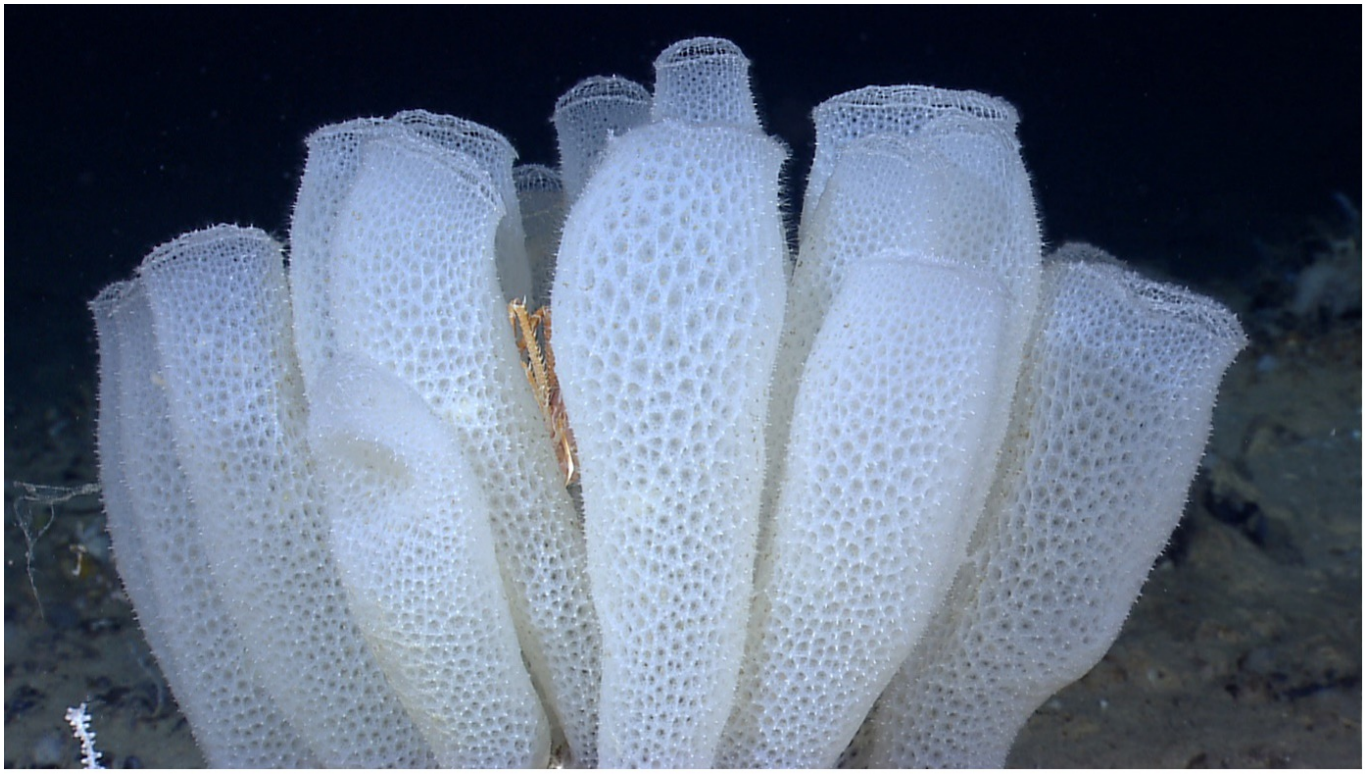
Het geheim van de glasspons

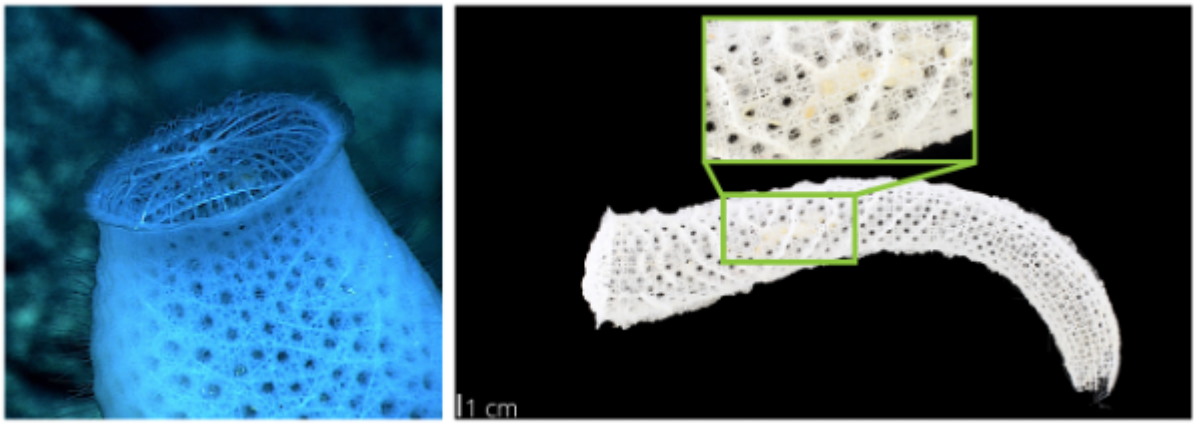
Zeesponzen zijn misschien niet de meest opvallende dieren, maar ze zijn heel bijzonder. Het zijn dieren, maar ze hebben geen mond, ledematen, hart- en vaatstelsel, ademhalingsstelsel of spijsvertering. Zeesponzen lijken dus veel meer op planten dan op dieren, maar ze kunnen geen gebruik maken van fotosynthese om zichzelf van voedingsstoffen te voorzien. Hoe lukt het deze dieren dan om in leven te blijven? Deze bijzondere wezens kunnen zichzelf in stand houden door water door zich heen te laten stromen en vervolgens alle benodigde voedingsstoffen eruit te filteren.



Afbeelding 1. Een verzameling glassponzen. Afbeelding gemaakt door NOAA Okeanos Explorer Program, Gulf of Mexico 2012 Expedition.

Er is een specifiek soort spons dat bijzonder interessant is: het **venusmandje** (*Euplectella aspergillum*) – zie afbeelding 1. Deze spons behoort tot een specifieke klasse sponzen

genaamd *glassponzen* die in de diepzee voorkomen, tussen 400m en 900m diep. Glassponzen zijn extreem oude organismen: de oudste fossiele resten van deze organismen zijn ongeveer 542 miljoen jaar oud. Ook is het oudste levende organisme op aarde een glasspons, met een leeftijd van maar liefst 9000 jaar. De levensverwachting van deze sponzen is zelfs geschat op 15000 jaar. Wat venusmandjes extra speciaal maakt, is hun structuur. Venusmandjes hebben een zeer complex skelet dat bestaat uit silica nanostructuren genaamd *spicula* die gefuseerd zijn tot één geheel. De sponzen zien eruit als een grote vaas met een opening aan de bovenkant die *osculum* heet. Het skelet heeft een open structuur die vergelijkbaar is met kantpatronen, wat het mogelijk maakt dat water door het lichaam van de spons kan vloeien – zie afbeelding 2.

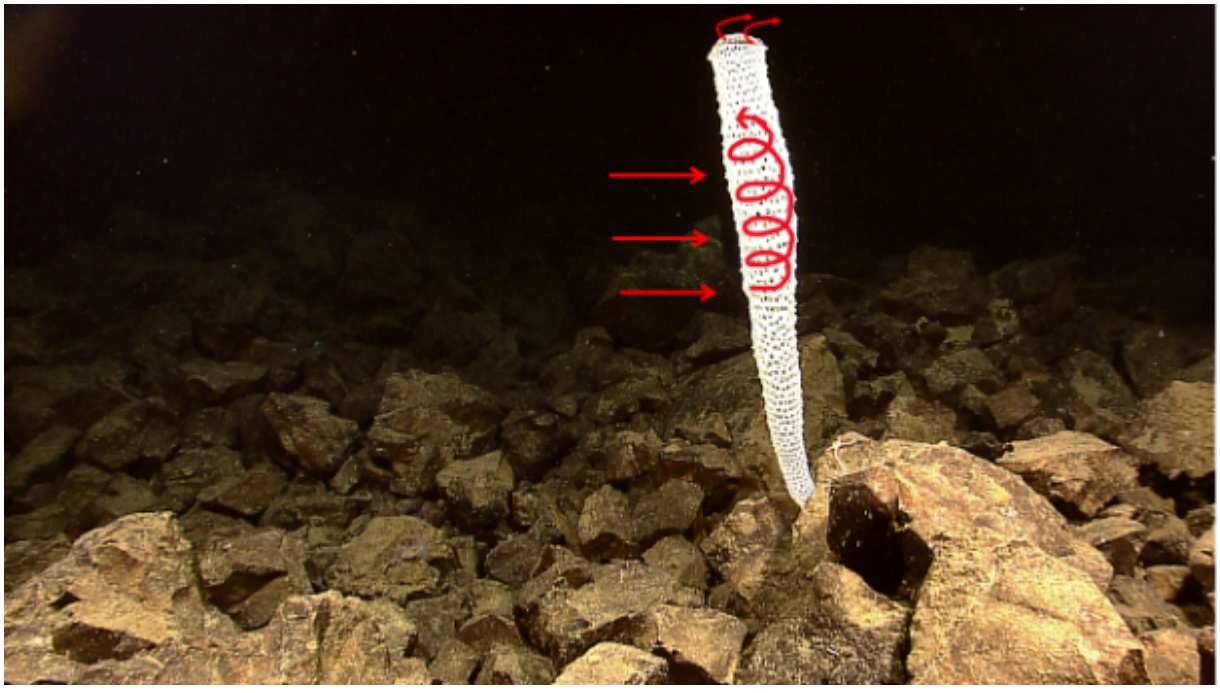


Afbeelding 2. Structuur van een venusmandje. Links is de structuur van het osculum (de bovenkant van de spons) te zien. Rechts is de hele spons te zien, en een close-up van de kant-achtige structuur van het lichaam. Er is zelfs een garnaal zichtbaar die in de spons terecht is gekomen. Afbeelding links gemaakt door NOAA Office of Ocean Exploration and Research, 2015 Hohonu Moana; afbeelding rechts gemaakt door Jaleigh Q. Pier.

Om zichzelf te kunnen voeden, moeten venusmandjes de vele voedingsstoffen die in het zeewater opgelost zitten uit hun omgeving filteren. Hiervoor moet het water door de hele binnenkant van de spons stromen. Als water gewoon dwars door de spons heen gaat, is er niet lang genoeg contact om goed te kunnen filteren. Venusmandjes zorgen er dus voor dat het water in hun lengterichting stroomt. Het was echter altijd onduidelijk of venusmandjes water door hun lichaam laten stromen door het actief door hun lichaam te pompen, wat veel energie kost, of dat het proces volledig passief is.

Giacomo Falcucci en zijn team van University of Rome Tor Vergata en NYU Tandon School of Engineering hebben dit onderzocht door een extreem gedetailleerd computermodel te maken van een venusmandje [1]. Met dit model hebben de wetenschappers onderzocht of de structuur van de spons stroming in het lichaam teweeg kan brengen, zonder dat actief pompen nodig is. Het uiteindelijke computermodel was zo complex dat het op een supercomputer gerund moest worden om de complexe structuur van de spons goed te kunnen simuleren. Het was bovendien niet mogelijk om dit onderzoek met levende venusmandjes te doen, aangezien glassponzen niet kunnen overleven buiten de diepzee en de dieren in hun natuurlijk habitat bestuderen extreem uitdagend is.

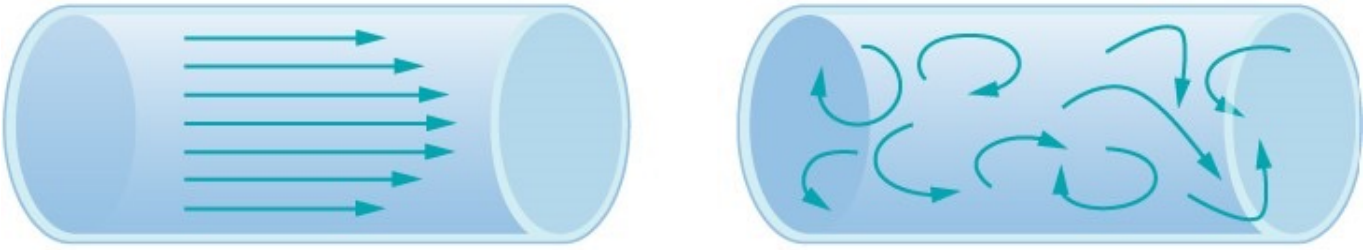
Uit de simulaties blijkt dat de structuur van de spons ervoor zorgt dat water dat de spons in komt vanzelf door het hele lichaam naar het osculum – de opening aan de bovenkant van de spons – wordt geleid, zie afbeelding 3. Als gevolg daarvan kan de spons voedingsstoffen uit de omgeving filteren zonder veel energie te verbruiken, aangezien pompen niet per se nodig lijkt te zijn. Het lage energieverbruik dat de sponzen zo lijken te hebben, kan mogelijk bijdragen aan het feit dat deze dieren zo ontzettend lang kunnen leven.



Afbeelding 3. Stroming door een venusmandje. Water komt langs de zijkant het venusmandje in. Door de complexe structuur van het skelet ontstaat er een stroom langs het hele lichaam in de richting van het osculum, waar het water de spons weer uit stroomt. Door de stroming van water door het hele lichaam, kan de spons voedingsstoffen die opgelost zitten in het water eruit filteren. Afbeelding

gemaakt door NOAA Okeanos Explorer Program, Galapagos Rift Expedition 2011 (aangepast).

Tijdens hun simulaties hebben Falcucci *et al*. ook gekeken naar de invloed die verschillende waarden van het getal van Reynolds, *Re*, hebben op de stroming van water door de spons heen. De onderzoekers passen *Re* aan in de simulaties door de snelheid van het stromende water in de omgeving aan te passen. Hoe groter de snelheid, des te groter het getal van Reynolds. Een grote waarde van *Re* geeft aan dat de stroming turbulent is en een kleine waarde duidt op een zogeheten laminaire stroming – zie afbeelding 4. In het onderzoek van Falcucci *et al. w*ordt het effect bestudeerd van $5 \leq Re \leq 5000$. Laminaire stroming treedt in dit geval op als $Re < 2300$, en hoe groter het getal van Reynolds, hoe minder laminair de stroming en ook hoe sterker de stroming is. Uit de simulaties met deze verschillende waarden komt iets bijzonders. Men zou verwachten dat grotere waardes van *Re* ertoe zouden leiden dat er water beter door de spons stroomt, aangezien de stroming in de omgeving dan sterker is, maar het lijkt erop dat lagere waardes van *Re* juist voordelig zijn voor venusmandjes. De hoogste waardes van het getal van Reynolds zorgen zelfs voor dat er minder water door de spons heen stroomt dan bij lagere waardes van het getal. Er is een optimum bij waardes $Re \sim 100$. Bij deze waardes draagt de hele structuur van de spons bij aan het creëeren van stroming in de spons. Bij lagere en vooral bij hogere waardes van *Re* dragen steeds minder onderdelen van de spons bij aan de stroming. Bij bijvoorbeeld $Re = 2000$ moet water door de bovenste helft van de spons binnenstromen om een stroom naar het *osculum* te veroorzaken. Als water door de onderste helft van de spons naar binnen stroomt, wordt er weinig tot geen stroming door het lichaam teweeg gebracht; het water gaat dan dwars door de spons heen. Dit wijst op een bijzondere aanpassing van de spons, die ervoor zorgt dat passieve ventilatie beter werkt als de stroming minder sterk is en het dus lastiger is om voedingsstoffen uit de omgeving op te nemen.



Afbeelding 4. Laminaire en turbulente stroming. Schematische weergave van laminaire vloeistofstroming (links) en turbulente vloeistofstroming (rechts).

Al met al wijzen alle resultaten erop dat het venusmandje weinig tot geen gebruik hoeft te maken van een pompmechanisme om zichzelf van voedingsstoffen te kunnen voorzien. Uit dit onderzoek kan echter niet geconcludeerd worden dat venusmandjes helemaal geen gebruik maken van een actief pompmechanisme. Uit andere onderzoeken blijkt dat andere soorten glassponzen wel degelijk water actief moeten pompen en dat ze daar zelfs een aanzienlijk percentage van hun energie voor gebruiken [2]. Wat heel goed mogelijk is, is dat venusmandjes zichzelf zodanig hebben aangepast aan hun leefomgeving, dat deze soort spons veel minder gebruik hoeft te maken van pompen. Venusmandjes leven namelijk veel dieper dan andere soorten glassponzen, en op zulke dieptes zijn de stromingen vaak zwakker, waardoor pompen meer energie zou kosten. Door gebruik te maken van een complexe skeletstructuur die waterstroming door het lichaam optimaliseert bij zwakke stromingen, zorgen venusmandjes er dus voor dat hun energieverbruik veel efficiënter is. Ook zijn venusmandjes solitair, in tegenstelling tot andere soorten sponzen, die in sociale structuren voorkomen. Aangezien de aanwezigheid van buren de stroming om een spons heen beïnvloedt, heeft de evolutie mogelijk invloed gehad op de manier waarop water in en door de verschillende soorten sponzen stroomt.

Al met al is het venusmandje een fantastisch staaltje natuurlijke engineering. Deze dieren zijn compleet aangepast aan hun leefomgeving door zo min mogelijk energie te verbruiken en zo in de meest onherbergzame gebieden van de wereld te kunnen overleven. De ontwerpprincipes die gedestilleerd kunnen worden uit het ontwerp van het venusmandje, kunnen gebruikt worden als inspiratie voor onze eigen technologie. Zo zou men reactoren efficiënter kunnen maken door het stromingspatroon aan de binnenkant te optimaliseren, terwijl de weerstand aan de buitenkant geminimaliseerd wordt. Een poreuze en rigide structuur gebaseerd op venusmandjes zou ook gebruikt kunnen worden om ventilatiesystemen in gebouwen te verbeteren. We kunnen nog zo veel leren van de natuur – zelfs van de meest onopvallende dieren.

Referenties

[1] G. Falcucci et al., “Adapting to the abyss: Passive ventilation in the deep-sea glass sponge Euplectella aspergillum,” Phys. Rev. Lett. 132, 208402 (2024).

[2] S. P. Leys et al., “The sponge pump: The role of current induced flow in the design of the

sponge body plan," PLoS ONE 6 (2011).