

Lysorganer hos haier

Nicolas Straube og Jérôme Mallefet

Nicolas Straube (f. 1980) har doktorgrad i systematisk zoologi fra Ludwig-Maximilians Universitet i München, Tyskland (2011). Han har jobbet på flere prosjekter som handler om fiskenes evolusjon. Straubes forskningsfokus er haier som lever i dyphavet, og deres evolusjon. I dette arbeidet bruker han gjerne molekylære metoder og studerer fossiler. Nicolas Straube ble ansatt som kurator for fiskesamlingen ved Universitetsmuseet i Bergen i 2019.

Jérôme Mallefet (f. 1960) har doktorgrad i dyrefysiologi fra Université catholique de Louvain i Belgia (1988). Han jobber som forskningsstipendiat (Fonds de la Recherche Scientifique) og professor ved UCLouvain i Belgia. Han studerer først og fremst marin bioluminescens hos fisker og sjøstjerner, og etablerte nylig en forskningsgruppe som ser spesielt på lysproduksjon hos haier.

Bioluminescens, at levende organismer er i stand til å produsere lys, er kanskje ikke den egenskapen som du først tenker på når det gjelder haiene. Lysorganer har imidlertid utviklet seg i flere marine dyregrupper. Hoveddelen av kunnskapen om bioluminescens hos hai kommer fra en ganske vanlig art i norske farvann, nemlig svarthåen *Etmopterus spinax*. Haienes lysorganer er unike i dyreriket, og har ulike funksjoner knyttet til kamuflasje og signalisering.

Haier er blant de eldste levende *virveldyrene*, det vil si dyr med ryggrad, slik som oss mennesker. Mange av hai-artene som lever i dag, er kjent så langt tilbake i tid som nedre Jura, for omtrent 200 millioner år siden. Selv om haier stort sett er kjent som heftige rovdyr, er de fleste av de 545 artene som er kjent i dag, ufarlige for oss. Mange viser imidlertid bemerkelsesverdige trekk som gjenspeiler tilpasninger til byttedyrene eller andre økologiske faktorer.

Haienes evne til å erstatte tennene etter hvert som de slites gjennom hele livet, er godt kjent blant fiskebiologer. Tennene er alltid tilpasset maten fiskene spiser, og haitennene er gode verktøy for å fange og skjære byttedyr.

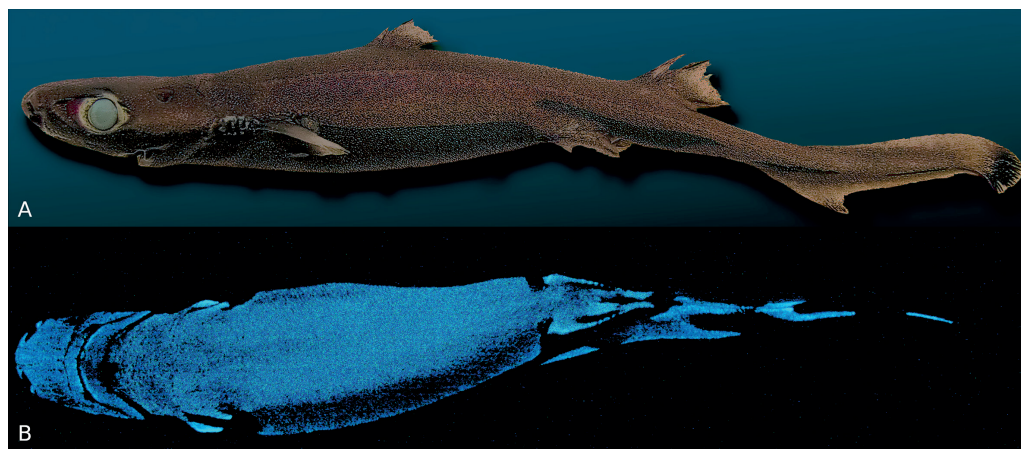
En annen bemerkelsesverdig egenskap, er hvordan huden til haiene er bygget opp. Den er fullstendig dekket med små tannlignende strukturer (placoid skjell). Avhengig av en hais levevis, ligger disse sidelengs som takstein for å redusere motstanden når fisken svømmer gjennom vannet, eller de formes til små pigger som vern mot parasittangrep.

Biologisk lys

En egenskap som mange ikke tenker på når det gjelder haier, er *bioluminescens*. I biologien er bioluminescens definert som en organismes evne til å avgi lys. I de fleste tilfeller skjer dette via spesielle lysorganer, der proteiner som kalles *luciferiner*, blir delt opp ved hjelp av enzymer (såkalte luciferaser), og lys avgis da som energi fra denne kjemiske reaksjonen. Mange ulike organismer, som sopp, insekter, flerbørstemark (Polychaeta), maneter, blekksprut og fisk, har den fordel at de kan bruke dette «energiavfallet» i ulike gjøremål.

Blant fisk finnes bioluminescens hovedsakelig i dyphavet, og den kan her tjene flere ulike funksjoner. Mest grunnleggende er kanskje at den skaper en form for kamuflasje som kalles motskygge (*countershading*). For å forstå denne typen kamuflasje, må vi se på sollyset.

Når lysstrålene først treffer havoverflaten, blir de splittet opp i spekteret av ulike farger med ulike bølgelengder, akkurat som det vi ser i en regnbue. De forskjellige bølgelengdene



Figur 1. A) Svarthå *Etmopterus spinax* sett fra siden (© Jerome Mallefet).

B) En svarthå sett fra undersiden. Lysorganene som sitter på fiskens buk, sees tydelig i mørket (© Jerome Mallefet).

gjør at lyset trenger ned i havets dybder på ulikt vis.

Mens rødt lys for eksempel blir raskt absorbert i de øverste første meterne av vannsøylen, kan blått lys fortsatt ses på hele 1000 meters dyp. Dyphavet er derfor ikke alltid helt mørkt. Fiskearter som bor der, er synlige for rovdyr som ser nedenfra og oppover mot vannoverflaten. Og det er her motskygge spiller en rolle.

Tilpasset dypet

Bioluminescens brukes i organer på fiskenes bukside for å etterligne restene av sollys som kommer fra overflaten. På den måten blir silhuetten til fiskene utvisket for alle som ser på dem fra undersiden. Denne teknikken er så effektiv og nødvendig for å beskytte seg, at den har utviklet seg hos flere fiskegrupper – inkludert haiene (figur 1).

Flere haiarter er meget godt tilpasset et liv i dyphavet, og flere av dem er i stand til å lage lys selv. Fram til nå er denne egenskapen kun beskrevet i svarthåfamilien (*Etmopteridae*), en gruppe som på engelsk kalles *Kitefin Sharks* (*Dalatiidae*), samt én enkelt art i håkjerringfamilien (*Somniosidae*).

Mens de selvlysende organene både hos håkjerringer og arter i familien *Dalatiidae*, virker temmelig diffuse og for det meste assosieres med motskygge, har haiene i svarthåfamilien utviklet et mye mer komplekst system. Dette

innebærer også kommunikasjon med artsfrender.

Kroppen til disse fiskene er preget av noen markerte svarte felt som også er soner med høye konsentrasjoner av lysorganer, de såkalte *fotoforene*. Svarthåenes mageparti er for det meste svartaktig, slik at motskyggen skal fungere best mulig.

Videre har svarthåene lysorganer på halefinnene og kroppssidene. På disse delene av kroppen brukes lyset sannsynligvis til å sende signaler til andre fisker av samme art, for eksempel for at de skal kunne holde seg tett sammen i en stim. Dessverre har forskerne aldri kunnet observere denne atferden i naturen, men vi har gode indirekte bevis for at det er slik det fungerer.

Inspirasjon fra Star Wars

Forskere har nemlig, ved å sjekke netthinnene til svarthåene, sett på hvilket lys som svarthåene oppfatter best. Overraskende nok er svarthåens store øyne (figur 2) mest følsomme for lyset som sendes ut fra lysorganer på kroppssidene.

Andre signalfunksjoner er også fascinerende. Svarthåene har for eksempel en stor pigg foran ryggfinnen. Denne piggen er kraftig og spiss, et faktum som forfatterne selv har fått erfare flere ganger ved håndtering av haiene (figur 3). Piggene er dessuten transparente, eller gjennomsiktige. Hva kan årsaken være til det?



Figur 2. Nærbilde av et svarthåøye (© Nicolas Straube).

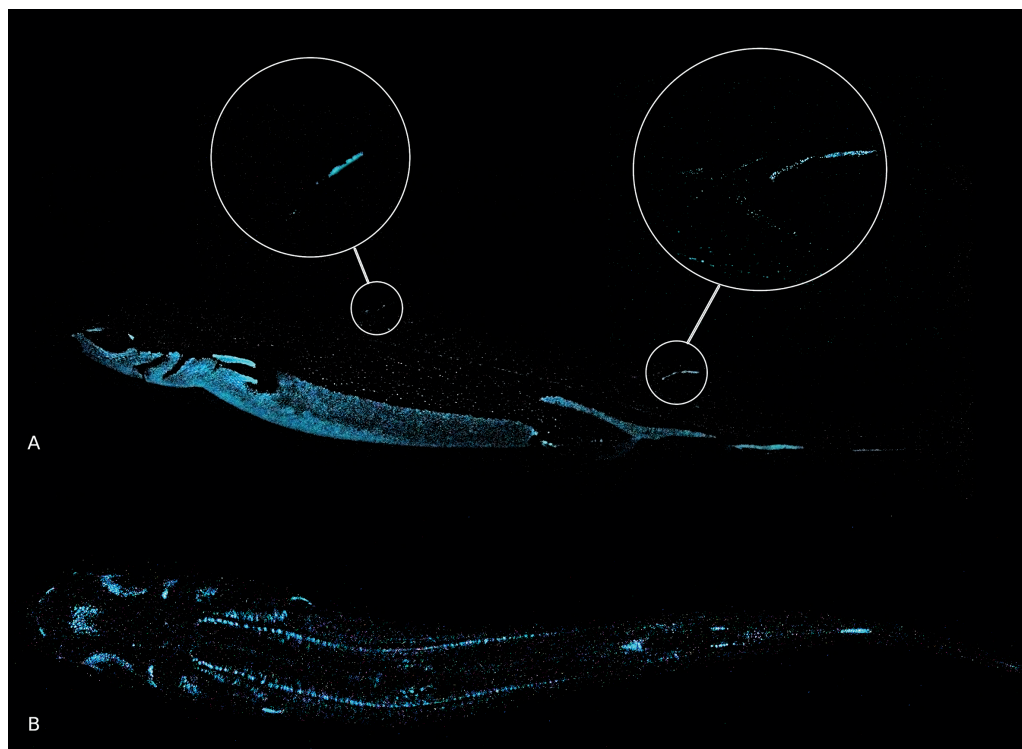
Svaret ligger i et felt med lysorganer som er konsentrert på framsiden av ryggfinnen. Disse lysorganene skinner direkte på den store piggen, noe som tolkes som en advarsel til rovdyr. De opplyste piggene kan kanskje minne om fiktive våpen i Star Wars-sagaen, noe som har ført til at enkelte forskere har kalt dem for «lys-sabler». Ryggmønstre av lysorganer, som gir

svarthåene et stripete utseende, tolkes også som advarsler til rovdyr – akkurat som de gule og svarte stripene hos veps (figur 4).

Det er ofte vanskelig å skille kjønnene på utseende hos beinfiskene. Hos haiene derimot, kan hannene lett kjennes igjen på to store kjønnsorganer som sitter rundt bekkenfinnene, de såkalte *claspers*.



Figur 3. Andre ryggfinnestråle hos svarthå (© Jérôme Mallefet).



Figur 4. Bioluminescens hos svarthå. A) Bioluminescens er godt synlig på kroppssider og hale (brukes til signalisering), så vel som på de opplyste ryggfinnekanter som er merket med hvite sirkler (© Jerome Mallefet). B) Bioluminescens på ryggsiden (fisken sett ovenfra). Lysorganene gir haien et stripe utseende som er tolket som et varselsignal til rovdyr (© Jerome Mallefet).

Fjorden som laboratorium?

I havets dype mørke kan det være vanskelig å finne en partner. Derfor er bioluminescens ofte forbundet med reproduksjonen, og behovet for å finne seg en make. Hos hanner av svarthå kompenseres de mørke omgivelsene av at fiskene ganske enkelt har belyst kjønnsorganene. Sannsynligvis gjør dette at hunnene lettere kan kjenne igjen potensielle partnere i dyphavet.

Det er verdt å merke seg at mye av forskningen på bioluminescens hos haier, har blitt utført på en art som er vanlig i Norge, nemlig svarthå *Etmopterus spinax*. Arten er kjent fra Nordøst-Atlanteren til Middelhavet, og den forekommer ganske hyppig i norske fjorder, der den også reproducerer.

Forhåpentligvis vil det være mulig å studere denne fascinerende hai-arten mer detaljert også ved direkte observasjoner i naturen. De

norske fjordene er ikke bare unike og majestetiske landskapsformasjoner. De er også preget av at flere organismer som vanligvis finnes i dyphavet, her forekommer på relativt grunt vann. Dette kan gjøre det enklere å observere fiskene direkte i sitt naturlige miljø, enn om man må gjøre det i dypet. Eksperimenter med å holde svarthå i fangenskap under kontrollerte «laboratorieforhold», har nemlig hittil mislykkes.

Vi ønsker å rette en stor takk til Terje Lislevand (Universitetsmuseet i Bergen), for norsk oversettelse av artikkelen vår.

Referanser og videre lesning

Claes JM, Aksnes DL og Mallefet J. 2010. Phantom hunter of the fjords: Camouflage by counterillumination in a shark (*Etmopterus spinax*). *Journal of Experimental Marine Bio-*

- logy and Ecology* 388: 28–32. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2010.03.009>.
- Claes JM, Dean MN, Nilsson D-E, Hart, NS og Mallefet J. 2013. A deepwater fish with 'lightsabers' – dorsal spine-associated luminescence in a counterilluminating lanternshark. *Scientific Reports* 3: 1308. Doi: <https://doi.org/10.1038/srep01308>.
- Claes JM og Mallefet J. 2008. Early development of bioluminescence suggests camouflage by counter-illumination in the velvet belly lantern shark *Etmopterus spinax* (Squaloidea: Etmopteridae). *Journal of Fish Biology* 73: 1337–1350. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02006.x>.
- Claes JM, Nilsson D-E, Mallefet J og Straube N. 2015. The presence of lateral photophores correlates with increased speciation in deep-sea bioluminescent sharks. *Royal Society Open Science* 2: 150219. Doi: <https://doi.org/10.1098/rsos.150219>.
- Claes JM, Nilsson D-E, Straube N, Collin SP og Mallefet J. 2014. Iso-luminance counterillumination drove bioluminescent shark radiation. *Scientific Reports* 4: 4328. Doi: <https://doi.org/10.1038/srep04328>.
- Straube N, Li C, Claes JM, Corrigan S og Naylor GJP. 2015. Molecular phylogeny of Squaliformes and first occurrence of bioluminescence in sharks. *BMC Evolutionary Biology* 15: 162. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12862-015-0446-6>.
- <https://shark-references.com/species/view/Etmopterus-spinax>