

CINECA

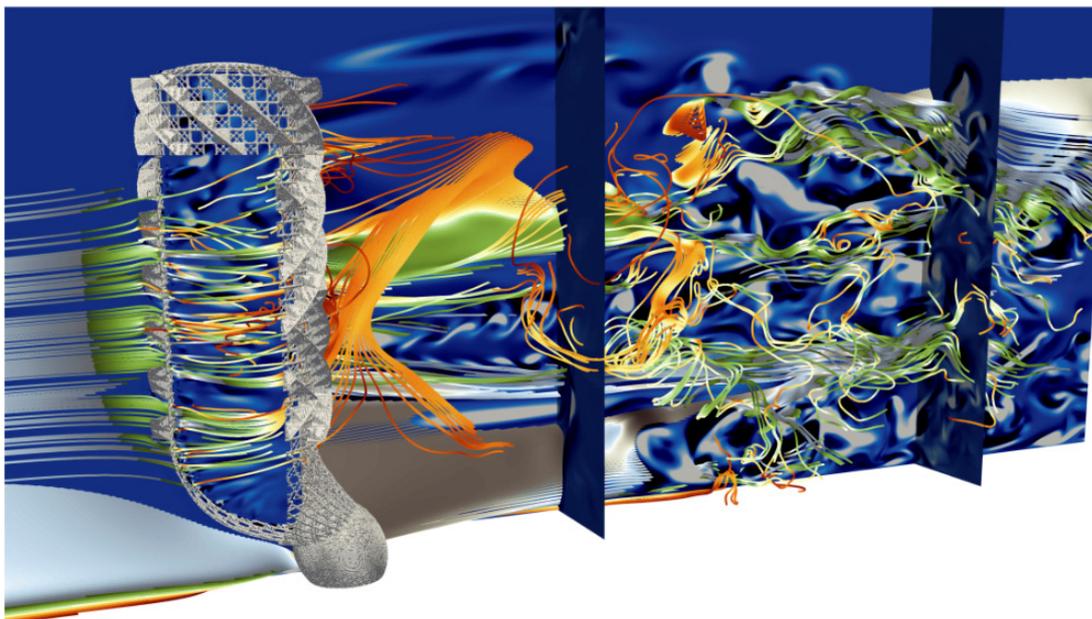


Comunicato stampa

SOTTO EMBARGO FINO ALLE ORE 17:00 (ORA ITALIANA) DEL 21 LUGLIO 2021

SPUGNE DI VETRO, UNA RICERCA SU “NATURE” NE SVELA IMPORTANTI PROPRIETÀ PER LA PROGETTAZIONE DI NAVI, GRATTACIELI E AEREI DEL FUTURO

LE SPUGNE DI PROFONDITÀ, CAPACI DI RESISTERE ALLE FORZE IDRODINAMICHE DEGLI ABISSI OCEANICI, MODIFICANO I FLUSSI A LORO VANTAGGIO SIA DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE CHE BIOLOGICO-EVOLUTIVO.



Un gruppo di ricerca internazionale alla frontiera fra Ingegneria, Biologia e Fisica, coordinato dall'Università di Roma "Tor Vergata", fa luce su come la particolare

struttura dell'Euplectella aspergillum, una spugna marina che vive negli abissi oceanici, interagisce con l'acqua di mare nella quale è immersa e influenzi l'idrodinamica a proprio vantaggio. Pochi gli studi finora in questo campo che indagano come le strutture bio-scheletriche della spugna possano essere alla base dell'ottimizzazione della fisica del flusso, sia all'interno che all'esterno dell'organismo. La ricerca, pubblicata sulla prestigiosa rivista "Nature", è stata possibile grazie all'utilizzo del supercomputer "MARCONI100" del CINECA che, basandosi su metodi di fluidodinamica computazionale, ha permesso la prima simulazione in assoluto dell'intera spugna di profondità. Lo studio presenta diverse possibili implicazioni per la progettazione di numerose strutture meccaniche: dai grattacieli alle navi, alle fusoliere degli aeroplani.

Roma, 21 luglio 2021 - L'*Euplectella aspergillum* è una spugna marina molto particolare nota come "Cestello di Venere", che presenta notevoli proprietà strutturali. Una delle particolarità più studiate dai ricercatori è la sua composizione: fibre realizzate in silicio che la spugna estrae sotto forma di acido silicico dall'acqua di mare, trasformandolo in sottilissime fibre di vetro. Da qui il loro appellativo comunemente usato di "spugne di vetro".

A prima vista la sua struttura potrebbe sembrare estremamente distante dalle strutture progettate dall'uomo ma le intuizioni su come il reticolo di fori e creste dell'organismo influenzi l'idrodinamica dell'acqua di mare in cui la spugna è immersa potrebbero portare a progetti avanzati per edifici, ponti, veicoli marini e aerei, e a tutto ciò che deve rispondere alle forze imposte dal flusso di aria o acqua garantendo la sicurezza della struttura.

Seguendo queste intuizioni i ricercatori dell'**Università di Roma "Tor Vergata"**, dell'**Istituto Italiano di Tecnologia**, dell'**Università della Tuscia**, della **Tandon School of Engineering della New York University** e dell'**University of Western Australia**, con il supporto del **Consorzio universitario italiano CINECA**, hanno indagato il ruolo dei flussi nell'adattamento del "Cestello di Venere" che vive negli abissi.

La particolarità dello studio, appena pubblicato sulla rivista "**Nature**" con il titolo "**Extreme flow simulations reveal skeletal adaptations of deep-sea sponges**", è data dal fatto che la ricerca si è concentrata più sugli aspetti idrodinamici della spugna marina che sulla sua resistenza strutturale, come invece è avvenuto in passato.

La ricerca multidisciplinare, coordinata da **Giacomo Falcucci** dell'**Università di Roma "Tor Vergata"** insieme a **Sauro Succi** dell'**Istituto Italiano di Tecnologia** e **Maurizio**

Porfiri della Tandon School of Engineering della New York University, è frutto di una collaborazione strutturata su tre continenti (Australia, Europa, Stati Uniti) e si colloca alle frontiere della Fisica, della Biologia e dell'Ingegneria. Supportata dal **CINECA** con il **programma ISCRA** (Giacomo Falcucci, Roma "Tor Vergata"), la ricerca è stata inoltre finanziata dai **progetti PRIN** (Giacomo Falcucci, Roma "Tor Vergata"), dalla **Forrest Research Foundation** (Giovanni Polverino, University of Western Australia), dalla **U.S. National Science Foundation** (Maurizio Porfiri, New York University) e dall'**European Research Council** nell'ambito del programma **Horizon 2020 – ERC Advanced Grant** (Sauro Succi, IIT).

«Questo organismo è stato studiato molto da un punto di vista meccanico a causa della sua straordinaria resistenza strutturale, nonostante la sua composizione silicea», afferma Giacomo Falcucci, dell'**Università di Roma "Tor Vergata"** con una seconda affiliazione presso l'Università di Harvard e primo autore della ricerca. «Abbiamo potuto approfondire aspetti dell'idrodinamica e compreso come la geometria della spugna offra una risposta funzionale al passaggio delle correnti marine per produrre qualcosa di speciale rispetto all'interazione con l'acqua».

Lo studio ha rivelato una profonda connessione tra la struttura e l'ecologia funzionale della spugna, facendo luce sulla capacità del "Cestello di Venere" di resistere alle forze idrodinamiche dell'oceano e sulla sua capacità di dare origine a vortici ricchi di sostanze nutritive all'interno del "cesto" della cavità corporea. I ricercatori hanno impiegato risorse di supercalcolo e sofisticate metodologie numeriche per ottenere una comprensione più approfondita di queste interazioni, creando **la prima simulazione in assoluto dell'intera spugna di profondità e di come essa risponda e influenzi il flusso dell'acqua vicina.**

«Esplorando il flusso all'interno e all'esterno della cavità corporea della spugna, abbiamo scoperto come essa si sia adattata all'ambiente circostante. Non solo la struttura della spugna contribuisce a ridurre la resistenza, ma facilita anche la creazione di vortici a bassa velocità all'interno della cavità corporea che vengono utilizzati per l'alimentazione e la riproduzione», aggiunge Maurizio Porfiri, esperto di dinamica dei sistemi complessi della **Tandon School of Engineering della New York University**, coautore dello studio.

La struttura della *Euplectella aspergillum*, riprodotta in Italia da **Pierluigi Fanelli** dell'**Università della Tuscia**, ricorda un delicato vaso di vetro a forma di tubo cilindrico a parete sottile con un grande atrio centrale, composto da spicole silicee. Le spicole sono composte da tre raggi perpendicolari, che danno loro una forma a sei punte. Le spicole microscopiche "tessono" insieme una maglia molto fitta, che conferisce al

corpo della spugna una rigidità non riscontrata in altre specie di spugne e consente loro di sopravvivere a grandi profondità nell'oceano.

Per capire come sopravvivono nel loro ambiente le spugne "Cestello di Venere", il team di ricerca internazionale ha utilizzato il **supercomputer "MARCONI100"** presso il **CINECA**, in Italia, in grado di svolgere simulazioni basate su miliardi di punti di calcolo e di produrre dati in quattro dimensioni, tre spaziali più una temporale.

I ricercatori hanno impiegato un codice di calcolo speciale sviluppato da **Giorgio Amati** del **Dipartimento HPC del CINECA di Roma**. Il software ha consentito di svolgere super-simulazioni basate sul metodo Lattice Boltzmann, una classe di metodi di fluidodinamica computazionale per sistemi complessi che rappresenta il fluido come un insieme di particelle e tiene traccia del comportamento di ciascuna di esse.

Gli **esperimenti "in silico"**, ossia condotti tramite sofisticate simulazioni al computer, **hanno riprodotto le condizioni idrodinamiche del fondale marino dove vive la spugna di vetro** attraverso quasi 100 miliardi di particelle fluide. I risultati elaborati da **Vesselin K. Krastev** presso l'**Università di Roma "Tor Vergata"** hanno permesso ai ricercatori di esplorare come l'organizzazione di fori e creste nella spugna migliori la sua capacità di ridurre le forze applicate dall'acqua di mare - un quesito di ingegneria meccanica formulato da Giacomo Falucci e Sauro Succi - e come la sua struttura influenzi la dinamica del flusso all'interno della cavità del corpo della spugna, ottimizzando sia la filtrazione selettiva dei nutrienti sia l'incontro dei gameti per la riproduzione sessuale - un quesito di natura biologica formulato da Maurizio Porfiri e da **Giovanni Polverino**, biologo presso il **Centro di Biologia Evolutiva dell'University of Western Australia** a Perth ed esperto di adattamenti ecologici negli organismi acquatici.

«Questo lavoro è un'applicazione esemplare della **fluidodinamica computazionale**, in generale, e del **metodo Lattice Boltzmann**, in particolare», afferma Sauro Succi, riconosciuto a livello internazionale come uno dei fondatori del metodo Lattice Boltzmann. «L'accuratezza e la flessibilità del metodo, combinata con l'accesso a uno dei migliori supercomputer al mondo, ci ha permesso di eseguire calcoli di livello mai tentati prima in questo campo, che fanno luce sul ruolo dei flussi nell'adattamento degli organismi che vivono negli abissi».

La ricerca, che indaga il ruolo della geometria della spugna relativamente alla sua risposta al fluido circostante, potrà avere notevoli implicazioni per la progettazione ingegneristica del futuro, da nuove strutture a bassa resistenza per la realizzazione di navi e fusoliere di aeroplani, fino ad arrivare a innovativi grattacieli, più alti e più snelli di quelli attuali.

«Ci sarà meno resistenza aerodinamica sui grattacieli costruiti con un simile reticolo di creste e fenestrature? La distribuzione delle forze applicate risulterà ottimizzata? Rispondere a queste e ad altre domande è un obiettivo chiave del nostro gruppo di ricerca», dichiara Giacomo Falcucci.

Gli autori della ricerca:

- Giacomo Falcucci, Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini" – **Università di Roma "Tor Vergata"**; Dipartimento di Fisica - **Università di Harvard, Cambridge (MA)**
- Giorgio Amati, Dipartimento HPC del **CINECA** di Roma
- Pierluigi Fanelli, DEIM - Ingegneria - **Università della Tuscia**
- Vesselin K. Krastev, Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini" - **Università di Roma "Tor Vergata"**
- Giovanni Polverino, Centro di Biologia Evolutiva, Istituto di Scienze Biologiche - **University of Western Australia**
- Maurizio Porfiri, Istituto Tandon di Ingegneria - **New York University**
- Sauro Succi, **Istituto Italiano di Tecnologia; Istituto per le Applicazioni del Calcolo - CNR**; Dipartimento di Fisica - **Università di Harvard, Cambridge (MA)**

Didascalia immagine:

Figura 1 - Campo idrodinamico dentro e fuori la struttura della spugna di profondità *Euplectella aspergillum*. Il campo è stato ricostruito utilizzando i super-computer del CINECA. Un particolare metodo cinetico e avanzati codici di calcolo hanno permesso di ricostruire fedelmente le condizioni di vita delle spugne di profondità, mettendo in luce le loro particolari proprietà non solo strutturali, ma anche fluidodinamiche. *Photo credit:* G., Falcucci, Università degli studi di Roma "Tor Vergata".

Ufficio Stampa Ateneo
Università Roma "Tor Vergata"
06.72592709 -2059 -3314
Pamela Pergolini +39 320.4375681
ufficio.stampa@uniroma2.it