matrice_1 bis è stata successivamente condotta una settima elaborazione che ha diviso gli individui definiti a livello di specie da quelli non definiti a livello di specie. Questa elaborazione ha permesso di individuare la presenza di morfotipi a livello generico nei diversi clusters dove erano presenti le specie corrispondenti (i.e., *Psammophaga* sp. e *Psammophaga zirconia*). In particolare, è stato fatto un lavoro di confronto tra le immagini utilizzate per costruire la matrice, relative al morfotipo (i.e., *Psammophaga* sp.) e alla specie (i.e., *Psammophaga zirconia*).

Questo confronto di immagini ha permesso di valutare quindi se gli individui non descritti, o morfotipi, possano essere riconducibili ad alcune delle specie presenti all'interno dello stesso cluster elaborato dall'algoritmo utilizzato come Machine Learning al fine di ridurre la ridondanza di morfotipi. A questo proposito per ognuno dei quattro clusters ottenuti (Tabelle 6-9; Figure 9 e 10) sono state scelte alcune specie maggiormente significative e le relative immagini sono state messe a confronto con quelle di individui non identificati a livello specifico all'interno dello stesso cluster.

Per il cluster_0 mi sono soffermata su due specie: *Bathyallogromia weddellensis*, un allogromide e *Psammosphaera fusca*, uno psammosphaeride. I primi quattro individui considerati (campioni AN-179, AN-180, AN-181 e AN-182; Figura 11 a-d) appartengono alla specie *Bathyallogromia weddellensis*. Questo foraminifero ha un guscio di forma subsferica con pareti di natura organica (trasparenti e molto sottili) e dimensioni medie di 250 µm circa. Il guscio presenta un'unica apertura situata all'estremità di una sporgenza molto ampia e corta (collo) che ha lati inclinati e un bordo leggermente irregolare. Il citoplasma è grigio-verdastro, presenta minerali ed altre inclusioni ed è provvisto di una caratteristica invaginazione chiamata guaina peduncolare che dall'apertura si estende verso l'interno.

Tuttavia, l'apertura e la guaina pedunculare sono due caratteristiche che si possono vedere solo se il guscio è orientato correttamente. Gli individui della specie *Bathyallogromia weddellensis* provengono da acque batiali e abissali (1000-6300 m) del mare di Weddell occidentale (Antartide) (Gooday et al., 2004). Fino ad ora risulta che a parte *Bathyallogromia weddellensis*, appartengono al genere *Bathyallogromia*, altre due specie: *Bathyallogromia kalaallita* Gooday & Holzmann in Gooday et al., 2022 e *Bathyallogromia olivacea* Holzmann, Gooday, Majewski & Pawlowski, 2022 in Holzmann et al., 2022. Queste due specie non sono presenti nella matrice ma le descriverò brevemente solo per avere un'idea della variabilità morfologica di questo genere. Tra queste tre specie, *Bathyallogromia weddellensis* è la più piccola, *Bathyallogromia olivacea* ha dimensioni intermedie (314 µm circa) mentre *Bathyallogromia kalaallita* è quella di maggiori dimensioni (470 µm circa). Anche la forma varia perché *Bathyallogromia weddellensis* è la più sferica, *Bathyallogromia olivacea* è ovale mentre *Bathyallogromia kalaallita* ha una forma intermedia che va da sferica ad ovale. Analogamente, anche il colore del citoplasma, così come la forma e le dimensioni, variano tra le tre specie dal momento che risulta arancione-brunastro in *Bathyallogromia kalaallita*, grigio-verdastro in *Bathyallogromia weddellensis* e verde oliva in *Bathyallogromia olivacea*.

Queste specie dominano alle alte latitudini e colonizzano prevalentemente gli ambienti profondi (Gooday et al., 2004). Gli altri quattro individui invece (campioni 142A, 142B, 142C, 142D; Figura 11 e-h) analizzati nella matrice, sono dei morfotipi appartenenti al genere *Bathyallogromia* e provengono da acque poco profonde dell'isola di Spitsbergen (arcipelago delle Svalbard) nel Mar Glaciale Artico (Majewski et al., 2005). Se si considera la forma, i quattro morfotipi sono sferici proprio come *Bathyallogromia weddellensis* (Figura 11 a-d) ma se si va a valutare il colore del citoplasma sono più somiglianti a *Bathyallogromia kalaallita*. Il colore del citoplasma però non ha valore tassonomico ed è molto più probabile che esso sia legato al consumo di diverso materiale alimentare (Jepps, 1942, Moodley et. al, 2000). Un altro aspetto da considerare è la provenienza di queste specie: *Bathyallogromia kalaallita* e *Bathyallogromia olivacea* colonizzano prevalentemente ambienti polari di piattaforma sia australi che boreali mentre *Bathyallogromia weddellensis* si trova in acque molto più profonde nel Mare di Weddell (Gooday et al., 2004) in Antartide. Inoltre, Holzmann et al. (2022) non hanno trovato alcuna prova della presenza di *Bathyallogromia olivacea* al di fuori dei fiordi antartici quindi si potrebbe escludere che i quattro morfotipi appartengano a questa specie. L'arcipelago delle Svalbard, sito da cui provengono i quattro morfotipi è molto più simile geograficamente ai fiordi di Nuuk rispetto al mare di Weddell.

Se si considerasse il contesto ambientale si potrebbero associare i quattro morfotipi alla specie *Bathyallogromia kalaallita* piuttosto che alla specie *Bathyallogromia weddellensis*. Tuttavia, per lo scopo della tesi, vale l'osservazione delle immagini degli individui dei morfotipi di *Bathyallogromia* e dei criteri diagnostici che hanno permesso agli algoritmi di assegnare questi morfotipi al cluster_0 insieme alla specie *Bathyallogromia weddellensis*. L'osservazione delle immagini (Figura 11) mostra una somiglianza soprattutto in merito alla forma che come ripetuto più volte è uno dei criteri principali per l'identificazione tassonomica dei monotalamici. Basandoci su questo, i quattro morfotipi di *Bathyallogromia* sp. potrebbero essere associati alla specie *Bathyallogromia weddellensis*. Tuttavia, in assenza di dati molecolari non si può avere la certezza che i quattro individui non identificati a livello specifico siano realmente riconducibili a questa specie ma le ipotesi di identificazione mediante l'apprendimento dell'algoritmo e di riduzione del numero di morfotipi sono risultate verificate. Forse *Bathyallogromia* non è l'esempio migliore perché per il cluster_0 i risultati migliori si sono ottenuti se la natura del guscio è agglutinante e la forma è stellata (Figura 9, cluster verde). Dalla Figura 10 invece risulta che 8 individui che rientrano nel cluster_0 sono caratterizzati da natura del guscio organica e assenza di aperture.

Di questi 8 individui, 4 appartengono proprio alla specie *Bathyallogromia weddellensis* (vedi Tabella 6; Figura 9 cluster rosso). I 4 morfotipi di *Bathyallogromia* sp. che rientrano nel cluster_0 hanno esattamente le stesse caratteristiche morfologiche della specie identificata. Quindi, per *Bathyallogromia weddellensis* il carattere morfologico che pesa maggiormente nel processo di identificazione non è la forma (come risulta dal confronto delle immagini) ma il tipo di apertura e la natura del guscio.

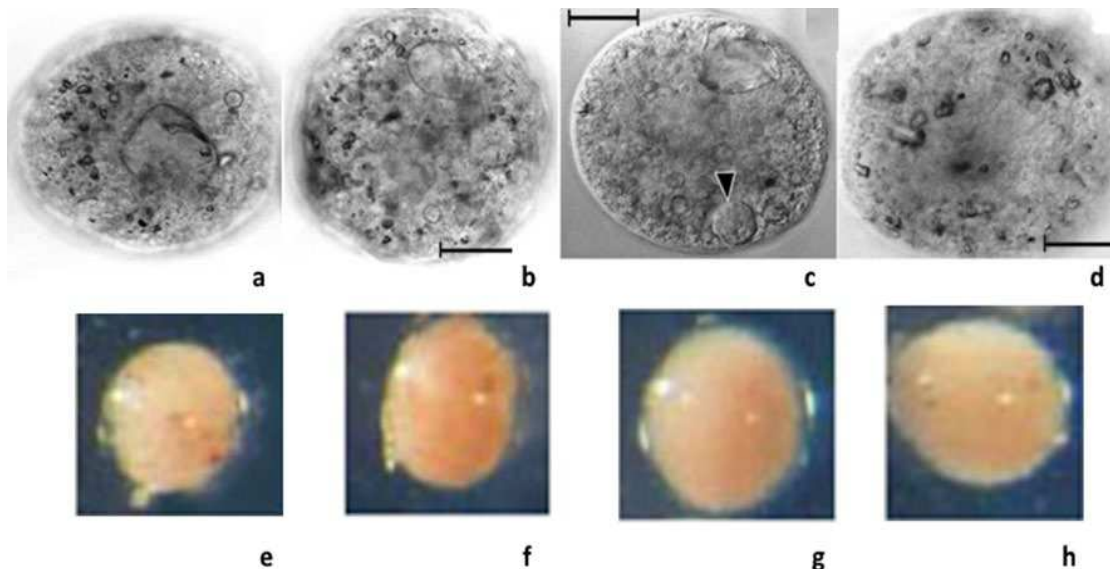


Figura 11. *Bathyallogromia weddellensis* e *Bathyallogromia* sp. a-d. *Bathyallogromia weddellensis* (campioni AN-179, AN-180, AN-181, AN-182). I quattro individui di *Bathyallogromia weddellensis* provengono dal Mare di Weddell (Gooday et al., 2004). e-h. morfotipi di *Bathyallogromia* sp. (campioni 142A, 142B, 142C, 142D) provenienti dall'arcipelago delle Svalbard (Majewski et al., 2005).

Altri due individui considerati in questo cluster (campioni 63, 181; Figura 12 a-b), appartengono alla specie *Psammosphaera fusca* e provengono dalle acque del Mar Glaciale Artico (arcipelago delle Svalbard) (Gooday et al., 2005; Majewski et al., 2005). Il guscio di *Psammosphaera fusca* è agglutinante e di forma subsferica e manca di aperture. L'unico morfotipo (campione E196; Figura 12 c) associato al genere *Psammosphaera* proviene dall'Admiralty bay, una baia situata lungo la costa Sud-occidentale dell'Isola di Re Giorgio, la più grande delle Isole Shetland Meridionali a Nord dell'Antartide (Majewski et al., 2007). Dalla Figura 12, si evince la presenza di una somiglianza morfologica tra il morfotipo e i due individui di *Psammosphaera fusca*; infatti, il guscio è di forma subsferica ma visibilmente risulta essere costruito con materiale agglutinante di diversa natura. Quindi se ci si basa sul confronto tra immagini, la forma sembra essere il carattere morfologico che pesa maggiormente ma come nel caso di *Bathyallogromia weddellensis*, i risultati migliori ottenuti nel cluster_0 si hanno se la natura del guscio è agglutinante e la forma è stellata (Figura 9 cluster verde). Dalla Figura 10 risulta che su 3 individui 2 appartengono alla specie *Psammosphaera fusca* (vedi Tabella 6) e rientrano nel cluster_0 (Figura 9 cluster in rosso) quando la natura del guscio è agglutinante, la forma è subsferica e il tipo di guscio è psammosphaeride.

In base a questo si può dedurre che gli algoritmi hanno funzionato per l'associazione del morfotipo ai due individui di *Psammosphaera fusca* se come caratteristiche morfologiche si considerano la natura e il tipo di guscio piuttosto che la forma. Dato che al genere *Psammosphaera* appartengono numerose specie (precisamente 19, vedi WoRMS) sarebbe opportuno conoscere con quale criterio i vari autori hanno identificato le diverse specie e se queste hanno delle caratteristiche morfologiche distintive (la forma e la composizione del guscio probabilmente sono caratteristiche rilevanti). Inoltre, vista l'enorme variabilità specifica all'interno di questo genere, sarebbe opportuno che la morfologia procedesse di pari passo con la genetica.

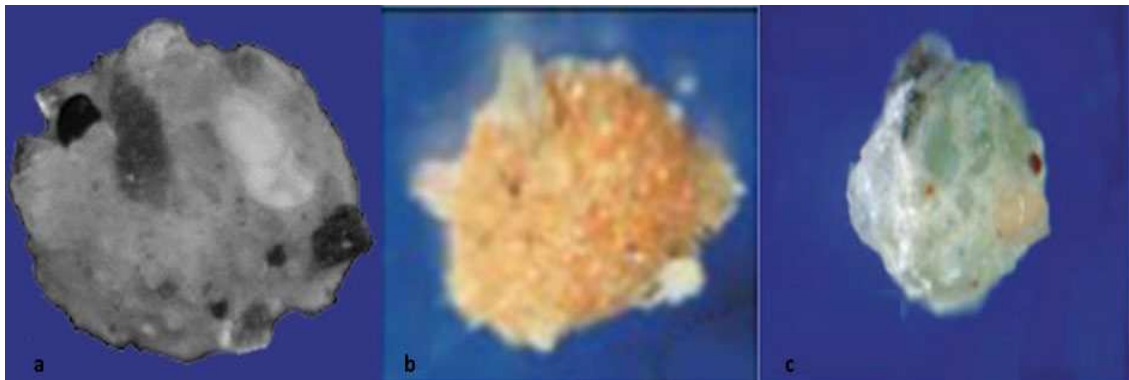


Figura 12. *Psammosphaera fusca* e *Psammosphaera* sp. a. *Psammosphaera fusca* (campione 63) (Gooday et al., 2005); b. *Psammosphaera fusca* (campione 181) (Majewski et al., 2005). I due individui di *Psammosphaera fusca* provengono dall'arcipelago delle Svalbard; c. morfotipo di *Psammosphaera* sp. (campione E196) proveniente dall'Admiralty bay (Majewski et al., 2007).

Per il cluster_1 mi sono soffermata su sei specie di allogromidi: *Goodayia rostellatum*, *Nemogullmia bosporica*, *Nemogullmia longissima*, *Nemogullmia pontica*, *Vellaria solenta* e *Vellaria pellucidus*. In questo cluster, un solo individuo (campione AN-400; Figura 13 a) appartiene alla specie *Goodayia rostellatum* (Sergeeva et al., 2010). Quest'ultima è una specie descritta da Sergeeva e Anikeeva nel 2008 nel Nord ovest della penisola di Crimea. Questo foraminifero ha un guscio con pareti organiche e tende ad allargarsi dalla metà fino all'estremità dell'apertura. Il guscio, inoltre, è costituito da due strati (membrane) ed è separato dal protoplasma da uno spazio più o meno distinto. Il protoplasma è finemente granulare, omogeneo e senza inclusioni estranee. Le due caratteristiche distintive di questa specie sono: l'apertura asimmetrica simile ad un becco e l'assenza di particelle minerali aderenti alla parete del guscio (Sergeeva et al., 2008). I tre individui colorati in rosa bengala (campioni AN-213, AN-214 e AN-215; Figura 13 b-d) sono morfotipi appartenenti al genere *Goodayia* (*Goodayia* sp.) e provengono dall'Adriatico (Sabbatini et al., 2013). A questi tre morfotipi se ne aggiunge un altro (campione A20; Figura 13 e) che a differenza degli altri proviene dal Kveithola Trough, una depressione a Nord-ovest del Mare di Barents caratterizzata da particolari condizioni morfo-deposizionali e idrografiche (Caridi et al., 2020).

Per il cluster_1, i risultati migliori sono stati ottenuti se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è rappresentata dal collo e la forma è ovale o allungata (Figura 9, clusters verdi). Dalla Figura 10, tra gli 88 individui con natura del guscio organica, collo come tipo di apertura e forma ovale, 1 appartiene alla specie *Goodayia rostellatum* (vedi Tabella 7). I quattro morfotipi di *Goodayia* sp. condividono con la specie identificata tutte le caratteristiche morfologiche appena elencate ad eccezione della forma che in questi risulta allungata. Si può dire che gli algoritmi hanno funzionato per l'associazione dei morfotipi alla specie identificata e risulta evidente che le caratteristiche morfologiche che pesano maggiormente nel processo di identificazione sono la natura del guscio e il tipo di apertura. Osservando la Figura 13, resta in dubbio il morfotipo proveniente dal Mare di Barents (campione A20, Figura 13 e) perché pur presentando le stesse caratteristiche morfologiche degli altri morfotipi non presenta l'apertura del guscio a forma di becco, inoltre è provvista di particelle minerali aderenti alla parete del guscio, caratteristica che non è presente in *Goodayia rostellatum*. Un altro aspetto (se fosse stato considerato nella matrice) che avrebbe “discriminato” questo morfotipo dagli altri sarebbe stato un importante parametro ecologico rappresentato dalla salinità.

Il Mar Adriatico da cui provengono i primi tre morfotipi è molto simile in termini di salinità al Mar Nero da dove proviene l'individuo di *Goodayia rostellatum*. Questo discorso non potrebbe essere fatto per il morfotipo proveniente dal Mare di Barents che ha caratteristiche ecologiche molto diverse dal Mar Nero e dal Mar Adriatico.

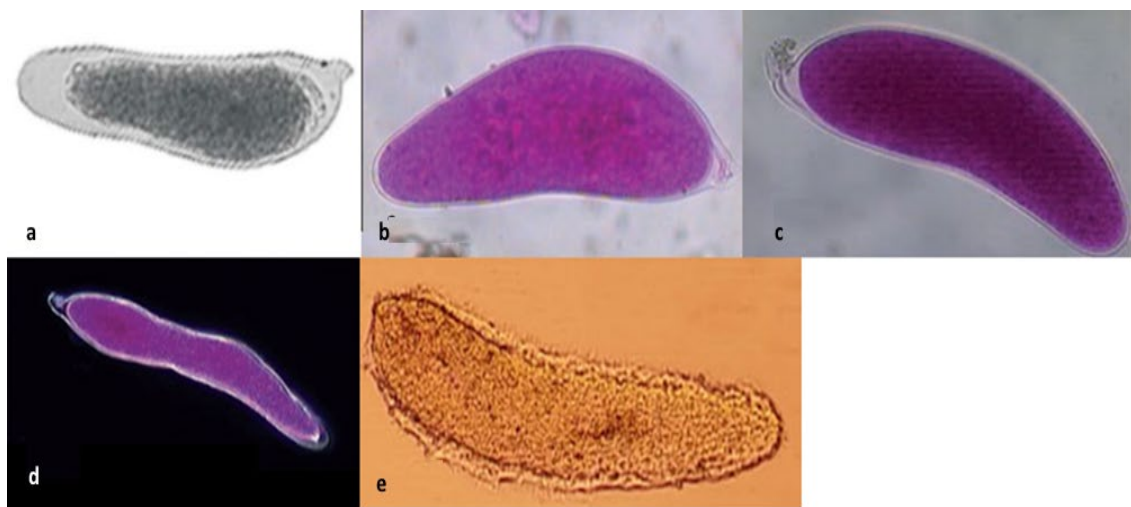


Figura 13. *Goodayia rostellatum* e *Goodayia* sp. a. *Goodayia rostellatum* (campione AN-400) proviene dal Mar Nero (Sergeeva et al., 2010); b-d. tre individui colorati in rosa bengala (campioni AN-213, AN-214, AN-215) provengono dall'Adriatico e sono morfotipi di *Goodayia* sp. (Sabbatini et al., 2013); e. morfotipo di *Goodayia* sp. (campione A20) proveniente dal Mare di Barents (Caridi et al., 2020).

Un'altra specie considerata in questo cluster è *Nemogullmia bosphorica*. L'olotipo di *Nemogullmia bosphorica* (campione E162; Figura 14 a) è stato rinvenuto per la prima volta nello stretto del Bosforo nel Mar Nero (Sergeeva et al., 2020). Il guscio è organico, allungato e presenta alle estremità opposte due strutture tubulari simili a colli dove sono situate le aperture. Il citoplasma è granulare, e separato dal guscio da uno spazio e può contenere fino a sei nuclei. La lunghezza dell'olotipo è di 1100 μm mentre la larghezza si aggira attorno ai 38-47 μm . Il paratipo di *Nemogullmia bosphorica* (campione E167; Figura 14 b) differisce dall'olotipo per le dimensioni leggermente inferiori (lunghezza 960 μm e larghezza che si aggira attorno ai 22-31 μm). Un'altra specie considerata per il genere *Nemogullmia* è *Nemogullmia longissima*. L'olotipo di *Nemogullmia longissima* (campione E148; Figura 14 c) è stato rinvenuto per la prima volta nella parte Nord-orientale del Mar Nero vicino allo stretto di Kerch (Sergeeva et al., 2020). Il guscio è organico, allungato ed è separato dal corpo cellulare da uno spazio distinto. Il citoplasma è granulare e contiene da 0 a più nuclei. Come in *Nemogullmia bosphorica* il guscio presenta alle estremità opposte due strutture tubulari simili a colli dove sono situate le aperture. La lunghezza dell'olotipo va dai 1000 ai 3000 μm mentre la larghezza va dai 15 ai 32 μm .

I paratipi di *Nemogullmia longissima* (campioni E151, E154, E158; Figura 14 d-f) differiscono dall'olotipo per le dimensioni leggermente inferiori. Oltre alle due specie di *Nemogullmia* appena descritte è stata considerata anche la specie *Nemogullmia pontica*. L'olotipo di *Nemogullmia pontica* (campione E138; Figura 14 g) è stato ritrovato nello stretto di Kerch (Sergeeva et al.,2020). Il guscio è organico e vermiforme. La lunghezza va dai 730 ai 1800 μm mentre la larghezza va dai 26 ai 62 μm . Il citoplasma è granulare e contiene un grande nucleo ovale situato al centro. Come in *Nemogullmia bosphorica* e *Nemogullmia longissima*, sono presenti alle estremità opposte del guscio due strutture tubulari simili a colli dove sono localizzate le aperture. Analogamente alle altre due specie, i paratipi di *Nemogullmia pontica* (campioni E142, E145; Figura 14 h-i) differiscono dall'olotipo per le dimensioni leggermente inferiori. Mettendo a confronto *Nemogullmia bosphorica*, *Nemogullmia longissima* e *Nemogullmia pontica* si può dedurre che *Nemogullmia longissima* è la specie che possiede il guscio più lungo ma anche più sottile rispetto alle altre due specie quindi come risultato di questa estrema lunghezza ne consegue un'elevata fragilità e flessibilità. Altri due individui considerati (campioni E177, E178; Figura h-i) sono morfotipi che appartengono al genere *Nemogullmia* e provengono dall'Admiralty bay a Nord dell'Antartide (stessa località in cui è stato ritrovato il morfotipo appartenente al genere

Psammosphaera; Majewski et al., 2007). Osservando le immagini, a differenza delle specie identificate, i due individui non definiti a livello specifico hanno una lunghezza limitata e citoplasma giallo. La lunghezza limitata del guscio porta già ad escludere il fatto che questi due individui possano appartenere alla specie *Nemogullmia longissima*. Potrebbero invece essere individui di *Nemogullmia pontica* o di *Nemogullmia bosporica* ma per avere la certezza sarebbe opportuno misurare la lunghezza e la larghezza esatta dei gusci di questi due individui mettendole a confronto con la lunghezza e la larghezza del guscio degli olotipi delle due specie identificate. Il terzo morfotipo considerato, sempre appartenente al genere *Nemogullmia* (campione 60; Figura 14 j) proviene dall'arcipelago delle Svalbard che è delimitato a Nord dal Mar Glaciale Artico (Gooday et al., 2005). Anche in questo caso si può fare un discorso analogo agli altri due morfotipi (campioni E177, E178; Figura 14 h-i) ovvero sarebbe necessario misurare le dimensioni dei test mettendole a confronto con le dimensioni del test delle specie identificate. Tuttavia, la lunghezza dei gusci non è una caratteristica morfologica considerata nella matrice. Per il cluster_1, i risultati migliori sono stati ottenuti se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è rappresentata dal collo e la forma è ovale o allungata (Figura 9, clusters verdi).

Dalla Figura 10, tra i 35 individui con natura del guscio organica, collo come tipo di apertura e forma allungata, 2 appartengono alla specie *Nemogullmia bosporica*, 4 appartengono alla specie *Nemogullmia longissima* e 3 appartengono alla specie *Nemogullmia pontica* (vedi Tabella 7). Tra i morfotipi considerati, due (campioni E177, E178; Figura h-i) condividono esattamente le stesse caratteristiche delle tre specie identificate, fa eccezione un morfotipo (campione 60; Figura j) che, pur avendo natura del guscio organica e forma allungata non possiede un collo come apertura. Anche in questo caso gli algoritmi hanno funzionato per l'associazione dei morfotipi (eccetto uno) alle specie identificate anche se non si può stabilire con esattezza a quale delle tre possano essere ricondotti. In questo caso le caratteristiche morfologiche che pesano maggiormente nel processo di identificazione sono la natura del guscio e la forma.

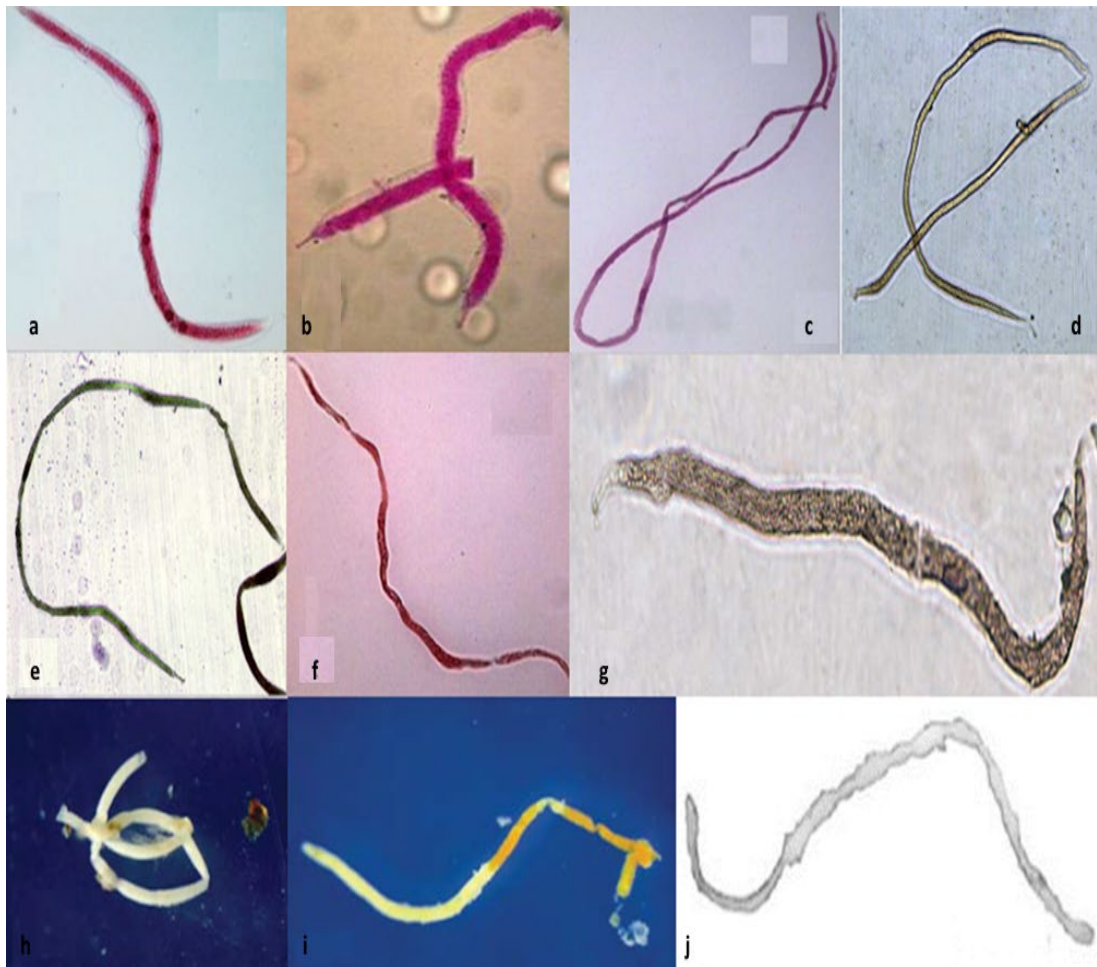


Figura 14. *Nemogullmia bosphorica*, *Nemogullmia longissima*, *Nemogullmia pontica* e *Nemogullmia* sp.

a. olotipo di *Nemogullmia bosphorica* (campione E162); b. paratipo di *Nemogullmia bosphorica* (campione E167); c. olotipo di *Nemogullmia longissima* (campione E148); d-f. paratipi di *Nemogullmia longissima* (campioni E151, E154, E158); g. olotipo di *Nemogullmia pontica* (campione E138). Gli olotipi e i paratipi di *Nemogullmia bosphorica*, *Nemogullmia longissima* e *Nemogullmia pontica* provengono dal Mar Nero (Sergeeva et al., 2020); h-i. morfotipi di *Nemogullmia* sp. (campioni E177, E178) provenienti dall'Admiralty bay (Majewski et al., 2007); j. morfotipo di *Nemogullmia* sp. (campione 60) proveniente dall'arcipelago delle Svalbard (Gooday et al., 2005).

Per quanto concerne la specie *Vellaria solenta* sono stati considerati nove individui (campioni AN-81, AN-82, AN-83, AN-84, AN-85, AN-86, AN-87, AN-88, AN-89 e AN-90; Figura 15 a-j) che provengono dalla baia di Sivash (Sergeeva et al., 2021). Si tratta di una baia di tipo lagunare situata nella porzione occidentale del Mare d’Avoz. La baia di Sivash è un ecosistema unico che non ha analoghi in nessuna parte del mondo, inoltre, quest’area subisce fortemente gli impatti antropici tanto che dalla prima metà del ‘900 ad oggi è andata incontro a drastici cambiamenti di salinità. Gli studi sulle condizioni termoaline nella baia hanno dimostrato che la salinità è recentemente aumentata a 60,0-80,0‰, cioè da 3 a 4 volte in più dal 1997 (Shchurova et al., 2016). *Vellaria solenta* ha un guscio organico ed allungato che misura 240-435 µm di lunghezza e 50-90 µm di larghezza. All’estremità più ristretta del guscio è presente una struttura cilindrica (simile ad un collo) dove è localizzata l’apertura che, come in tutti i rappresentanti del genere *Vellaria*, è ampia e sfrangiata e viene utilizzata per attaccarsi a granuli minerali. Una delle caratteristiche distintive di *Vellaria solenta* è che l’intero guscio e il collo alla cui estremità è situata l’apertura sono completamente riempiti dal protoplasma. Inoltre, nella maggior parte degli individui di questa specie, il collo presenta processi corti e sottili che si estendono oltre l’apertura. *Vellaria solenta* ricorda molto la specie antartica *Vellaria zucchellii* (Sabbatini

et al., 2004) per la forma allungata del guscio ma differisce da questa per dimensioni, struttura dell'apertura e distribuzione del protoplasma all'interno del guscio. Gli altri dodici individui considerati (campioni 134A, 134B, 134C, 134D, 134F, 134G, 134H, 134I, 135A, 135B, 135C, 136; Figura 15 k-v) appartengono alla specie *Vellaria pellucidus* e provengono dalla baia di Baclava situata nella parte meridionale della penisola di Crimea che si affaccia sul Mar Nero (Gooday et al., 2011). Questa baia, analogamente alla baia di Sivash è un ambiente altamente impattato dall'uomo. Nella baia di Baclava, tra i Foraminiferi monotalamici, la specie *Vellaria pellucidus* è dominante (Sergeeva e Anikeeva, 2006). Morfologicamente, *Vellaria pellucidus* ha un guscio organico, di forma ovale, ricoperto o meno da particelle agglutinate. È presente una sola apertura collocata in prossimità di una struttura svasata (simile ad un collo) che viene utilizzata per attaccare il guscio a granuli. Il citoplasma è granulare e privo di stercomata (Gooday e Fernando, 1992). Nel cluster_1, un solo individuo (campione E287; Figura 15 w) è un morfotipo appartenente al genere *Vellaria* e proviene dalla piattaforma rumena del Mar Nero (Pavel et al., 2021). Osservando la Figura 15, le caratteristiche morfologiche di questo individuo come la forma ovale del guscio, la sua natura organica e l'unica apertura presente risultano molto simili a quelle riscontrate nella specie *Vellaria pellucidus*.

Come già accennato in precedenza, per il cluster_1 i risultati migliori sono stati ottenuti se la natura del guscio è organica, il tipo di apertura è rappresentata dal collo e la forma è ovale o allungata (Figura 9, clusters verdi). Dalla Figura 10, tra gli 88 individui con natura del guscio organica, collo come tipo di apertura e forma ovale, 12 appartengono alla specie *Vellaria pellucidus* (vedi Tabella 7). L'unico morfotipo di *Vellaria* sp. presente in questo cluster, condivide con la specie identificata tutte le caratteristiche morfologiche appena elencate quindi in questo caso gli algoritmi hanno funzionato perfettamente per l'associazione del morfotipo alla specie identificata. Appare chiaro che le caratteristiche morfologiche considerate ovvero la natura del guscio, il tipo di apertura e la forma hanno tutte lo stesso peso nel processo di identificazione. Se nella matrice, oltre alle caratteristiche morfologiche considerate, fosse stato valutato anche il contesto ambientale e in particolare un importante parametro ecologico quale la salinità, si sarebbe potuto arrivare allo stesso risultato e associare ugualmente il morfotipo alla specie *Vellaria pellucidus*. Quest'ultima, infatti, proviene dalla baia di Baclava nel Mar Nero in cui la salinità delle acque va da 14,4 a 18,3‰. Analogamente anche il morfotipo proviene dal Mar Nero e quindi da acque in cui la salinità è bassa a causa dell'influenza dei fiumi che da Nord-ovest si riversano in questo mare (Zenkevitch, 1963).

Diversamente, *Vellaria solenta* proviene dal Mare d’Avoz ed è l’unica specie che è stata riscontrata in acque ipersaline dove la salinità raggiunge 74‰.

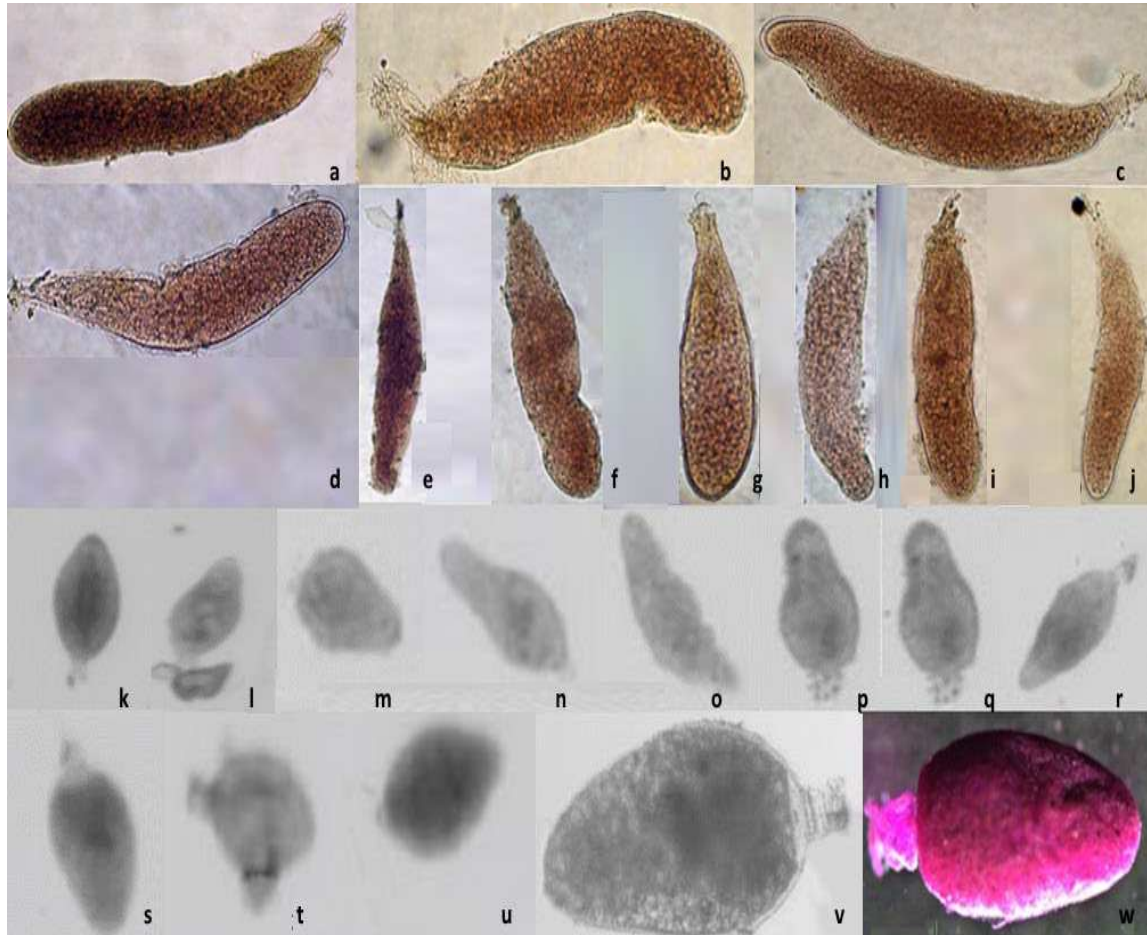


Figura 15. *Vellaria solenta*, *Vellaria pellucidus* e *Vellaria* sp. a-j. *Vellaria solenta* (campioni AN-81, AN-82, AN-83, AN-84, AN-85, AN-86, AN-87, AN-88, AN-89, AN-90) (Sergeeva et al., 2021); k-v. *Vellaria pellucidus* (campioni 134A, 134B, 134C, 134D, 134F, 134G, 134H, 134I, 135A, 135B, 135C, 136 fotografati in luce trasmessa (Gooday et al., 2011); w. morfotipo di *Vellaria* sp. (campione E287) proviene dal Mar Nero (Pavel et al., 2021).

Per il cluster_2 mi sono soffermata su due specie di saccamminidi: *Psammophaga zirconia* e *Vanhoeffenella oculus*. *Psammophaga zirconia* ha un guscio di natura agglutinante di forma ovale lungo tra i 200-700 µm. Il guscio inoltre, presenta un'unica apertura localizzata all'estremità di un collo molto corto. Il citoplasma è granulare e contiene numerose inclusioni citoplasmatiche che in genere tendono a riempire tutto il guscio. Una caratteristica distintiva di questa specie è legata al fatto che ingerisce selettivamente minerali pesanti come lo zircone (da qui il nome della specie) e il rutilo (Sabbatini et al., 2016). Un'ipotesi plausibile sul motivo per cui questa specie seleziona e ingerisce zirconi ed altri minerali pesanti è che questo comportamento rappresenta un vantaggio per rimanere stabili nel sedimento e quindi una strategia alimentare più efficiente. I primi quattro individui considerati (campioni AN-168, AN-169, AN-170, AN-171; Figura 16 a-d) appartengono alla specie *Psammophaga zirconia* e provengono dal Mar Adriatico Centrale, un mare che riflette la composizione dei bacini idrografici dei fiumi adiacenti (Sabbatini et al., 2016). I principali sedimenti dell'Adriatico centrale sono: calcite, dolomite, quarzo, minerali argillosi e feldspati. I minerali pesanti come l'ilmenite, il rutilo e lo zircone sono in genere presenti in bassissima abbondanza (Pigorini, 1968; Brondi et al., 1979).

In contrasto con questo, Sabbatini et al. (2016) hanno riscontrato una concentrazione molto elevata di zircone nel citoplasma di *Psammophaga zirconia*. Ciò suggerisce la forte selettività nell'ingestione di questo minerale da parte di questo foraminifero. Dall'Adriatico Centrale, proviene anche un morfotipo appartenente al genere *Psammophaga* (campione AN-244; Figura 16 e; Sabbatini et al., 2013) che è caratterizzato da un guscio di forma ovale e da un citoplasma in cui i grani minerali non sono distribuiti in maniera uniforme ma sono in posizione distale. Oltre al morfotipo proveniente dall'Adriatico Centrale, sono stati considerati altri dieci morfotipi appartenenti al genere *Psammophaga* che provengono da diverse località. I primi due morfotipi considerati (campioni E171, E172; Figura 16 f-g) provengono dal piano intertidale dell'estuario di Hamble nel Sud dell'Inghilterra (Larkin & Gooday, 2004). Dal punto di vista morfologico, questi due individui hanno un guscio ovale che misura 200-480 μm di lunghezza e una singola apertura posizionata all'estremità di un collo corto. Il citoplasma è granulare ed è quasi completamente riempito di grani minerali presumibilmente composti da quarzo. Questi due individui somigliano molto ad un altro morfotipo (campione 137; Figura 16 h) rinvenuto nella penisola di Crimea, nel Mar Nero (Gooday et al., 2011).

Sembra esserci però una differenza a livello morfologico tra questi tre individui, infatti, i due morfotipi rinvenuti nelle coste del Regno Unito hanno un collo meno sviluppato rispetto al morfotipo rinvenuto nel Mar Nero. Inoltre, in quest'ultimo individuo, i grani minerali sono ben distribuiti in tutto il citoplasma ma la loro composizione è sconosciuta. Anche un altro morfotipo (campione AN-403; Figura 16 i) proviene dal Mar Nero ed è caratterizzato dal fatto che i grani minerali non sono distribuiti uniformemente in tutto il citoplasma ma sono localizzati in posizione distale (Sergeeva et al., 2010). Gli ultimi sei morfotipi presi in considerazione provengono da acque glaciali: il primo (campione 85; Figura 16 j) proviene dall'arcipelago delle Svalbard (Gooday et al., 2005) mentre gli altri cinque (campioni AN-324, AN-325, AN-326, AN-328, AN-330; Figura 16 k-o) provengono dal Kveithola Trough nel Mare di Barents (Sabbatini et al., 2023). Per il cluster_2 i risultati migliori sono stati ottenuti se la natura del guscio è agglutinante e la forma è ovale o allungata (Figura 9, clusters verdi). Dalla Figura 10, tra i 64 individui con natura del guscio agglutinante e forma ovale, 4 appartengono alla specie *Psammophaga zirconia* (vedi Tabella 8). Tra gli 11 morfotipi appartenenti al genere *Psammophaga*, si potrebbe dire che solo per 9 gli algoritmi hanno funzionato per l'associazione con la specie identificata.

Questi 9 morfotipi, infatti, condividono con *Psammophaga zirconia* la natura del guscio agglutinante e la forma ovale. Gli altri 2 morfotipi (campione 85 e AN-324) condividono con *Psammophaga zirconia* la natura del guscio agglutinante ma non la forma del guscio che risulta invece più allungata. Quindi la caratteristica morfologica che pesa maggiormente nel processo di identificazione è la natura del guscio. Se la provenienza geografica fosse stato un parametro considerato nella matrice solo i morfotipi provenienti dall'Adriatico Centrale (campione AN-244; Figura 16 e) e quelli provenienti dal Mar Nero (campioni 137; Figura 16 h ed AN-403; Figura 16 i) si sarebbero potuti associare alla specie *Psammophaga zirconia* dal momento che questo foraminifero vive in aree temperate e non alle alte latitudini da dove invece provengono gli altri morfotipi. Se invece come parametri nella matrice fossero state considerate la natura delle inclusioni minerali e la loro distribuzione, gli algoritmi non avrebbero funzionato per nessuno degli 11 morfotipi considerati in virtù della necessità di analisi più approfondite del contenuto citoplasmatico di *Psammophaga zirconia* per stabilire con precisione la natura dei grani minerali presenti. Questa specie, infatti, condivide molte caratteristiche morfologiche con tutti gli altri membri del genere *Psammophaga* ma differisce da questi proprio per le inclusioni minerali presenti nel citoplasma.

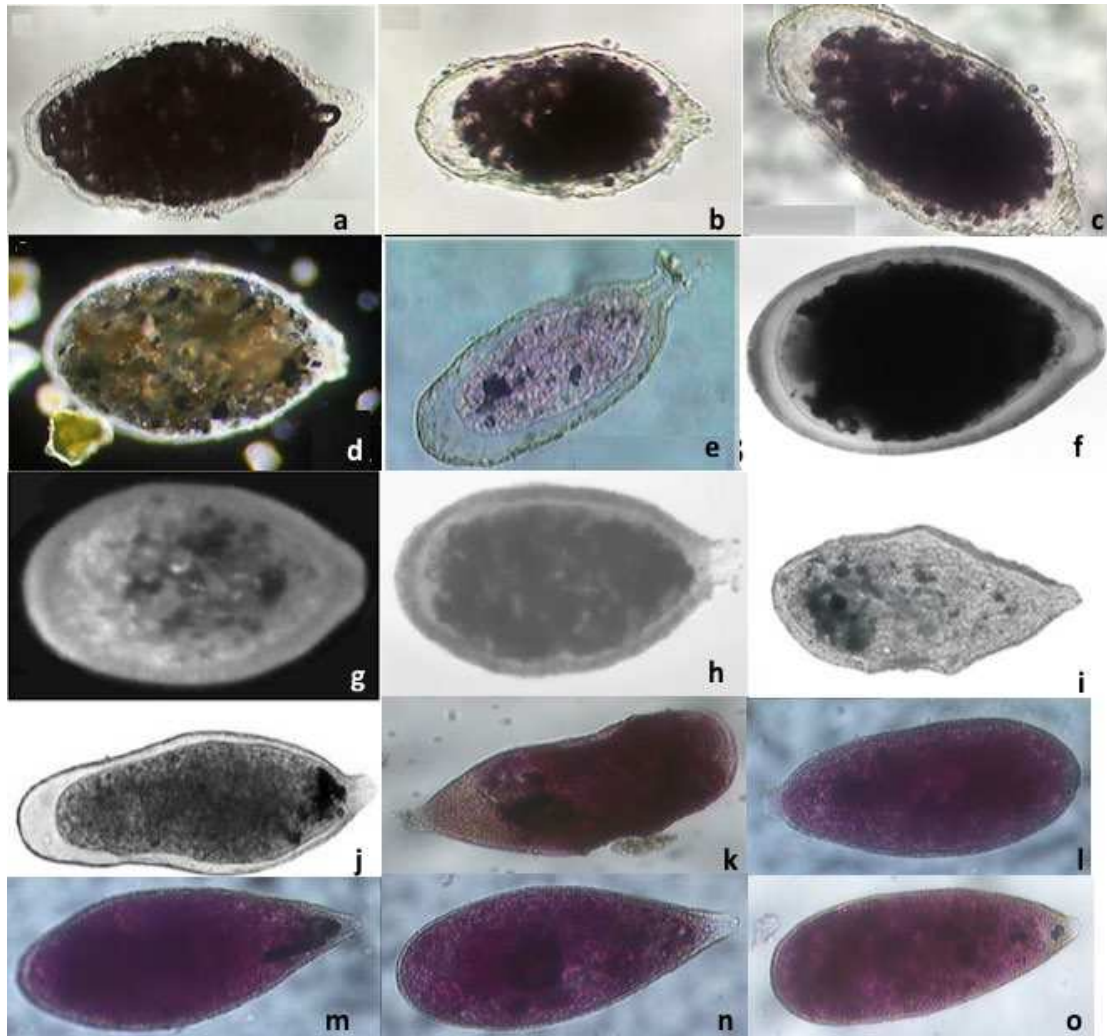


Figura 16. *Psammophaga zirconia* e *Psammophaga* sp.

a-d. *Psammophaga zirconia* (campioni AN-168, AN-169, AN-170, AN-171) (Sabbatini et al., 2016); e. morfotipo di *Psammophaga* sp. (campione AN-244) proveniente dall'Adriatico Centrale (Sabbatini et al., 2013); f-g. morfotipi di *Psammophaga* sp. (campioni E171, e172) provenienti dall'estuario di Hamble (Larkin & Gooday, 2004); h. morfotipo di *Psammophaga* sp. (campione 137) proveniente dal Mar Nero (Gooday et al., 2011); i. morfotipo di *Psammophaga* sp. (campione AN-403) proveniente anch'esso dal Mar Nero (Sergeeva et al., 2010); j. morfotipo di *Psammophaga* sp. (campione 85) proveniente dall'arcipelago delle Svalbard (Gooday et al., 2005); k-o. morfotipi di *Psammophaga* sp. (campioni AN-324, AN-325, AN-326, AN-328, AN-330) provenienti dal Mare di Barents (Sabbatini et al., 2023).

La seconda specie analizzata nel cluster_2 è *Vanhoeffenella oculus*. Come già accennato nella sezione dei Risultati, questa specie pur avendo guscio agglutinante non è un saccamminide ma appartiene all'Ordine Astrorhizida, Famiglia Astrorhizidae. *Vanhoeffenella oculus* ha un guscio ovale asimmetrico con un lato più curvo rispetto all'altro e presenta delle estensioni radiali chiamate braccia. Una delle caratteristiche che contraddistingue questa specie è che le braccia sono interamente organiche. Il bordo agglutinante del guscio è stretto (larghezza che va da 25 a 40 μm), ben definito e costruito con grani minerali fini. Lo spazio dentro il guscio è occupato da un corpo cellulare molto grande e da un citoplasma che contiene fini particelle detritiche di natura indeterminata (Earland 1933). I primi quattro individui considerati (campioni AN-104, AN-105, AN-106, AN-107; Figura 17 a-d) appartengono alla specie *Vanhoeffenella oculus* e provengono dall'Oceano Antartico (Voltiski et al., 2018) quindi, una località molto vicina a quella in cui è stato rinvenuto l'olotipo descritto da Earland nel 1933 (Georgia del Sud). In questo cluster, sono stati considerati sette morfotipi appartenenti al genere *Vanhoeffenella*. I primi due morfotipi (campioni AN-149, AN-151; Figura 17 e-f) provengono dal Mare di Weddell (Voltski et al., 2018). Tra i due, il secondo (campione AN-151) risulta molto più simile ad un individuo di *Vanhoeffenella oculus* perché mostra una parete agglutinante stretta e ben definita ed un guscio ovale.

Il primo morfotipo invece (campione AN-149) ha una forma subtriangolare ed una parete agglutinante molto spessa che ricorda un'altra specie appartenente a questo genere: *Vanhoeffenella dilatata* descritta da Voltski, Gooday & Pawlowski nel 2018. Un altro morfotipo considerato (campione AN-349; Figura 17 g) proviene dal Kveithola Trough nel Mare di Barents (Sabbatini et al., 2023) ed è caratterizzato da un guscio di forma affusolata e braccia agglutinanti, caratteristiche non presenti in questa specie. Lo stesso discorso può essere fatto per il morfotipo proveniente dal Pacifico equatoriale orientale (Gooday et al., 2020). Questo individuo (campione AN-430; Figura 17 h) assomiglia molto agli esemplari di *Vanhoeffenella* provenienti dall'Atlantico centrale e meridionale analizzati da Voltski et al. nel 2018. Infine, gli ultimi tre morfotipi appartenenti al genere *Vanhoeffenella* (campioni 39, 40, 41; Figura 17 i-k) provengono rispettivamente dall'Oceano Atlantico (PAP: Porcupine Abyssal Plain), dal Pacifico settentrionale e dalla fossa di Atacama nel Pacifico orientale (Gooday et al., 2004). Tra i tre, morfologicamente parlando solo il primo mostra le caratteristiche distintive di *Vanhoeffenella oculus*, gli altri due invece, pur avendo braccia interamente organiche non hanno né la forma, né la parete agglutinante ben definita e stretta che caratterizzano questa specie. Tuttavia nella matrice non sono state considerate la natura delle braccia né la morfologia del bordo agglutinato.

Come già accennato, per il cluster_2 i risultati migliori sono stati ottenuti se la natura del guscio è agglutinante e la forma è ovale o allungata (Figura 9, clusters verdi). Dalla Figura 10, tra i 64 individui con natura del guscio agglutinante e forma ovale, 4 appartengono alla specie *Vanhoeffenella oculus* (vedi Tabella 8). I 7 morfotipi del genere *Vanhoeffenella* condividono con la specie identificata tutte le caratteristiche morfologiche appena elencate quindi gli algoritmi hanno funzionato perfettamente nell'associazione dei morfotipi alla specie identificata. In questo caso le caratteristiche morfologiche considerate ovvero la natura del guscio e la forma hanno esattamente lo stesso peso nel processo di identificazione. Lo studio condotto da Voltski et al. (2018) suggerisce che: la forma del guscio, la larghezza della parete agglutinante, il numero delle braccia e la loro modalità di costruzione (in particolare se la componente agglutinante è una componente dominante) sono caratteri importanti per la delineazione morfologica delle specie di *Vanhoeffenella*. E' probabile che altri caratteri "apparentemente insignificanti" possano invece rivelarsi molto utili per discriminare i morfotipi appartenenti al genere *Vanhoeffenella*. Inoltre, nonostante questo genere sia cosmopolita di acque profonde (Gooday e Jorissen, 2012), si sa veramente poco sulla sua diversità. A questo si aggiunge il fatto che i dati molecolari per questo genere sono molto limitati.

Una possibile soluzione per valutare la diversità relativa a questo genere risiede nella tassonomia integrativa che combina dati morfologici, dati molecolari e dati ecologici proprio come suggeriscono Voltski et al. nel loro studio del 2018.

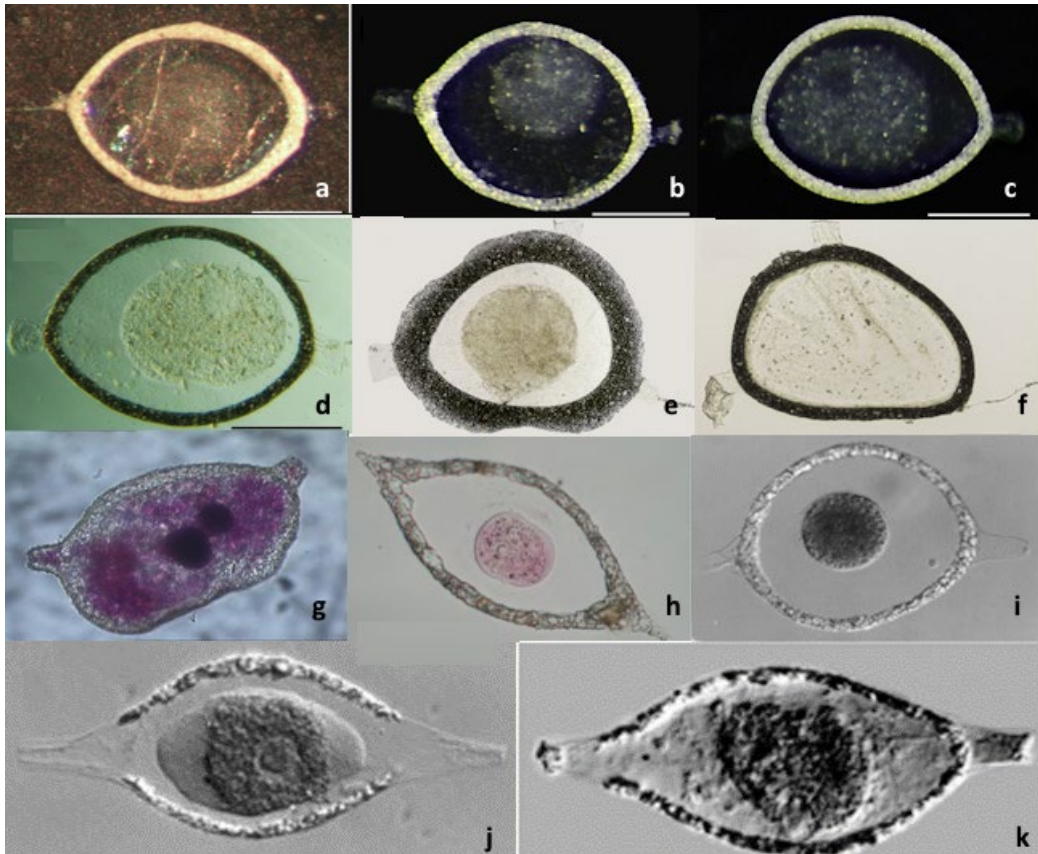


Figura 17. *Vanhoeffenella oculus* e *Vanhoeffenella* sp.

a-d. *Vanhoeffenella oculus* (campioni AN-104, AN-105, AN-106, AN-107) proviene dall'Oceano Antartico (Voltski et al., 2018); e-f. morfotipi di *Vanhoeffenella* sp. (campioni AN-149, AN-151) provenienti dal Mare di Weddell (Voltski et al., 2018); g. morfotipo di *Vanhoeffenella* sp. (campione AN-349) proveniente dal Mare di Barents (Sabbatini et al., 2023); h. morfotipo di *Vanhoeffenella* sp. (campione 430) proveniente dal Pacifico equatoriale orientale (Gooday et al., 2020); i-k. morfotipi di *Vanhoeffenella* sp. (campioni 39, 40,41) provengono rispettivamente dall'Oceano Atlantico, dal Pacifico settentrionale e dal Pacifico orientale (Gooday et al., 2004).

Infine, per il cluster_3 mi sono soffermata su una sola specie: *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum*. Questa specie, così come la *Vanhoeffenella oculus*, pur avendo un guscio agglutinante non è un saccamminide ma appartiene all'Ordine Astrorhizida, Famiglia Astrorhizidae. *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* ha un guscio agglutinante di forma subsferica che presenta apicalmente delle “radici peduncolate” e contiene un corpo protoplasmatico sferico e di colore bianco-giallo brillante. I primi due individui considerati (campioni 162,164; Figura 18 a-c) appartengono alla specie *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* e provengono dall'isola Spitsbergen, la più grande dell'arcipelago delle Svalbard (Majevski et al., 2005). In questo cluster, a differenza degli altri tre, il morfotipo appartenente al genere *Pelosina* (campione 160; Figura 18 d) proviene esattamente dalla stessa località dei due individui della specie identificata. Osservando la Figura 18 si potrebbe associare il morfotipo alla specie *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* in quanto ha un guscio di forma subsferica e il corpo protoplasmatico è sferico e bianco-giallo brillante come nella specie identificata. A differenza degli altri clusters, per il cluster_3 non sono stati ottenuti dei risultati ottimali (Figura 9, cluster giallo). Dalla Figura 10 risulta che tra i 12 individui con natura del guscio agglutinante, forma subsferica e tipo di guscio saccamminide, 2 appartengono alla specie *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* (vedi Tabella

9). L'unico morfotipo appartenente al genere *Pelosina* condivide con la specie identificata tutte e tre le caratteristiche morfologiche appena citate quindi anche in questo caso gli algoritmi hanno funzionato per l'associazione del morfotipo alla specie identificata. Inoltre, risulta che la natura del guscio, la forma e il tipo di guscio hanno esattamente lo stesso peso nel processo di identificazione. Resta però il fatto che, il genere *Pelosina*, così come il genere *Psammosphaera* ad esempio, comprende diverse specie (precisamente 15, vedi WoRMS) quindi basarsi solo sulla morfologia per discriminare una specie non basterebbe ma sarebbe più opportuno associare a questa anche i dati molecolari.

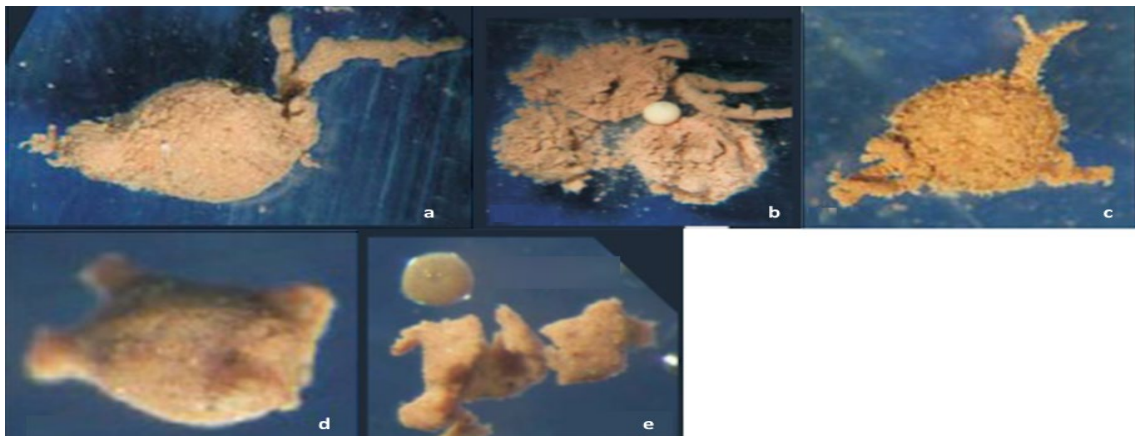


Figura 18. *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* e *Pelosina* sp. a. *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* (campione 162); b. stesso individuo privo di guscio dove è ben visibile il corpo protoplasmatico; c. *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum* (campione 164); d. morfotipo di *Pelosina* sp. (campione 160); e. morfotipo privo di guscio dove è ben visibile il corpo protoplasmatico (Majewski et., 2005).

Ultimato il confronto tra individui definiti a livello specifico e morfotipi, risulta che le caratteristiche morfologiche che pesano maggiormente nel processo di identificazione risultano: la forma, la natura del guscio, il tipo di guscio ma anche il tipo di apertura. Nel cluster_0, per *Bathyallogromia weddellensis* e per *Psammosphaera fusca* gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato per l'associazione dei morfotipi alle specie identificate quando come caratteristiche morfologiche si considerano la natura del guscio (organica) e il tipo di apertura (0 ovvero assente) per *Bathyallogromia weddellensis*. Mentre nel caso di *Psammosphaera fusca*, l'associazione dei morfotipi alle specie identificate ha funzionato se come caratteristiche si considerano la natura del guscio (agglutinante) e il tipo di guscio (psammosphaeride). Nel cluster_1, per *Goodayia rostellatum*, *Nemogullmia bosporica*, *Nemogullmia longissima*, *Nemogullmia pontica*, *Vellaria solenta* e *Vellaria pellucidus*, gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato per l'associazione dei morfotipi alle specie identificate se come caratteristiche morfologiche si considerano la natura del guscio, il tipo di guscio, la forma e il tipo di apertura. Nel dettaglio, per *Goodayia rostellatum*, gli algoritmi hanno funzionato se come caratteristiche morfologiche si considerano la natura del guscio (organica) e il tipo di apertura (collo); la forma purtroppo non è un parametro determinate dal momento che uno dei morfotipi considerati (Figura 13 e) non condivide

questa caratteristica con la specie identificata e con gli altri morfotipi. Per quanto riguarda *Nemogullmia bosporica*, *Nemogullmia longissima* e *Nemogullmia pontica*, gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato per l'associazione dei morfotipi alle specie identificate se come caratteristiche morfologiche si considerano la natura del guscio (organica) e la forma (allungata). Resta comunque in dubbio un morfotipo (Figura 14 j) che a differenza degli altri non presenta il collo come tipo di apertura quindi differisce per questa caratteristica dagli altri morfotipi e dalle specie identificate. Anche per le ultime due specie analizzate in questo cluster gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato per l'associazione dei morfotipi alle specie identificate se come caratteristiche morfologiche si considerano la natura del guscio (organica), il tipo di apertura (collo) e la forma (ovale). L'unico morfotipo (Figura 15 w) può essere quasi con certezza ricondotto ad un individuo di *Vellaria pellucidus*. Anche nel cluster_2 gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato per l'associazione dei morfotipi alle due specie *Psammophaga zirconia* e *Vanhoeffenella oculus*. Per quanto riguarda *Psammophaga zirconia*, si potrebbe dire che solo per 9 (Figura 16 e-i, l-o) morfotipi gli algoritmi hanno funzionato per l'associazione con la specie identificata questo perchè condividono con la specie identificata la natura del guscio (agglutinante) e la forma (ovale).

Gli altri 2 morfotipi (Figura 16 j-k) invece, condividono con *Psammophaga zirconia* solo la natura del guscio (agglutinante) ma non la forma del guscio che risulta invece più allungata. Quindi la caratteristica morfologica che pesa maggiormente nel processo di identificazione è la natura del guscio. *Vanhoeffenella oculus* probabilmente rappresenta uno degli esempi migliori in cui gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato perfettamente per l'associazione dei morfotipi alla specie identificata. Infatti tutti e 7 i morfotipi considerati (Figura 17 e-k) condividono con *Vanhoeffella oculus* la natura del guscio (agglutinante) e la forma (ovale anche se non risulta visibilmente identica). Anche per il cluster_3, può essere fatto un discorso analogo a quello fatto per *Vanhoeffenella oculus*. Gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato perfettamente nell'associazione del morfotipo alla specie *Pelosina variabilis* var. *sphaeriloculum*. Il morfotipo (Figura 18 d) condivide con la specie identificata la natura del guscio (agglutinante), il tipo di guscio (saccamminide) e la forma (subsferica). Per tutte le specie analizzate quindi il parametro morfologico che pesa maggiormente è la natura del guscio e non la forma. È da specificare che quando parliamo di forma non si intende solo quel parametro che accomuna morfologicamente i vari individui nei clusters ma si intende anche quel parametro che determina l'abbondanza degli individui nei clusters.

In particolare, se si osserva la Figura 10, è possibile notare che la forma (*sensu stricto*, soprattutto se ovale o allungata) è il parametro morfologico che accomuna la maggior parte degli individui nei vari clusters.

5. CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente studio era quello di testare l'uso di algoritmi di Machine Learning per ridurre la proliferazione di morfotipi e velocizzare il processo di identificazione dei Foraminiferi monotalamici. I risultati ottenuti confermano che gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno funzionato soprattutto nel caso dell'apprendimento automatico supervisionato che ha utilizzato come "etichette" delle specie identificate. Alcuni dei morfotipi identificati solo a livello di genere infatti, sono stati ricondotti a delle specie soprattutto se come parametro morfologico principale è stata considerata la natura del guscio, il tipo di guscio e la forma. Ma se da una parte, gli algoritmi hanno permesso di raggiungere dei buoni risultati preliminari, dall'altra c'è la necessità di ulteriori approfondimenti. La matrice è stata costruita incentrandosi sulla classificazione tradizionale (morfologica) che si basa principalmente sulla natura compositiva del guscio. Ne è conseguito che gli algoritmi hanno raggruppato i morfotipi ma anche le specie proprio sulla base di questa caratteristica morfologica. Dalla elaborazione dei dati si evince che la forma del guscio (*sensu stricto*) ha un peso importante nel processo di identificazione. Questo risultato concorda con le classificazioni tradizionali dei Foraminiferi basate sulla descrizione morfologica e anche con la nuova classificazione integrata (morfologica e molecolare) proposta da Pawlowski et al. (2013).

Tale classificazione rivoluziona quella tradizionale basata esclusivamente sulla natura del guscio (o calcareo o agglutinante per le specie di Foraminiferi politalamici). In pratica, individui con guscio calcareo o agglutinante ma con la stessa forma (o tubulare o globulare) appartengono alla stessa specie o gruppo tassonomico superiore. Gli algoritmi K-Means e DBSCAN hanno evidenziato la stessa tendenza anche per i Foraminiferi monotalamici almeno come abbondanza di individui sulla base della forma (i.e., ovale, allungata) all'interno dei clusters che sono stati elaborati. Quindi l'uso dell'Intelligenza artificiale *sensu lato* contribuisce a definire che anche per i Foraminiferi monotalamici risulta importante la forma oltre che la natura del guscio e tipo di apertura. Si è consapevoli comunque dell'importanza del dato genetico per corroborare l'identificazione della specie fatta morfologicamente. E' comune che per i Foraminiferi monotalamici così come per i Foraminiferi politalamici, l'uso dei soli criteri morfologici non basta per una corretta identificazione tassonomica questo perché spesso la morfologia non riflette la genetica e si vengono a creare cladi che includono taxa con guscio sia organico che agglutinante e diverse morfologie magari corrispondenti ad adattamenti ambientali.

La cosa interessante è che gli algoritmi utilizzati in questo lavoro di tesi evidenziano clusters (matrice 1_bis e matrice 2_bis) i cui raggruppamenti “mischiano” come fanno le “molecole” individui con guscio sia organico che agglutinante. Un altro limite di questo approccio, riscontrato in questo lavoro di tesi, deriva dalla bassa risoluzione delle immagini utilizzate per costruire la matrice. Proprio per questo, alcune caratteristiche morfologiche rilevanti per la classificazione non sono state prese in considerazione. In ogni caso, questo approccio seppur preliminare risulta innovativo dal momento che alcuni degli studi da me analizzati : Mitra et al. (2019), Karaderi et al., (2021), Marchant et al., (2020) si sono limitati ad acquisire immagini di Foraminiferi planctonici costruendo CNN profonde e non utilizzando algoritmi di clustering come invece è stato fatto nel seguente lavoro. In conclusione, si può dedurre che nonostante i sistemi di classificazione automatica dei Foraminiferi e di altri microrganismi marini (basati sulla classificazione delle immagini) abbiano ancora dei limiti, rappresentano comunque un passo verso il futuro dal momento che semplificano gran parte del lavoro svolto dai tassonomi. In ogni caso, non è auspicabile eliminare la competenza umana da questo complesso processo.

6. BIBLIOGRAFIA

- Gooday, A. J., Holzmann, M., Schwarzgruber, E., Cedhagen, T., & Pawlowski, J. (2022). Morphological and Molecular Diversity of Monothalamids (Rhizaria, Foraminifera), Including Two New Species and a New Genus, from Sw Greenland. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4165421>
- Hsiang, A. Y., Brombacher, A., Rillo, M. C., Mleneck-Vautravers, M. J., Conn, S., Lordsmith, S., Jentzen, A., Henehan, M. J., Metcalfe, B., Fenton, I. S., Wade, B. S., Fox, L., Meilland, J., Davis, C. V., Baranowski, U., Groeneveld, J., Edgar, K. M., Movellan, A., Aze, T., ... Hull, P. M. (2019). Endless Forams: >34,000 Modern Planktonic Foraminiferal Images for Taxonomic Training and Automated Species Recognition Using Convolutional Neural Networks. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34(7). <https://doi.org/10.1029/2019PA003612>
- Karaderi, T., Burghardt, T., Hsiang, A. Y., Ramaer, J., & Schmidt, D. N. (2021). *Visual Microfossil Identification via Deep Metric Learning*. <http://arxiv.org/abs/2112.09490>

- Marchant, R., Tetard, M., Pratiwi, A., Adebayo, M., & De Garidel-Thoron, T. (2020). Automated analysis of foraminifera fossil records by image classification using a convolutional neural network. *Journal of Micropalaeontology*, 39(2), 183–202. <https://doi.org/10.5194/jm-39-183-2020>
- Mitra, R., Marchitto, T. M., Ge, Q., Zhong, B., Kanakiya, B., Cook, M. S., Fehrenbacher, J. S., Ortiz, J. D., Tripathi, A., & Lobaton, E. (2019). Automated species-level identification of planktic foraminifera using convolutional neural networks, with comparison to human performance. *Marine Micropaleontology*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2019.01.005>
- Ohkawara, N., Kitazato, H., Uematsu, K., & Gooday, A. J. (2009). A minute new species of *Saccammina* (monothalamous Foraminifera; Protista) from the abyssal Pacific. *Journal of Micropalaeontology*, 28(2), 143–151. <https://doi.org/10.1144/jm.28.2.143>
- Pawlowski_Foraminifera_2009. (n.d.)

- Sabbatini, A., Morigi, C., Negri, A., & Gooday, A. J. (2007). Distribution and biodiversity of stained monothalamous foraminifera from Tempelfjord, Svalbard. *Journal of Foraminiferal Research*, 37(2). <https://doi.org/10.2113/gsjfr.37.2.93>
- Sergeeva, N., & Anikeeva, O. (2008). Goodayia Rostellatum Gen. N., Sp. N. (Protozoa) - A Monothalamous Foraminiferan from the Black Sea. *Vestnik Zoologii*, 42(4–5). <https://doi.org/10.2478/v10058-008-0013-3>
- Zhong, B., Ge, Q., Kanakiya, B., Mitra, R., Marchitto, R. M. T., & Lobaton, E. (2018). A comparative study of image classification algorithms for Foraminifera identification. *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, SSCI 2017 - Proceedings, 2018-January*. <https://doi.org/10.1109/SSCI.2017.8285164>

6.1 Sitografia

- Aggarwal_Isha (2023). Machine Learning and Artificial Intelligence.
<https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning-versus-artificial-intelligence/?ref=rp>
- Alessandro Fiori (2023). DBSCAN: Come Funziona.
<https://flowygo.com/blog/dbscan-come-funziona/>
- Alfredo Marchiò (2021). Foraminifera.
<https://www.microbiologiaitalia.it/protozoi/foraminifera/>
- Andrea Minini. La tecnica del clustering.
<https://www.andreaminini.com/ai/machine-learning/clustering#:~:text=La%20tecnica%20del%20clustering,Non%20sono%20necessariamente%20identici.>
- Andrea Provino (2019). K-means Clustering. <https://andreaprovino.it/k-means-clustering/>
- AppuntiSoftware.it (2010) Che cos'è il Clustering?
<https://www.appuntissoftware.it/clustering/>
- Ayushjoshi599 (2023). Machine Learning – Types of Artificial Intelligence <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning-types-of-artificial-intelligence/?ref=rp>

- Azbil Corporation (2022). Clustering.
<https://www.azbil.com/corporate/pr/atoz/clustering/index.html>
- Cristiano Casadei (2019). Apprendimento non supervisionato – Clustering K-means.
<https://www.developersmaggioli.it/blog/apprendimento-non-supervisionato-clustering-k-means/>
- Debomit Dey (2023). DBSCAN Clustering in ML | Density based clustering. <https://www.geeksforgeeks.org/dbscan-clustering-in-ml-density-based-clustering/>
- Høglund, H. (1947). Foraminiferi nel fiordo di Gullmar e nello Skagerak. *Zoologiska bidrag från Uppsala*. 26:1-328., *disponibile online su* <https://paleoarchive.com/literature/Hoglund1947-ForaminiferaGullmarFjordSkagerak>.
- IBM. Cos'è un albero decisionale? <https://www.ibm.com/it-it/topics/decision-trees>
- Maansi_gupta (2023). Difference Between Artificial Intelligence vs Machine Learning vs Deep Learning.
<https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-artificial-intelligence-vs-machine-learning-vs-deep-learning/?ref=rp>

- Milecia McGregor (2020). 8 Clustering Algorithms in Machine Learning that All Data Scientists Should Know. <https://www.freecodecamp.org/news/8-clustering-algorithms-in-machine-learning-that-all-data-scientists-should-know/#:~:text=Clustering%20is%20an%20unsupervised%20machine,ina%20the%20data%20it%20can.>
- Prasad Patil (2018). K Means Clustering: Identifying F.R.I.E.N.D.S in the World of Strangers. <https://towardsdatascience.com/k-means-clustering-identifying-f-r-i-e-n-d-s-in-the-world-of-strangers-695537505d>
- Sabbatini Anna, Caridi Francesca, Lucarelli Anastasia, Potena Domenico, Negri Alessandra (2023). AI for unknown marine Foraminifera (AIMER). (n.d)
- TIBCO Data Science. Cos'è l'apprendimento supervisionato? <https://www.tibco.com/it/reference-center/what-is-supervised-learning>
- Høglund, H. (1947). Foraminiferi nel fiordo di Gullmar e nello Skagerak. *Zoologiska bidrag från Uppsala*. 26:1-328., *disponibile online su* <https://paleoarchive.com/literature/Hoglund1947-ForaminiferaGullmarFjordSkagerak>.

6.2 Bibliografia delle immagini utilizzate per realizzare la matrice

- Caridi, F. (2020). Influence of environmental patterns on the benthic faunal structure in the Kveithola Trough, NW Barents Sea.
<https://hdl.handle.net/11566/274551>
- Caridi, F., Sabbatini, A., Birarda, G., Costanzi, E., De Giudici, G., Galeazzi, R., Medas, D., Mobbili, G., Ricciutelli, M., Ruello, M. L., Vaccari, L., & Negri, A. (2020). Cigarette butts, a threat for marine environments: Lessons from benthic foraminifera (Protista). *Marine Environmental Research*, 162.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105150>
- Gooday, A. J., Kitazato, H., Hori, S., & Toyofuku, T. (2001). Monothalamous soft-shelled foraminifera at an Abyssai site in the North Pacific: A preliminary report. *Journal of Oceanography*, 57(3), 377–384. <https://doi.org/10.1023/A:1012447015771>
- Gooday, A. J., Anikeeva, O. V., & Pawlowski, J. (2011). New genera and species of monothalamous Foraminifera from Balaclava and Kazach'ya Bays (Crimean Peninsula, Black Sea). *Marine Biodiversity*, 41(4), 481–494. <https://doi.org/10.1007/s12526-010-0075-7>

- Gooday, A. J., Anikeeva, O. V., & Sergeeva, N. G. (2006). *Tinogullmia lukyanovae* sp. nov. - A monothalamous, organic-walled foraminiferan from the coastal Black Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86(1), 43–49.
<https://doi.org/10.1017/S0025315406012847>
- Gooday, A. J., & Bowser, S. S. (2005). The second species of *Gromia* (protista) from the deep sea: Its natural history and association with the pakistan margin oxygen minimum zone. *Protist*, 156(1), 113–126.
<https://doi.org/10.1016/j.protis.2004.11.002>
- Gooday, A. J., Bowser, S. S., Cedhagen, T., Cornelius, N., Hald, M., Korsun, S., & Pawlowski, J. (2005). Monothalamous foraminiferans and gromiids (Protista) from western Svalbard: A preliminary survey. *Marine Biology Research*, 1(4), 290–312.
<https://doi.org/10.1080/17451000510019150>
- Gooday, A. J., Holzmann, M., Goetz, E., Cedhagen, T., Korsun, S., & Pawlowski, J. (2021). Three new species of *Gromia* (Protista, Rhizaria) from western Greenland fjords. *Polar Biology*, 44(6), 1037–1053.
<https://doi.org/10.1007/s00300-021-02858-9>

- Gooday, A. J., Holzmann, M., Guiard, J., Cornelius, N., & Pawlowski, J. (2004). A new monothalamous foraminiferan from 1000 to 6300 m water depth in the Weddell Sea: Morphological and molecular characterisation. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(14–16), 1603–1616.
<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.06.025>
- Gooday, A. J., Holzmann, M., Majewski, W., & Pawlowski, J. (2022). New species of *Gromia* (Protista, Rhizaria) from South Georgia and the Falkland Islands. *Polar Biology*, 45(4), 647–666.
<https://doi.org/10.1007/s00300-022-03017-4>
- Gooday, A. J., Hori, S., Todo, Y., Okamoto, T., Kitazato, H., & Sabbatini, A. (2004). Soft-walled, monothalamous benthic foraminiferans in the Pacific, Indian and Atlantic Oceans: Aspects of biodiversity and biogeography. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 51(1), 33–53.
<https://doi.org/10.1016/j.dsr.2003.07.002>
- Gooday, A. J., Kamenskaya, O. E., & Soltwedel, T. (2013). Basal foraminifera and gromiids (Protista) at the Håkon-Mosby Mud Volcano (Barents Sea slope). *Marine Biodiversity*, 43(3), 205–225.
<https://doi.org/10.1007/s12526-013-0148-5>

- Gooday, A. J., Schoenle, A., Dolan, J. R., & Arndt, H. (2020). Protist diversity and function in the dark ocean – Challenging the paradigms of deep-sea ecology with special emphasis on foraminiferans and naked protists. *European Journal of Protistology*, 75, 125721.
<https://doi.org/10.1016/j.ejop.2020.125721>
- Larkin, K. E., & Gooday, A. J. (n.d.). *Soft-shelled monothalamous foraminifera at an intertidal site on the south coast of England*. *Journal of Micropalaeontology*, 23: 135–137. 0262-821X/04 \$15.00 _ 2004
The Micropalaeontological Society.
- Majewski, W., Lecroq, B., Sinniger, F., & Pawłowski, J. (2007). Monothalamous foraminifera from Admiralty Bay, King George Island, West Antarctica. *Polish Polar Research*, 28(3), 187–210.
- Majewski, W., Pawłowski, J., & Zajaczkowski, M. (2005). Monothalamous foraminifera from West Spitsbergen fjords, Svalbard: A brief overview. In *Polish Polar Research* (Vol. 26, Issue 4, pp. 269–285).

- Ohkawara, N., Kitazato, H., Uematsu, K., & Gooday, A. J. (2009). A minute new species of *Saccammina* (monothalamous Foraminifera; Protista) from the abyssal Pacific. *Journal of Micropalaeontology*, 28(2), 143–151.
<https://doi.org/10.1144/jm.28.2.143>
- Pavel, A. B., Menabit, S., & Pop, I. C. (2021). New records of soft-shelled monothalamous Foraminifera and gromiids on the Romanian Black Sea shelf. *Biologia*, 76(8), 2241–2251.
<https://doi.org/10.1007/s11756-021-00708-x>
- Pawlowski, J., Fahrni, J. F., Guiard, J., Conlan, K., Hardecker, J., Habura, A., & Bowser, S. S. (2005). Allogromiid foraminifera and gromiids from under the Ross Ice Shelf: Morphological and molecular diversity. *Polar Biology*, 28(7), 514–522.
<https://doi.org/10.1007/s00300-005-0717-6>
- Sabbatini, A., Bazzaro, M., Caridi, F., De Vittor, C., Esposito, V., Lucchi, R. G., Negri, A., & Morigi, C. (2023). Benthic Foraminifera and Productivity Regimes in the Kveithola Trough (Barents Sea) - Ecological Implications in a Changing Arctic and Actuopaleontological Meaning. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2).
<https://doi.org/10.3390/jmse11020237>

- Sabbatini, A., Bonatto, S., Bianchelli, S., Pusceddu, A., Danovaro, R., & Negri, A. (2012). Foraminiferal assemblages and trophic state in coastal sediments of the Adriatic Sea. *Journal of Marine Systems*, 105–108. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.07.009>
- Sabbatini, A., Nardelli, M. P., Morigi, C., & Negri, A. (2013). Contribution of soft-shelled monothalamous taxa to foraminiferal assemblages in the Adriatic Sea. *Acta Protozoologica*, 52(3), 181–192. <https://doi.org/10.4467/16890027AP.13.0016.1113>
- Sabbatini, A., Negri, A., Bartolini, A., Morigi, C., Boudouma, O., Dinelli, E., Florindo, F., Galeazzi, R., Holzmann, M., Lurcock, P. C., Massaccesi, L., Pawlowski, J., & Rocchi, S. (2016). Selective zircon accumulation in a new benthic foraminifer, *Psammophaga zirconia*, sp. nov. *Geobiology*, 14(4), 404–416. <https://doi.org/10.1111/gbi.12179>
- Sergeeva, N. G., & Anikeeva, O. V. (2020). New black sea monothalamous foraminifera from the genus *Nemogullmia* Nyholm, 1953 (Allogromiida: Shephardellinae). *Invertebrate Zoology*, 17(2), 176–188. <https://doi.org/10.15298/invertzool.17.2.07>

- Sergeeva, N. G., & Anikeeva, O. V. (2021). *Vellaria solenta* (Monothalamea: Allogromiidae) — new species of soft-walled foraminifera from sivash bay (the sea of azov). *Invertebrate Zoology*, *18*(2), 152–158. <https://doi.org/10.15298/invertzool.18.2.06>
- Sergeeva, N. G., Anikeeva, O. V., & Gooday, A. J. (2010). Soft-shelled, monothalamous foraminifera from the oxic/anoxic interface (NW Black Sea). *Micropaleontology*, *56*(3–4), 393–407. <https://doi.org/10.47894/mpal.56.3.09>
- Siemensma, F., Holzmann, M., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Clauß, S., Voelcker, E., Bettighofer, W., Roshan, S. K., Walden, S., Dumack, K., & Pawlowski, J. (2021). Broad sampling of monothalamids (Rhizaria, Foraminifera) gives further insight into diversity of non-marine Foraminifera. *European Journal of Protistology*, *77*. <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2020.125744>
- Voltski, I., Gooday, A. J., & Pawlowski, J. (2018). Eyes of the Deep-sea Floor: The Integrative Taxonomy of the Foraminiferal Genus *Vanhoeffenella*. *Protist*, *169*(2), 235–267. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2017.11.00>

7. RINGRAZIAMENTI

Grazie Anastasia per non aver mai mollato nonostante tutti i periodi bui che hai attraversato. Sei sempre andata avanti con determinazione e sei riuscita a raggiungere il tuo obiettivo. Spero che questo traguardo rappresenti un punto di ripartenza e rinascita.

Grazie a te mamma perché senza di te ora non sarei qui. Grazie per aver capito i miei silenzi e per aver sopportato i miei sbalzi d'umore. Mi hai sempre sostenuta e non mi hai mai lasciata sola. Se ho raggiunto questo traguardo è anche grazie a te.

Grazie a te figlio mio per avermi capita quando ho fatto più la studentessa che la mamma, sei un bimbo maturo e spero che tu sia fiero di me.

Grazie a te Vale (Signò) per esserci stata sempre, per avermi aiutata ogni volta che ne avevo bisogno. Sei una cara amica!!

Grazie a te Mari per il tuo ottimismo, senza di te in tante occasioni non sarei stata così determinata.

Grazie a te Giuseppe, per me non sei solo un cugino ma un fratello. Sei stato sempre disponibile a darmi una mano e grazie a te ho imparato tante cose nuove.

Grazie a tutte le persone che mi sono sempre state vicine, non solo in questo percorso di studi ma anche nella vita perché senza di voi non so se sarei riuscita a raggiungere il mio obiettivo.

Grazie anche a chi non ha creduto in me, a chi ha cercato di ostacolarmi e non ha mai voluto la mia felicità.