

Børsteorm fra familien Nereidae og hvad vi kan lære af dem

Marine invertebrater, måske med undtagelse af bløddyr og her næsten udelukkende deres skaller, tiltrækker sig forholdsvis lidt opmærksomhed blandt naturinteresserede lægfolk. Dette skyldes naturligvis først og fremmest deres utilgængelighed i forhold til terrestriske invertebrater. Ikke desto mindre er det ofte umagen værd at gøre en ekstra indsats for at stifte bekendtskab med de fascinerende organismer der findes under havoverfladen. I denne artikel vil vi se nærmere på en af de mest almindelig forekommende grupper, nemlig børsteorm fra familien Nereidae. Fokus vil især være på de to mest almindelige arter *Nereis diversicolor* (herefter kaldet almindelig børsteorm) og *Nereis virens* (herefter kaldet stor børsteorm). Disse arter er ganske velkendte blandt lystfiskere idet de og beslægtede arter bruges som madding og kan købes levende i næsten enhver forretning der forhandler fiskeri-udstyr. På verdensplan udgør salg af disse børsteorm en ganske stor industri, hvilket skyldes at de er lette at indsamle og forholdsvis nemme at opdrætte. Almindelig og stor børsteorm lever nedgravede i sand- eller mudderbund på lavt vand i fjorder og langs kyster, hvorfra de forholdsvis nemt kan indsamles, især i områder med markant tidevandsforskel. Således har forfatteren gode erfaringer med at opgrave store mængder af almindelig børsteorm under lavvandsperioder i Severn Estuary i Sydvest England (som kan have op til imponerende 9 meters forskel i vandstand mellem høj- og lavvande). I det følgende vil jeg først give en kort beskrivelse af børsteormenes biologi og derefter se nærmere på hvad vi kan lære af dem udfra et biomimetisk synspunkt.



Fig. 1. Udsigt over Severn Estuary med Severn Bridge (til Wales) i baggrunden. Billedet er taget efter indsamling af børsteorme under stigende vandstand. Foto Thomas Hesselberg.

Børsteormenes biologi

Traditionelt dækker den danske betegnelse børsteorm hele gruppen Polychaeta som udgør en undergruppe af ledormene (Annelida), men i denne artikel bruges ordet mere snævert om medlemmer af familien Nereidae. Denne er karakteriseret ved at have aktive arter med, i modsætning til de fleste annelider, veludviklede hoveder med et forholdsvis avanceret sensorial system. Dette inkluderer øjne, som dog menes kun at kunne skelne kontraster og især er sensitive overfor pludselige forskelle i lysintensitet (som f.eks. en skygge kastet af et rovdyr). De primære

sanseindtryk kommer dog fra kemiske sensorer (findes primært på antenner og på cirri – lange vedhæng på andet kropsled og vedhæng på parapodierne) og følesensorer (distribueret over hele kroppen, men med størst tæthed i antennerne og i palperne samt i det bagerste kropsled). Børsteormenes kæber befinder sig normalt inde i de første kropsled, men hele svælget kan udskydes når der er behov for det, hvilket udover fødeindsamling inkluderer gravearbejde og forsvar. Alle arter har kraftige kæber og store arter som stor børsteorm er i stand til at give et temmelig smertefuldt bid. Bortset fra de to første samt det sidste led er alle kropsled mere eller mindre ens, med et par vandrette vedhæng, de såkaldte parapodier (se Fig. 2). Disse er opdelt i to afsnit, notopodium, som udgør den øverste halvdel og indeholder bl.a. det dorsale cirrus og et sæt børster (eller setae som de fremover kaldes) og neuropodium, som udgør den nederste halvdel og indeholder bl.a. det ventrale cirrus og to seta bundter (se Fig. 3). Anatomisk er børsteormene også segmenteret, med kopier af organer og muskler i hvert led. Hvert led har også et ganglia som kan behandle lokale sanseindtryk, men den faktiske hjerne befinder sig i det forreste led. Hvis en orm deles i to kan det hovedløse afsnit således reagere på både kemiske og mekaniske stimuli og aktivere både krops og parapodium muskulatur. Koordineret bevægelse er dog ikke muligt og i modsætning til mange andre annelider kan børsteorm i familien Nereidae ikke regenerere hovedet. På de bagerste segment (det såkaldte pygidium) befinder sig anus samt to lange cirri som også menes at indeholde både kemiske og føle sensorer.

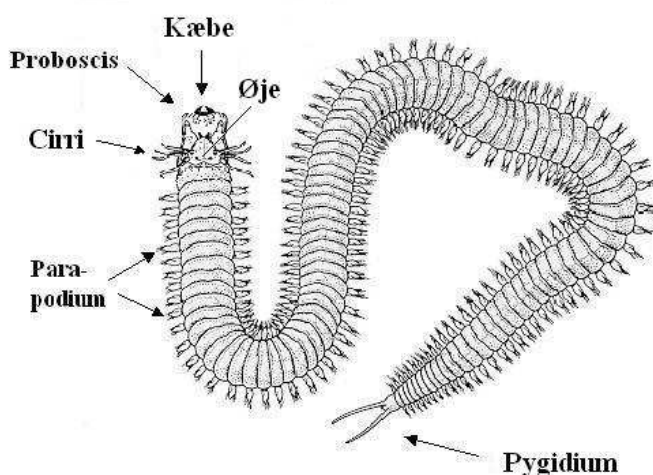


Fig. 2. Illustration af en børsteorm fra familien Nereidae. De vigtigste morfologiske kendetegn er vist med pile.

Omkring 450 arter er beskrevet på verdensplan i familien Nereidae. Heraf kan ca. 15 findes i Nordvest Europa. De kan findes i næsten alle marine habitater fra sand og mudderbund på lavt vand til stenbund i sublittoral zonen. Almindelig børsteorm (*Nereis diversicolor*), som kan blive op til 10 cm lang, findes primært på lavt vand i fjorde og flodmundinger, hvor saltkoncentrationen er mindre end i det åbne hav. Her lever den nedgravet i sand eller mudderbund i U- eller Y-formede rør som holdes sammen af mucus som ormen udskiller under gravearbejdet. Alm. børsteorm er nataktiv og tilbringer det meste af dagen inaktiv i dens rør, omend den undertiden kan fouragere i nærheden af røret midt på dagen hvis den opdager føde nærvæd. Om natten kommer den frem af røret og fouragerer i nærheden af røret, mens den holder fast i røret med den bagerste del af kroppen således at den ved tegn på fare hurtigt kan trække sig tilbage i røret. Under fødeknaphed forlader den dog sit rør og fouragerer i et meget større område. Alm. børsteorm er en omnivore og lever fortrinsvist af døde smådyr, omend den gerne fanger levende smådyr hvis muligheden byder sig. Den kan endog leve af små-partikler og alger som den filtrerer

fra en vandstrøm som den pumper igennem dens rør. Stor børsteorm (*Nereis virens*) bliver noget større (op til 30 cm lang), men kan som regel findes i samme habitater som alm. børsteorm om end den ikke kan tolerere helt så store udsving i saltkoncentration og derfor som regel findes på lidt dybere vand. Både alm. og stor børsteorm forsvarer deres rør mod indtrængende medlemmer af samme art, men er ikke territoriale og kan forekomme i meget store tætheder. Alm. børsteorm er i vore fjordområder fundet i helt op til 3000 individer per m². I de danske farvande findes dog også arter som lever på dybere vand. Eksempelvis *Nereis pelagica*, der forekommer i algebæltet hvor den lever i rør, men som navnet antyder findes den også hyppigt fritsvømmende i vandmasserne. En anden interessant art er *Nereis fucata*, der lever som en kommensal hos eremitkrebs. Reproduktionen hos de fleste arter af nereide børsteorm sker i et særligt stadie, det såkaldte epitoke stadie. Det adskiller sig fra det juvenile stadie ved morfologiske og anatomiske ændringer. Parapodierne modificeres, de bliver større og de enkelte seta udskiftes med specielle åre-formede seta samtidigt med at parapodium-muskulaturen øges. Desuden forbedres det respiratoriske system og sanse-organerne. Disse ændringer sker på bekostning af kropsvævet og tarmsystemet, som degenererer. De største ændringer hos den epitoke orm finder man dog i adfærden. De fleste børsteorm gyder i store sværme nær havoverfladen, hvor hannen svømmer omkring hunnen i stadig mindre cirkler – den såkaldte ”parringsdans” - indtil hunnen frigiver sine æg, hvorefter hannen befrugter dem. Hele processen er styret af sex-feromoner, som udskilles under ”parringsdansen”. Befrugtning finder altså sted i de frie vandmasser og efter denne synker hunnen til bunds og dør i løbet af et par timer, mens hannen hos de fleste arter yderligere gennemfører et par befrugtninger inden han også dør. Tidspunktet for sværmning er stærkt arts-synkroniseret og finder sted i løbet af et par dage for alle individer af den pågældende art. Parringen følger dog ikke altid dette mønster, hos stor børsteorm er der kun en lille morfologisk forskel mellem det juvenile og epitoke stadie. Desuden er det kun hannerne der sværmer, mens hunnerne sidder i deres rør og opfanger sæden der. Hos almindelig børsteorm er der slet ikke noget epitok stadie og reproduktion finder sted ved at hannerne opsøger hunnerne i deres rør.

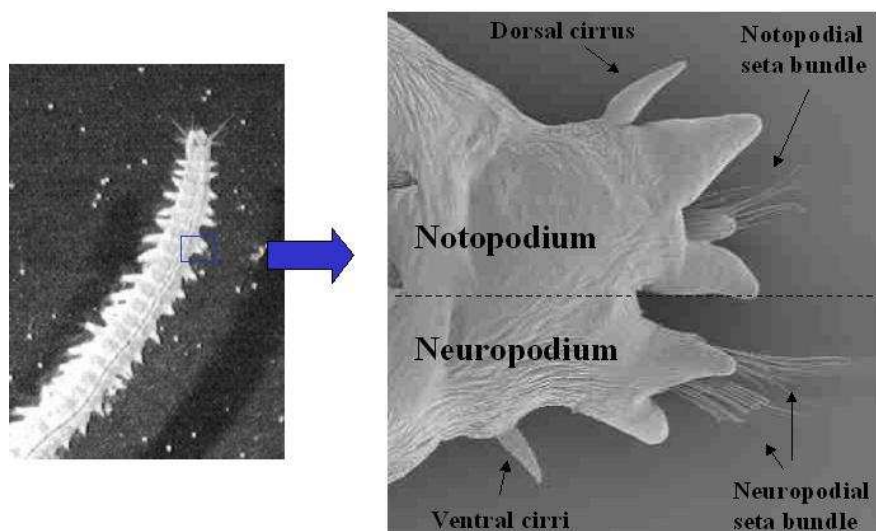


Fig. 3. Det venstre billede viser en alm. børsteorm (*Nereis diversicolor*) set fra oven. Det højre billede er et SEM (Scanning Electron Mikroskop) billede af et parapodium set forfra. Fotos Thomas Hesselberg.

Hvad kan vi lære af børsteorm?

I disse tider, hvor traditionel naturhistorie får sværere og sværere ved at tiltrække forskningsmidler, er man efterhånden nødsaget til at spørge efter anvendelsespotentiale inden man begynder et nærmere studium af specifikke organismer. Heldigvis kan et nyt interdisciplinært område gøre det nemmere for klassiske biologer at forsvare deres forskning ud fra anvendelseskriterier. Biomimetik, kaldes dette område, og den grundlæggende idet bag er at naturens med dens mange millioner års udviklingshistorie, rummer uanet potentiale for teknologisk innovation. Det vil i mange tilfælde være givtigt at identificere processer og mekanismer i naturen og forsøge at overføre dem til vores egen teknologi. Men inden ingeniører kan udvikle nye produkter baseret på ideer fra naturen, er det nødvendigt at vi har et detaljeret kendskab til de organismer vi ønsker at bruge som inspirationskilde. Dvs. at der er et behov for igen at kigge på naturens i al dens mangfoldighed.

Set ud fra et biomimetisk synspunkt er børsteorme også interessante. De nereide børsteorm bevæger sig i mudder ved hjælp af et sammenspil mellem den undulerende krop og parapodierne. Dette gør dem til en brugbar model for bevægelse i robotter der skal bevæge sig over mudrede eller fedtede overflader. Et EU forskningsprojekt, BIOLOCH (Biological LOComotion in the Human body), prøver at finde på alternativer til det smertefulde endoskop, der bruges i dag ved undersøgelse af tarmen. Undersøgelsen sker ved at læger skubber endoskopet op gennem tarmen, så en mulig måde at reducere smerten for patienten på er at udvikle et selvbevægende endoskop. Da det indre af tarmen er dækket af et lag slim minder de fysiske forhold om dem som børsteormen bevæger sig i. Projektet prøver derfor på at udvikle bevægelsesplatforme til robotendoskopet baseret på børsteormens bevægelsesmetode (en alternativ metode som projekter også arbejder med er regnormens). Men hvad er det der gør børsteormenes bevægelse så interessant? Nereide børsteorm har 3 forskellige måder at bevæge sig på, langsom kravling, hurtig kravling og svømning (se Fig.4). Når ormen kravler langsomt over substratet sker det udelukkende ved brug af parapodierne med ingen eller kun få undulationer af kroppen. Parapodierne fungerer her på næsten samme måde som ben ved at de presses mod substratet og skubber fra mod det og dermed flytter kroppen fremad. Ved hurtigere bevægelser over substratet får parapodierne hjælp af fremadbevægende kropsundulationer. Svømning foregår på samme måde, bortset fra at kropsundulationerne nu har større amplitude og at parapodierne ikke længere fungerer som ben, men i stedet som årer der skubber vand bagud og dermed kroppen fremad. Der er et præcist sammenspil mellem undulationer og parapodier således at parapodierne bevæger sig baglæns når de er længst fra hinanden på toppen af kropsbølgen og dermed skaber mest fremdrift og bevæger sig forlæns når de er tættest sammen i bunden af kropsbølgen og dermed møder mindst modstand fra vandet. Det er værd at bemærke at de sinusformede kropsundulationer bevæger sig forlæns, fra halen mod hovedet i børsteorm, hvorimod de bevæger sig modsat fra hoved mod hale i ål og slanger.

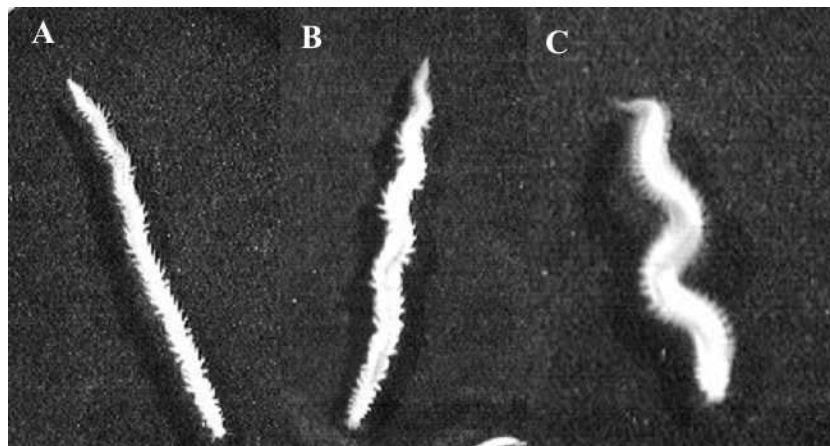


Fig. 4. Billeder af alm. børsteorm (*Nereis diversicolor*) i hvert af sine 3 bevægelsesstadier. A: kravler langsomt over substrat. B: kravler hurtigt over substrat. C: frit svømmende. Fotos Thomas Hesselberg.

Parapodierne har tre bundter af setae i den distale ende (se Fig.3) og disse små hår er sandsynligvis vigtige for ormens evne til at bevæge sig i mudrede substrater idet de hjælper med til at øge friktionen mellem orm og substrat og dermed forankrer parapodiet mens segmentet skubbes fremad. Ved at undersøge de enkelte setae i stor forstørrelse under et scanning elektron mikroskop, kan man se at de består af to dele, et skaft og et savtakket blad (se Fig. 5). Bladet er fæstnet til skaftet på en sådan måde at det kun har stor bevægelighed i en retning samt en smule fleksibilitet til at bevæge sig sidelæns. Der er ingen muskel- eller nerveceller i de enkelte setae så al bevægelse foregår passivt, som følge af parapodiets orientering i forhold til substratet. Det vides endnu ikke præcist hvordan disse setae fungerer og udover deres rolle når børsteormene kravler, menes de også at spille en rolle når ormene graver deres gange og når de svømmer. Desuden er der fundet nerveceller forbundet til roden af seta-bundterne, så de enkelte seta kan muligvis også fungere som følesensorer.

Som vi har set i det ovenstående så besidder en almindelig forekommende og normal uanselig gruppe af organismer, som børsteormene, altså både, med fremadbevægende kropsundulationer, en unik metode til fremdrift og, med passive setae, en interessant metode til at øge friktionen med substratet på. Begge metoder har potentiale til at kunne udnyttes teknologisk i fartøjer og robotter der har brug for at bevæge sig i mudrede eller fedtede omgivelser. Biomimetik kan altså give en yderligere begrundelse for, udover grundforskning og almen interesse, hvorfor det er vigtigt at fortsætte med en general naturhistorisk udforskning af naturen. Der er jo bogstaveligt talt millioner af arter derude og hvis bare vi ser godt nok efter kan mange af dem sikkert lære os et trick eller to.

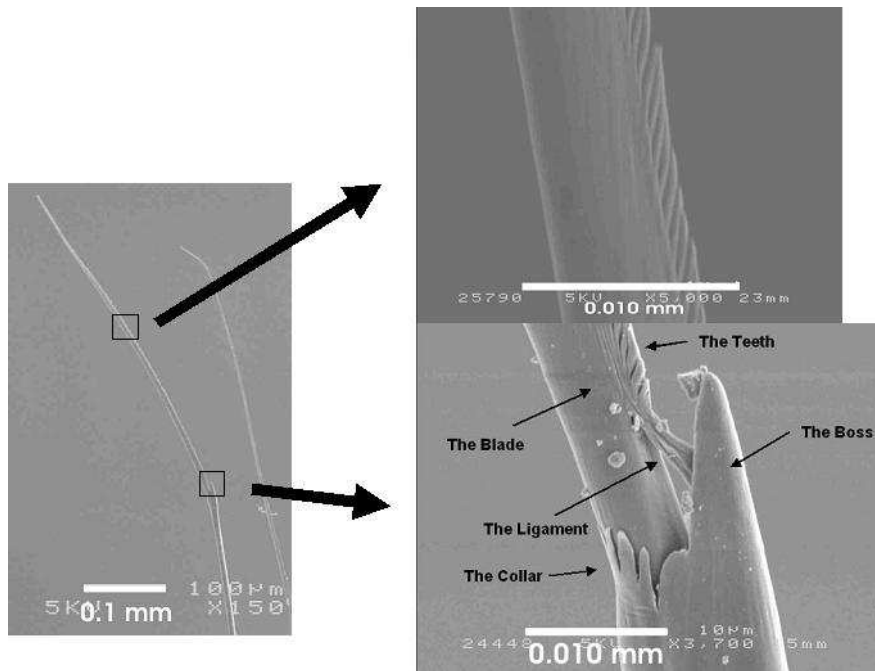


Fig. 5. SEM (Scanning Electron Mikroskop) billede af et seta (el børste) med udvalgte strukturer forstørret fra alm. børsteorm (*Nereis diversicolor*).

Yderligere litteratur

- Benyus, J. M. Biomimicry – Innovation inspired by nature. William Morrow and Company Inc. New York. 1997.
- Hayward, P.; Nelson-Smith, T.; Shields, C. *Collins Pocket Guide: Sea shore of Britain and Europe*. HarperCollinsPublishers Ltd. London 1996.
- Hesselberg, T. 2003. An analysis of the locomotory behaviour and functional morphology of errant polychaetes. MPhil/PhD Transfer report. Department of Mechanical Engineering. University of Bath, UK.
<http://www.bath.ac.uk/~enpth/Documents/Hesselberg-Treport.pdf>
- Scaps, P. 2002. A review of the biology, ecology and potential use of the common ragworm *Hediste diversicolor* (O. F. Müller) (Annelida: Polychaeta). *Hydrobiologia* **470**: 203-218.

Forfatter:

Thomas Hesselberg
 Centre for Biomimetic and Natural Technologies
 Department of Mechanical Engineering
 University of Bath
 Bath, UK
 Email: T.Hesselberg@bath.ac.uk