

Havforsuring fører til misdannelser hos hummerlarver og -yngel

Hummerlarver og -yngel som vokser opp i vann med CO₂-nivåer som er ventet i havet om 80 til 180 år, utvikler misdannelser. Jo surere havet blir, desto større andel av yngelen vil bli påvirket. Noen av misdannelsene kan påvirke ”pusting” (respirasjonen), andre evnen til å finne mat og partner seinere i livet. Også evnen til å svømme blir påvirket, noe som sannsynligvis reduserer muligheten til å unngå rovdyr.

ANN-LISBETH AGNALT | ann-lisbeth.agnalt@imr.no, ELLEN S. GREFSRUD, EVA FARESTVEIT, MARITA LARSEN og FELICIA KEULDER

Havet tar opp CO₂ fra luft, og når CO₂ øker i jordens atmosfære, medfører det økt opptak også i havene. En av virkningene er redusert pH, derav navnet havforsuring. På grunn av menneskeskapt utslipp av CO₂ skjer opptaket i havet raskere enn tidligere observert i historisk tid. Selv om havforsuringen alt har begynt, vet vi lite om hvordan det vil påvirke de marine økosystemene. En annen viktig effekt av CO₂-økningen er at mengden tilgjengelig kalsium i sjøvann blir redusert. Kalsium er en viktig ”byggstein” for marine organismer som har skall, dermed har skalldyr stor risiko for å bli negativt påvirket av havforsuring.

Effektstudier viktig

Siden 2011 har Havforskningsinstituttet undersøkt hvilke effekter redusert pH kan få på marine organismer som torsk, kamskjell, krill, hoppekreps og hummer.

De første fossilene av dyregruppen som hummer tilhører, ble funnet i mellomjura-perioden for mellom 175 og 165 millioner år siden, i den tiden nye dinosaurarter utviklet seg på land. Det er derfor ingen tvil om at hummer som art, tidligere i historien har vært utsatt for store svingninger i både pH og temperatur. Gjør dette hummer spesielt hardfør mot havforsuring?

Den europeiske hummeren (*Homarus gammarus*) finnes langs kysten av Europa fra varme områder nær Marokko og til mer kjølige områder rundt polarsirkelen i Tysfjord og Nordfolda i Nordland. Alle stadier av hummer vokser ved å skifte skall. Når hummereggen klekkes, svømmer de første levestadiene (larvene) fritt rundt i vannmassene fra to til fire/fem uker avhengig av temperatur. Deretter søker de mot bunnen, for så å forbli bunnlevende resten av livet. Til tross for iherdig leting i områder i Norge, Storbritannia

og Irland – de to sistnevnte har bærekraftig hummerfiske – finner man ikke europeisk hummer under 10 cm total-lengde i naturen. Dermed vet vi lite om småhummerens liv i sjøen. Det antas at det er viktig å leve i skjul for å unngå å bli spist av rovdyr. I laboratorier kan vi derimot studere hummeryngel, og nettopp dette har Havforskningsinstituttet dratt nytte av for å undersøke hvordan hummer påvirkes av havforsuring.

Ingen effekt på størrelsen

Forsøringsstudiene med hummer ble gjennomført ved Forskningsstasjonen Matre. Hummer ble eksponert for tre nivåer av CO₂ og to temperaturer fram til de var fem måneder gamle. Naturlig sjøvann ble pumpet opp fra 90 meters dyp i Masfjorden og tilsatt CO₂ for å oppnå det ønskede nivået. I tillegg til dagens nivå i Masfjorden, undersøkte vi fremtidens





Figur 1. Larver av europeisk hummer (*Homarus gammarus*). a) Normalt utviklet og b) misdannet med krøllet skall/ryggskjold pga. eksponert for sjøvann med forhøyet mengde CO₂.

Larvae of European lobster (Homarus gammarus). a) Normally developed (stage I) and b) deformed larvae (stage III) with curled carapace (arrow) that was exposed to elevated pCO₂.

a) Normale larver (stadium I).



b) Misdannet larve (stadium III). Pilen viser krøll på skallet.

scenario i 2100 og 2200, dvs. middels og høy eksponering. Temperaturene som ble valgt var 10 °C, som representerte en nedre biologisk grense for vekst og overlevelse, og 18 °C, som representerer optimale forhold for vekst og overlevelse. Nyklekte larver ble overført til naturlig sjøvann, middels eksponering (ca. 750 μatm og pH=7,79) og høy eksponering (ca. 1200 μatm og pH=7,62). I forsøkene viste det seg at pH-verdiene varierte i sjøvannet som kom fra fjorden utenfor stasjonen, og var i deler av eksperimentet relativt surt.

Larvestadiet, fra nyklekt til bunnsøkende, varte 14–16 dager ved 18 °C – som ventet ved optimale pH- og temperaturforhold. Ved 10 °C vokste larvene seint, og bare noen få larver nådde det siste stadiet. Det var ingen klar effekt av forhøyet CO₂ på størrelsen av larvene eller yngelen. Det var bare larvene som var i vann med 18 °C som utviklet seg til yngel, og som kunne observeres over fem måneder med eksponering i surt vann. Overlevelse fram til de var fem måneder gamle var 46 % i naturlig sjøvann, 17 % i middels og 61 % i høy eksponering.

Utvikler misdannelser

Misdannelser er feilutvikling av deler eller hele kroppen. Vi fant misdannelser som følge av forhøyet CO₂-eksponering både på larver og yngel. Andelen av larver med misdannelser økte med økende eksponering, uavhengig av temperaturen. De misdannede larvene fikk problemer med krøllete skall og at haleviften ble helt eller delvis oppsmuldret. Yngelen fikk i tillegg problemer med stive gangbein, vridde klør, stiv kropp og stive antenner. 23 % av larvene i middels og 43 % i høy eksponering utviklet misdannelser.

Alle larvene som ble holdt i sjøvann med pH høyere enn 7,9 utviklet seg normalt. Blant de misdannede larvene hadde 60 % utviklet krøll på skallet (figur 1b). Av all yngelen som levde etter fem måneders eksponering, hadde 28 % fått misdannelser. I middels eksponering var 44 % av yngelen avvikende fra normal yngel, sammenlignet med 21 % i høy eksponering. De aller fleste hadde utviklet unormale klør (56 %), men mange hadde også stive og vanskapte gangbein (39 %) og oppsvulmet ryggskjold (39 %). Blant yngelen som var eksponert for høy CO₂ var oppsvulmet ryggskjold mest vanlig (71 %). Mange av yngelene hadde utviklet flere misdannelser (figur 2), dette skjedde oftere ved høy (70 %) enn ved middels (37 %) eksponering.

Hva med andre studier?

Misdannelser på hummer er ikke tidligere dokumentert som en effekt av forsurening. I England er det gjort undersøkelser på larvestadier til europeisk hummer ved 17–19 °C. De fant reduserte mengder kalsium i skallet på larver som hadde vært i surt vann i ca. to uker. Undersøkelser på larvestadiet hos amerikansk hummer (*H. americanus*) viste at det tok litt lenger tid å skifte skall når larvene var utsatt for surt vann. I tillegg ble det funnet at de amerikanske larvene ikke vokste seg like store i surt vann som i sjøvann med pH over 8,0. Det kan være at disse to artene reagerer ulikt på surt vann. Amerikansk hummer reagerer med å redusere størrelsen og forlenge skallskifteperioden, mens europeisk hummer opprettholder veksten på bekostning av mineralisering i skallet, derav utvikling av misdannelser. Det er startet undersøkelser for å se om økt temperatur ytterligere kan påvirke hummeren og andelen som utvikler misdannelser. Vi undersøker samtidig hva som skjer i kalsiumlageret til hummeren når den blir påvirket av forhøyede nivåer av CO₂.



a) Normal yngel.



b) Yngel med misdannelser; mangler antenner, klør og mange gangføtter.



c) Yngel med misdannelser; stive gangbein, oppsvulmet skall ved gjellene og mangler antenner.

Figur 2. Fem måneder gammel hummeryngel (*Homarus gammarus*). a) Normalt utviklet og b–c) misdannet etter langtidseksponering for sjøvann med forhøyet innhold av CO₂.

Five months old lobster juveniles (*Homarus gammarus*). a) Normally developed and b–c) deformed juvenile due to long-term exposure to elevated pCO₂.

European lobster (*Homarus gammarus*) develop deformities when exposed to ocean acidification; larva and juveniles

Lobster larvae and juveniles raised in water with elevated pCO₂ levels developed deformities. At medium exposure (750 μatm, pH=7.79) 23% of the larvae were deformed and at high exposure (1200 μatm, pH=7.62) 43%. The de-

formed larvae developed curled carapace, bent rostrum or had damages to the tail fan. There were no clear effects of pCO₂ treatment on size. All larvae exposed to ambient conditions of pH>7.9 developed normally, while deformities were observed in larvae and juveniles in treatment groups. After 5 months of exposure, 44% of the juveniles at medium exposure were deformed, compared with

21% at high exposure. The deformed juveniles displayed swollen carapace, damages to the tail fan, stiff walking legs, twisted claws, stiff abdomen and stiff antennae. Some of the damages will possibly affect ability to respire, while others may affect ability to locate food and later in life a sexual partner. Tail fan damages will affect the ability to swim, i.e. anti-predator behaviour.