Skeletreje

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen

Foto: Vejle Fjordhave

Indhold

Kort oversigt 3

1. Livscyklus: Fra ryg til ryg 3

2. Levesteder: Havets akrobater 3

3. Miljøpåvirkning: Ven eller fjende? 4

Positiv påvirkning (Økosystemet) 4

Negativ påvirkning (Invasive arter) 4

Marinbiologisk analyse af caprellidae: livscyklus, habitatvalg og antropogen miljøpåvirkning 5

Taksonomisk klassificering og evolutionær baggrund 5

Morfologiske tilpasninger og funktionel anatomi 6
Sensoriske organer og vedhæng 6
Pereon og vedhæng til bevægelse og forsvar 6
Seksuel dimorfi 6
Livscyklus og reproduktionsbiologi 7
Parring og skalskifte 7
Udvikling og yngelpleje 7
Habitatvalg og økologisk rolle 8
Naturlige substrater 8
Synantrope habitater 8
Trofisk interaktion 8
Global spredning og invasive dynamikker 9
Den Japanske Skeletreje (***Caprella mutica***) 9
Konsekvenser af invasiv forekomst 10
Caprellidae som bioindikatorer for forurening 10
Akkumulering af Tungmetaller 10
Toksikologiske Mekanismer 10
Regional Analyse: Danske farvande og Vejle Fjord 11
Miljøtilstanden i Vejle Fjord 11
Kemisk belastning og tungmetaller 11
Forekomst af Caprellidae i Danmark 12
Forvaltning og Naturgenopretning 12
Projekt "Sund Vejle Fjord" 12
Forebyggelse af Spredning 13
Konklusion 13
Citerede værker 13

Kort oversigt

Skeletrejen (*Caprella*) er en af havets mest særprægede skabninger. De ligner mest af alt bønnespirer eller knælere under vand, og deres biologi er lige så fascinerende som deres udseende.

Her er et overblik over deres liv, hvor de bor, og hvordan de påvirker vores havmiljø.

---

1. Livscyklus: Fra ryg til ryg

Skeletrejer har en direkte livscyklus, hvilket betyder, at de ikke har et fritsvømmende larvestadie som mange andre krebsdyr.

- Parring: Hannen og hunnen finder hinanden blandt tangen. Hannen er ofte betydeligt større end hunnen.
- Ynglepleje: Hunnen har en speciel rugepose (marsupium) på undersiden af kroppen. Her bærer hun æggene, indtil de klækker.
- Direkte udvikling: Når ungerne klækker, ligner de små kopier af de voksne. De forlader rugeposen og kravler direkte ud på det underlag, forældrene lever på.
- Hurtig vækst: Skeletrejer vokser hurtigt ved at skifte hams (skal) flere gange i løbet af deres relativt korte liv (ofte under et år).

---

2. Levesteder: Havets akrobater

Skeletrejer er mestre i at holde fast. De er ikke gode svømmere, men bruger deres bagkroppe (med små "kroge") til at forankre sig.

- Hvor findes de? De lever primært i kystnære områder på lavt vand.
- Underlag: Du finder dem typisk på:
    - Tang og alger: Især finere typer som klitros eller rødalgens "buske".
    - Hydroider og mosdyr: Små kolonidyr, som de både bor på og spiser af.
    - Menneskeskabte strukturer: De elsker bropiller, fortøjningsreb og net i dambrug.
- Kamuflage: Deres tynde, leddelte kroppe gør dem næsten usynlige, når de svajer i strømmen sammen med det underlag, de sidder på.

---

3. Miljøpåvirkning: Ven eller fjende?

Skeletrejer spiller en kompleks rolle i det marine økosystem, både som vigtige fødekilder og som potentielle invasive arter.

Positiv påvirkning (Økosystemet)

- Fødekæden: De er en vigtig proteinkilde for småfisk (f.eks. hundestejler og fladfisk) og større hvirvelløse dyr.
- Rengøringshold: De lever ofte af detritust (dødt organisk materiale) og plankton, hvilket hjælper med at omsætte næring i kystzonen.

Negativ påvirkning (Invasive arter)

Nogle arter, som den japanske skeletreje (*Caprella mutica*), har spredt sig globalt via skibsfart (ballastvand) og østersimport.

- Udkonkurrering: De kan optræde i enorme tætheder (op mod 100.000 individer pr. kvadratmeter), hvor de udkonkurrerer de naturligt hjemmehørende arter.
- Biofouling: I havbrug kan de dække net og udstyr så tæt, at vandgennemstrømningen mindskes, hvilket kan skade opdrætsfiskene.

Vidste du?

Skeletrejer bruger deres forreste kløer (gnathopoder) til at "bokse" mod rivaler eller gribe bytte, præcis som en knæler på land.

Marinbiologisk analyse af caprellidae: livscyklus, habitatvalg og antropogen miljøpåvirkning

Taksonomisk klassificering og evolutionær baggrund

Familien Caprellidae, i daglig tale kendt som skeletrejer eller spøgelsesrejer, udgør en af de mest morfologisk specialiserede og evolutionært gådefulde grupper inden for ordenen Amphipoda.[1] Traditionelt set har Caprellidea været betragtet som en underorden af Amphipoda, en gruppe af malacostracan krebsdyr kendetegnet ved fraværet af et rygskjold (carapax) og en generelt lateralt sammenpresset krop.[1] Ordenen Amphipoda rummer tæt på 10.000 beskrevne arter, hvoraf størstedelen er marine, mens en mindre andel findes i ferskvand eller på land.[1] Inden for dette brede systematiske landskab skiller Caprellidae sig ud ved en ekstrem kropslig reduktion og specialisering til et liv som sessil eller langsomt bevægende epifauna.[1]

De fylogenetiske relationer inden for Caprellidea er genstand for løbende videnskabelig debat, især da gruppens morfologiske karakteristika er stærkt divergente fra den generelle kropsplan hos andre malacostracan krebsdyr.[1] Caprelliderne er karakteriseret ved en slank og cylindrisk krop, fusion af hovedet med det første brystsegment (pereonit 1), rudimentære coxae, og en ekstremt degenereret abdomen uden segmental struktur.[1] Denne unikke anatomi har rejst spørgsmålet om, hvorvidt Caprellidea er en monofyletisk gruppe eller om den repræsenterer flere uafhængige linjer, der er konvergeret mod en lignende form som tilpasning til deres habitat.[1]

Molekylærbiologiske studier baseret på 18S rRNA har indikeret, at familier som Phtisicidae og de egentlige Caprellidae danner en monofyletisk klade, men forholdet til andre grupper som Corophioidea er stadig uklart.[1] Et særligt interessant aspekt af caprellidernes evolution er den mulige undtagelse fra Dollos lov, som postulerer, at komplekse morfologiske karakteristika ikke kan genvindes, når de først er gået tabt i evolutionens løb.[1] Studier af Phtisicidae, som besidder veludviklede pereopoder på segment 3 og 4, og Caprogammaridae, som har et veludviklet pleon med pleopoder, tyder på, at disse karaktertræk enten er blevet genvundet eller er gået tabt uafhængigt af hinanden flere gange inden for linjen.[1]

Systematisk oversigt over caprellidea-familier[1]

Familie	**Pereopoder 3 og 4**	**Abdomen (Pleon)**	**Gæller (Par)**
Caprellidae	Reduceret eller fraværende	Stærkt reduceret	2 eller 3
Phtisicidae	Veludviklede (6 led)	Reduceret	3
Caprogammaridae	Rudimentære	Veludviklet, segmenteret	2
Cyamidae	Fraværende	Reduceret	2
Pariambidae	Reduceret	Reduceret	2

Morfologiske tilpasninger og funktionel anatomi

Kropsbygningen hos Caprellidae er en direkte afspejling af deres økologiske niche som klatrende organismer i det marine miljø.[2] Kroppen er opdelt i tre hovedregioner: cephalon (hoved), pereon (thorax) og en yderst reduceret abdomen.[6] Cephalon er delvist eller helt fusioneret med det første pereonit og bærer de sensoriske og fødeoptagende organer.[4]

Sensoriske organer og vedhæng

Caprellider besidder to par antenner, som er afgørende for deres interaktion med miljøet.[4] Det første par antenner (A1) er generelt længere end det andet par (A2) og består af en tre-leddet pedunkel efterfulgt af en flagellum med flere segmenter.[4] Hos visse arter, som den invasive *Caprella mutica*, kan A1 være over halvdelen af kroppens samlede længde.[6] Det andet par antenner er kortere og bærer ofte rækker af svømmehår (setae), der anvendes til filterfødning eller fasthæftning.[4] Munddelene, placeret ventralt på cephalon, inkluderer mandibler, maxiller og modificerede maxillipeder, der fungerer som accessoriske munddele.[6]

Pereon og vedhæng til bevægelse og forsvar

Pereon er opdelt i syv segmenter, kendt som pereoniter.[6] Hvert pereonit bærer et par vedhæng kaldet pereopoder, som er specialiseret til forskellige funktioner [2]:

- **Gnathopoder (Pereopod 1 og 2)**: De to første par pereopoder er modificeret til raptoriale gribearme.[2] Disse anvendes til fødeoptagelse, forsvar og lokomotion.[2] Især det andet par gnathopoder er ofte forstørret, især hos hanner, og spiller en central rolle i parringsadfærd og territoriale kampe.[3]
- **Reduceret midtersektion (Pereopod 3 og 4)**: Hos de fleste arter er pereopod 3 og 4 stærkt reducerede eller helt fraværende.[1] I disse segmenter findes gællerne (lameller), som fungerer som de primære respirationsorganer.[2]
- **Gribeben (Pereopod 5, 6 og 7)**: De bageste tre par pereopoder er specialiseret til at gribe fat i substratet.[2] De har krogformede yderled, der gør det muligt for dyret at forankre sig sikkert til hydroider, tang eller menneskeskabte strukturer selv i stærk strøm.[2]

Seksuel dimorfi

Caprellider udviser ofte markant seksuel dimorfi, hvilket er særligt udtalt hos invasive arter som *Caprella mutica*.[6] Hannerne er generelt væsentligt større end hunnerne.[6] Hos *C. mutica* kan hannerne nå en længde på op til 50 mm, mens hunnerne typisk kun bliver 15-20 mm lange.[6] Udover størrelsen adskiller hannerne sig ved at have forlængede første og andet pereoniter, som hos voksne individer er tæt dækket af lange børster (setae), hvilket giver dem et "håret" udseende.[6] Hunnerne kan identificeres ved tilstedeværelsen af rugeposer (oostegiter) på pereonit 3 og 4, som ofte er dækket af karakteristiske mørkerøde prikker.[6]

Livscyklus og reproduktionsbiologi

Skeletrejers livscyklus er præget af fraværet af et planktonisk larvestadie, hvilket er en fundamental forskel fra mange andre marine krebsdyr.[13] Udviklingen er direkte, hvilket betyder, at de unge individer klækker som juvenile voksne – små kopier af de voksne individer, der straks er i stand til at fæstne sig til substratet.[2]

Parring og skalskifte

Reproduktionen hos caprellider er intimt knyttet til hunnens vækstcyklus.[2] Parring kan kun finde sted i det korte tidsrum efter, at hunnen har gennemgået et skalskifte (molt), men før hendes nye eksoskelet er hærdet.[2] Denne synkronisering er afgørende for overførslen af spermapakker. Hannerne udviser en høj grad af aggressiv adfærd i denne periode og kæmper ofte drabeligt om adgang til de receptive hunner.[6]

I visse arter, herunder dem der findes i de indre danske farvande og i Nordatlanten, er hannerne udrustet med en "gifttand" på deres gnathopoder.[3] Selvom giften ikke er farlig for mennesker, kan den være dødelig for andre hanner under territoriale konflikter.[3] Der er desuden rapporteret om tilfælde, hvor hunnen dræber hannen efter parringen ved at injicere gift gennem en klo på hendes gnathopoder, hvilket kan ses som en ekstrem form for reproduktiv kontrol eller sikring af ressourcer til afkommet.[2]

Udvikling og yngelpleje

Efter befrugtningen bærer hunnen de udviklende æg i sin rugepose, som dannes af oostegiterne på de midterste brystsegmenter.[2] Inkubationstiden og mængden af afkom varierer med arten og miljøforholdene [6]:

- **Inkubation**: For *Caprella mutica* tager det cirka 5 dage ved 22 °C før æggene klækker.[6]
- **Fekunditet**: En enkelt hun kan producere adskillige kuld i løbet af sin levetid.[13] Antallet af afkom pr. kuld er målt til op mod 82 hatchlings for *C. mutica* ved temperaturer på 13 °C, mens andre studier angiver op til 150 hatchlings hver 45-50 dage.[7]
- **Modning**: Seksuel modenhed opnås hurtigt. For den invasive *C. mutica* sker det typisk efter 21 til 53 dage.[6] Den hurtige generationstid kombineret med en høj reproduktionsrate gør visse arter i stand til at kolonisere nye områder med eksplosiv hastighed.[8]

Levetiden for voksne individer i laboratoriemiljøer er målt til cirka 69 dage for hanner og 82 dage for hunner, hvilket indikerer en kort, men intens livscyklus fokuseret på maksimal reproduktiv succes.[6]

Habitatvalg og økologisk rolle

Skeletrejer er udelukkende marine og findes i verdenshavene fra de lave intertidale zoner til de store havdybder.[2] Deres primære habitat er epibenthisk, hvor de lever fastgjort til forskellige typer af biologiske og kunstige substrater.[2]

Naturlige substrater

Caprellider foretrækker ofte komplekse, fintgrenede strukturer, hvor deres tynde kroppe giver optimal camouflage mod prædatorer.[2]

- **Makroalger**: De findes hyppigt på både fastsiddende og drivende tang, såsom *Sargassum*, *Ulva*, *Fucus* og *Laminaria*.[6] Farven på skeletrejer kan ofte ændre sig, så den matcher det specifikke algesubstrat, hvilket antyder en avanceret form for adaptiv farveændring.[3]
- **Hydrozoer og Bryozoer**: Kolonidannende invertebrater som hydroider (*Obelia*, *Tubularia*) og bryozoer udgør populære levesteder, hvor caprelliderne kan sidde og vente på bytte eller filtrere føde fra vandet.[2]
- **Ålegræs**: I ålegræsbede spiller de en vigtig økologisk rolle som grazere, der fjerner diatomer og andet epifytisk materiale fra bladene, hvilket forbedrer lysforholdene for planten.[2]

Synantrope habitater

Uden for deres oprindelige udbredelsesområder er mange caprellid-arter, især de invasive, udpræget synantrope, hvilket betyder, at de primært findes i tilknytning til menneskeskabte strukturer.[6] Dette inkluderer havneanlæg, pontoner, bøjer, skibsskrog og udstyr til akvakultur.[6] På disse overflader kan de opnå ekstreme tætheder, da de ofte mangler deres naturlige prædatorer eller finder rigelige mængder af føde i form af detritus fra menneskelig aktivitet.[14]

Trofisk interaktion

Skeletrejer fungerer både som prædatorer, grazere og filterfeedere.[2] Deres diæt inkluderer diatomer, detritus, protozoer, mindre amphipoder og crustacean-larver.[2] De indtager en central position i fødekæden som bindeled mellem de primære producenter/nedbrydere og de højere trofiske niveauer.[3]

De udgør en vigtig fødekilde for en række fiskearter, herunder hundestejler (*Gasterosteus aculeatus*) og havkarusser (*Ctenolabrus rupestris*), som er almindelige i de danske fjorde.[2] Især i områder med tæt vegetation eller mange kunstige strukturer kan caprelliderne udgøre en betydelig del af fiskens biomasse-indtag.[23]

Global spredning og invasive dynamikker

Spredningen af marine invasive arter er en af de største trusler mod den globale biodiversitet, og Caprellidae, specifikt arten *Caprella mutica*, står som et skoleeksempel på denne udfordring.[6]

Den Japanske Skeletreje (***Caprella mutica***)

C. mutica er oprindeligt hjemmehørende i de sub-boreale farvande i det nordøstlige Asien, herunder Peter the Great Bay i Rusland og de japanske kyster.[4] På mindre end 40 år har arten koloniseret både øst- og vestkysten af Nordamerika, store dele af Europa fra Norge til Spanien, samt New Zealand i den sydlige halvkugle.[4]

Spredningsmekanismer

Da skeletrejer mangler et planktonisk stadie, er deres naturlige spredningsevne meget begrænset, typisk kun få kilometer om året via kryben eller drivende alger.[13] Den globale spredning er derfor næsten udelukkende resultatet af menneskelig transport [13]:

1. **Skibsfart**: Vedhæftning til skibsskrog (fouling) og transport i ballastvand eller i søventiler (sea chests).[13]
2. **Akvakultur**: Import og flytning af østers, især den japanske kæmpeøsters (*Crassostrea gigas*), har været en primær kilde til introduktion i både Nordamerika og Europa.[4]
3. **Flydende affald og tang**: Drifting på plastik eller løsrevet tang kan muliggøre lokal og regional spredning mellem havne og marinaer.[6]

Parameter	Toleranceområde	Konsekvens ved overskridelse
Temperatur	-1.9 °C til 28.3 °C	Død inden for 5 min ved 40 °C
Salinitet	15 psu til 40 psu	Overlever ned til 11 psu i visse habitattyper
Fødemangel	Op til 20 dage	Muliggør overlevelse under lange skibstransporter
Luft-eksponering	< 1 time	Meget følsom over for udtørring

Miljømæssige Tolerancer

En vigtig faktor bag *C. mutica*'s succes er dens brede fysiologiske toleranceoverfor miljøfaktorer, hvilket gør den i stand til at overleve i mange forskellige klimazoner.[6]

6

Konsekvenser af invasiv forekomst

Når *C. mutica* etablerer sig i et nyt område, kan det have vidtrækkende konsekvenser for de lokale økosystemer og den maritime økonomi.[4]

- **Konkurrence med hjemmehørende arter**: *C. mutica* er en aggressiv art, der kan udkonkurrere indfødte skeletrejer som *Caprella linearis* om plads og føde.[4] I akvariestudier er det observeret, at *C. mutica* fortrænger indfødte arter selv ved lave tætheder.[4]
- **Biofouling i Akvakultur**: Massive forekomster af skeletrejer på muslingeliner og net kan hindre vandgennemstrømning og konkurrere direkte med de opdrættede arter om føde.[4] I Skotland har tætheder på 300.000 individer pr. kvadratmeter medført blokering af pumper og fodringssystemer.[14]
- **Ændringer i Fødevæv**: Introduktionen af en ny, talrig bytteart kan ændre prædationsmønstrene hos fisk og krabber, hvilket kan have kaskadeeffekter ned gennem de benthiske samfund.[4]

Caprellidae som bioindikatorer for forurening

Krebsdyr, og herunder specifikt Caprellidae, er anerkendt som værdifulde bioindikatorer for marint miljø, især når det drejer sig om tungmetalforurening.[25] Deres begrænsede mobilitet og direkte kontakt med både vand og sediment gør, at deres kropsvæv afspejler den lokale miljøtilstand meget præcist.[25]

Akkumulering af Tungmetaller

Forskning har vist, at caprellider ofte akkumulerer tungmetaller i højere koncentrationer end andre peracaride krebsdyr og de mollusker (som blåmuslinger), der traditionelt anvendes i overvågningsprogrammer.[25]

- **Krom (Cr) og Kviksølv (Hg)**: Caprellider har vist sig at have et signifikant højere akkumuleringspotentiale for disse metaller sammenlignet med mollusker.[25]
- **Zink (Zn) og Jern (Fe)**: Disse metaller findes ofte i ekstremt høje niveauer i caprellider, hvilket delvist skyldes deres biologi og deres position i fødekæden som detritivorer.[25]
- **Arsen (As) og Cadmium (Cd)**: Disse non-essentielle metaller ophobes i vævet og kan medføre metaboliske forstyrrelser og nedsat reproduktionsevne.[29]

Toksikologiske Mekanismer

Når tungmetaller optages i caprellidernes celler, ofte via transportmekanismer beregnet til essentielle ioner, kan de forårsage betydelig skade [29]:

- **Metabolisk Dysfunktion**: Metallerne binder sig til svovlgrupper i enzymer, hvilket inaktiverer vitale biologiske funktioner.[30]
- **Genotoksicitet**: Eksponering for metaller som bly og cadmium kan føre til DNA-skader og hæmme cellernes delingsevne (antimitotisk effekt).[30]

- **Oxidativt Stress**: Tungmetaller fremmer dannelsen af reaktive iltarter (frie radikaler), som ødelægger cellemembraner og proteiner.[29]

Brugen af caprellider i overvågning giver mulighed for at vurdere den "biotilgængelige" fraktion af forurening, hvilket er mere relevant for økosystemets sundhed end blot at måle de totale koncentrationer i vand eller sediment.[25]

Regional Analyse: Danske farvande og Vejle Fjord

De danske kystvande, herunder de indre farvande som Lillebælt og de østjyske fjorde, er under massivt pres fra menneskelig aktivitet, hvilket skaber et unikt miljø for både hjemmehørende og invasive skeletrejer.[36]

Miljøtilstanden i Vejle Fjord

Vejle Fjord er karakteriseret som et område i dårlig økologisk tilstand, præget af årtiers overbelastning med næringsstoffer og kemiske stoffer.[38]

- **Eutrofiering**: Landbruget bidrager med ca. 70-82 % af den samlede kvælstoftilførsel til fjorden.[39] Dette fører til kraftig algevækst, som ved nedbrydning forbruger ilten ved bunden.[38]
- **Iltsvind**: På grund af fjordens dybde (op til 15 m) dannes der om sommeren et springlag, hvor varmt overfladevand isoleres fra det kolde bundvand, hvilket resulterer i omfattende iltsvind, som dræber bundfaunaen.[38]
- **Trofisk Kollaps**: Manglen på rovfisk som torsk har skabt en ubalance, hvor bestanden af strandkrabber er eksploderet til anslået 400 millioner individer.[46] Disse krabber udøver et enormt prædationspres på mindre krebsdyr som skeletrejer og forhindrer genetablering af ålegræs ved at rive planterne op.[46]

Kemisk belastning og tungmetaller

Undersøgelser i forbindelse med anlægsarbejder og NOVANA-overvågning har vist, at sedimentet i Vejle Fjord er en "kemisk cocktail" af miljøfarlige stoffer.[45]

Metal / Stof	Status i Vejle Fjord	Kilde / Matrix
Arsen (As)	Overskredet (Ikke-god)	Sediment og Biota [48]
Chrom (Cr)	Overskredet (Ikke-god)	Sediment [48]

Nikkel (Ni)	Overskredet (Ikke-god)	Sediment [48]
Cadmium (Cd)	Overskredet (Ikke-god)	Biota [48]
Benz(a)pyren	Overskredet (Ikke-god)	Sediment [48]
Methylbenzotriazol	Påvist (Byforurening)	Vandfase (alle målesteder) [45]

[45]

Det er bemærkelsesværdigt, at naturlige baggrundskoncentrationer af stoffer som arsen og vanadium i visse tilfælde overskrider miljøkvalitetskravene i sig selv, hvilket komplicerer vurderingen af den antropogene påvirkning.[49]

Forekomst af Caprellidae i Danmark

Den første officielle observation af *Caprella mutica* i Danmark fandt sted i 2005 ved havvindmølleparken på Horns Rev.[12] Siden da er arten registreret flere steder, herunder i Limfjorden ved Livø Rev (2020) og Lønstrup Rødgrund (2021).[12]

- **Salinitetsbegrænsninger**: Da *C. mutica* kræver en saltholdighed på over 18 ‰ for at trives, begrænses dens udbredelse i de indre dele af fjorde som Vejle Fjord, hvor ferskvandstilførslen fra vandløb som Vejle Å reducerer saliniteten.[12] I yderfjorden og i Kattegat er forholdene dog optimale for etablering.[36]
- **Sameksistens og Konkurrence**: Studier fra Limfjorden har vist, at *C. mutica* kan leve side om side med den hjemmehørende *Caprella linearis*, men i områder med høj menneskelig aktivitet (marinaer og havne) har den invasive art tendens til at blive dominerende på grund af sin aggressivitet og hurtigere reproduktion.[12]

Forvaltning og Naturgenopretning

Indsatsen for at forbedre havmiljøet i Danmark, herunder de projekter der påvirker skeletrejernes levesteder, er i dag fokuseret på helhedsorienteret naturgenopretning.[41]

Projekt "Sund Vejle Fjord"

Dette projekt (2020-2024) er et af Danmarks største marine naturgenopretningsprojekter og indeholder flere elementer, der direkte eller indirekte påvirker de benthiske samfund [41]:

- **Stenrev**: Etablering af stenrev skaber nyt habitat for makroalger og hydroider, hvilket giver de nødvendige strukturer for caprellider.[41] Revene fungerer også som skjul for de fisk, der præderer på skeletrejerne.[38]

- **Muslingebanker**: Blåmuslinger fungerer som biologiske filtre, der renser vandet og øger lysgennemtrængningen, hvilket fremmer væksten af det ålegræs, som caprelliderne lever i.[38]
- **Opfiskning af Krabber**: Ved at fjerne titusindvis af krabber reduceres prædationspresset på mindre krebsdyr, hvilket potentielt kan hjælpe med at genoprette de naturlige bestande af indfødte skeletrejer.[46]

Forebyggelse af Spredning

Forvaltningen af de invasive arter kræver internationalt samarbejde og fokus på de menneskelige spredningsveje.[8]

1. **Ballastvandshåndtering**: Implementering af systemer til rensning af ballastvand for at eliminere transport af juvenile individer.[13]
2. **Skrogvedligeholdelse**: Fremme af miljøvenlig antifouling-teknologi og regelmæssig rensning af lystbåde for at forhindre regional spredning mellem marinaer.[13]
3. **Biosikkerhed i akvakultur**: Stram kontrol med flytning af østers og andet udstyr for at sikre, at invasive caprellider ikke introduceres til nye vandområder.[8]

Konklusion

Caprellidae repræsenterer en yderst succesfuld og morfologisk fascinerende gruppe af marine krebsdyr. Deres livscyklus, kendetegnet ved direkte udvikling og en tæt kobling til faste substrater, gør dem både sårbare over for lokal miljøforringelse og ekstremt effektive til at sprede sig via menneskelige vektorer. Den invasive *Caprella mutica* har på kort tid ændret det biologiske landskab i mange tempererede kystzoner, herunder de danske farvande, hvor den både fungerer som en konkurrent til indfødte arter og som en ny fødekilde i de komplekse marine fødevæv.

Som bioindikatorer giver skeletrejer os et unikt indblik i den kemiske belastning af vores fjorde, hvor deres evne til at bioakkumulere tungmetaller som arsen, cadmium og chrom kan anvendes til at overvåge effekten af både historisk forurening og moderne urban afstrømning. I områder som Vejle Fjord understreger deres tilstedeværelse – eller fravær – behovet for en integreret forvaltningsindsats, der kombinerer reduktion af næringsstoftilførsel med konkret fysisk naturgenopretning for at sikre sunde marine økosystemer for fremtiden.

Citerede værker

1. CAPRELLIDEA - idUS, tilgået februar 18, 2026, https://idus.us.es/bitstreams/80cbc80e-d0a8-4eed-bd59-ee94de8da3f0/download
2. Caprellidae - Wikipedia, tilgået februar 18, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Caprellidae

3. Eyes Under Puget Sound: Critter of the month – the skeleton shrimp, tilgået februar 18, 2026, https://www.eopugetsound.org/articles/eyes-under-puget-sound-critter-month-%E2%80%93-skeleton-shrimp
4. Caprella mutica, tilgået februar 18, 2026, https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/-77
5. Range Extensions and Review of the Caprellid Amphipods (Crustacea: Amphipoda: Caprellidae) from the Shallow, Coastal Waters from - The Aquila Digital Community, tilgået februar 18, 2026, https://aquila.usm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1378&context=gcr
6. Caprella mutica - Wikipedia, tilgået februar 18, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Caprella_mutica
7. Japanese skeleton shrimp (Caprella mutica) - MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået februar 18, 2026, https://www.marlin.ac.uk/species/detail/2141
8. Japanese skeleton shrimp - Invasive Species Northern Ireland, tilgået februar 18, 2026, https://invasivespeciesireland.com/species-accounts/established/marine/japanese-skeleton-shrimp
9. Bad to the bone: The skeleton shrimps are drop-dead cool - Washington State Department of Ecology, tilgået februar 18, 2026, https://ecology.wa.gov/blog/october-2018/eyes-under-puget-sound-critter-of-the-month-the
10. [TITLE OF THESIS OR DISSERTATION, WORDED EXACTLY AS IT APPEARS ON YOUR ABSTRACT - CORE, tilgået februar 18, 2026, https://core.ac.uk/download/pdf/36683040.pdf
11. Gill ultrastructure and salinity tolerance of Caprella spp. (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) inhabiting the Sargassum community | Request PDF - ResearchGate, tilgået februar 18, 2026, https://www.researchgate.net/publication/229947568_Gill_ultrastructure_and_salinity_tolerance_of_Caprella_spp_Crustacea_Amphipoda_Caprellidea_inhabiting_the_Sargassum_community
12. Japansk skeletreje (Caprella mutica), tilgået februar 18, 2026, https://sgavmst.dk/media/udunh5l4/japansk-skeletreje.pdf
13. European expansion of the introduced amphipod Caprella mutica Schurin 1935 - Aquatic Invasions, tilgået februar 18, 2026, http://www.aquaticinvasions.net/2007/AI_2007_2_4_Cook_etal.pdf
14. Japanese skeleton shrimp - Caprella mutica - Non-native Species Secretariat, tilgået februar 18, 2026, https://www.nonnativespecies.org/non-native-species/information-portal/view/647
15. Caprella drepanochir, tilgået februar 18, 2026, https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/95398

16. Distribution of the invasive Caprella mutica Schurin, 1935 and native Caprella linearis (Linnaeus, 1767) on artificial hard - REABIC, tilgået februar 18, 2026, https://www.reabic.net/aquaticinvasions/2016/AI_2016_Coolen_etal.pdf
17. Paracaprella pusilla - Marine Invasions research at SERC, tilgået februar 18, 2026, https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/-663
18. Population biology of sympatric species of Caprella (Amphipoda: Caprellidae) in a tropical algal bed - Scientia Marina, tilgået februar 18, 2026, https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/download/1890/2779?inline=1
19. Japanese Skeleton Shrimp, tilgået februar 18, 2026, https://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/profiles-profils/japaneseskeletonshrimp-caprelle-eng.html
20. havkarusse - Lex er Danmarks nationalleksikon, tilgået februar 18, 2026, https://lex.dk/havkarusse
21. Hundestejle, trepigget - Fiskepleje.dk, tilgået februar 18, 2026, https://www.fiskepleje.dk/fiskebiologi/hundestejle-tre-pigget
22. trepigget hundestejle - Fjord&Bælt, tilgået februar 18, 2026, https://fjordbaelt.dk/trepiggethundestejle/
23. Caprella mutica, tilgået februar 18, 2026, https://invasions.si.edu/nemesis/calnemo/species_summary/-77
24. Environmental tolerance of Caprella mutica: implications for its distribution as a marine non-native species - PubMed, tilgået februar 18, 2026, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17383720/
25. Trace metals in Caprella (Crustacea: Amphipoda). A new tool for monitoring pollution in coastal areas? | Request PDF - ResearchGate, tilgået februar 18, 2026, https://www.researchgate.net/publication/223576811_Trace_metals_in_Caprella_Crustacea_Amphipoda_A_new_tool_for_monitoring_pollution_in_coastal_areas
26. Role of Helminth Parasites as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Environment, tilgået februar 18, 2026, https://journalajriz.com/index.php/AJRIZ/article/view/204
27. Marine organisms as bioindicators of plastic pollution | Request PDF - ResearchGate, tilgået februar 18, 2026, https://www.researchgate.net/publication/359257419_Marine_organisms_as_bioindicators_of_plastic_pollution
28. Bioindicators of Pollution in Marine Environments | Request PDF - ResearchGate, tilgået februar 18, 2026, https://www.researchgate.net/publication/348955215_Bioindicators_of_P

ollution_in_Marine_Environments
29. (PDF) Understanding the Detrimental Effects of Heavy Metal Pollution in Shrimp Farming and Treatment Methods – A Review - ResearchGate, tilgået februar 18, 2026, https://www.researchgate.net/publication/380077847_Understanding_the_detrimental_effects_of_heavy_metal_pollution_in_shrimp_farming_and_treatment_methods_-_a_review
30. (PDF) Toxic effects of heavy metals on crustaceans and associated health risks in humans: a review - ResearchGate, tilgået februar 18, 2026, https://www.researchgate.net/publication/379000176_Toxic_effects_of_heavy_metals_on_crustaceans_and_associated_health_risks_in_humans_a_review
31. Heavy metal pollution in the major shrimp species - ResearchGate, tilgået februar 18, 2026, https://www.researchgate.net/publication/391220424_Heavy_metal_pollution_in_the_major_shrimp_species
32. Marine Invertebrates as Bioindicators of Heavy Metal Pollution, tilgået februar 18, 2026, https://repository.embuni.ac.ke/bitstreams/0a65063d-4703-4cc7-9672-3a516720b8a2/download
33. Health risk assessment of heavy metals in sediment, shrimp (Parapenaeopsis atlantica), and periwinkles (Tympanotonus fuscatus) from Esuk Ibeno Beach, Akwa Ibom State, Nigeria | European Journal of Chemistry, tilgået februar 18, 2026, https://www.eurjchem.com/index.php/eurjchem/article/view/2620
34. Mussels as Bioindicators for the Rapid Detection of Heavy Metal Fluctuations in Marine Coastal Waters: A Case Study of Seasonal Bioaccumulation Monitoring and Assessment of Perna viridis from the Gulf of Tonkin Coastline, Hai Phong, Vietnam - MDPI, tilgået februar 18, 2026, https://www.mdpi.com/2073-4441/17/17/2552
35. Evaluation of Bivalves as Bioindicators of Metal Pollution in Freshwater - R Discovery, tilgået februar 18, 2026, https://discovery.researcher.life/article/evaluation-of-bivalves-as-bioindicators-of-metal-pollution-in-freshwater/efa00c1ab55f3c9891bb87a337d7f21a
36. Miljøtilstand og presfaktorer i Lillebælt - DTU Aqua, tilgået februar 18, 2026, https://www.aqua.dtu.dk/-/media/institutter/aqua/publikationer/rapporter-401-450/404-2022_miljoetilstand-og-presfaktorer-i-lillebaelt.pdf
37. Dyrene ved og i fjorden - Vejle Kommune, tilgået februar 18, 2026, https://www.vejle.dk/da/oplevelser/natur-og-udeliv/ved-vandet/dyrene-

ved-og-i-fjorden/
38. Vejle Fjord - Det er godt at vide, tilgået februar 18, 2026, https://www.detergodtatvide.dk/vejle-fjord/
39. Modelaktivitet i projekt Sund Vejle Fjord, tilgået februar 18, 2026, https://www.vejleaadalogfjord.dk/sites/vejleaadalogfjord.dk/files/2023-06/Modelaktivitet%20i%20Sund%20Vejle%20Fjord.pdf
40. Vandmiljø - Spildevandsplan - Vejle Kommune, tilgået februar 18, 2026, https://spildevandsplan2020.vejle.dk/spildevandsplan-2020-2028/status/vandmiljoe/
41. A Healthy Vejle Fiord - Center for Marin Naturgenopretning, tilgået februar 18, 2026, https://www.danishmarinerestoration.com/projects/a-healthy-vejle-fiord/
42. Sund Vejle Fjord 2.0 - VELUX FONDEN, tilgået februar 18, 2026, https://veluxfonden.dk/da/projekt/sund-vejle-fjord-20
43. Oplandsanalyse for Vejle Å, tilgået februar 18, 2026, https://naturogmiljoe.dk/wp-content/uploads/2025/06/E3-1-Oplandsanalyse-for-Vejle-Aa-Hanne-Fogh-Winther.pdf
44. Overløbsrapport 2024 - Vejle Spildevand, tilgået februar 18, 2026, https://www.vejlespildevand.dk/media/ekie5tvg/overloebsrapport-2024-120.pdf
45. Spildevand sætter tydelige spor i Vejle Fjord | Bæredygtigt Landbrug - Via Ritzau, tilgået februar 18, 2026, https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/14651899/spildevand-saetter-tydelige-spor-i-vejle-fjord?publisherId=13562652&lang=da
46. SUND VEJLE FJORD - Research and innovation, tilgået februar 18, 2026, https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-03/Steinfurth_Vejle%20Fjord.pdf
47. Restoring a Healthy Vejle Fjord - Oppla, tilgået februar 18, 2026, https://oppla.eu/case-study/restoring-healthy-vejle-fjord
48. Tilladelse til påvirkning af sediment i Vejle Fjord - Hedensted Kommune, tilgået februar 18, 2026, https://www.hedensted.dk/media/kvlp5w2s/tilladelse-til-paavirkning-af-sediment-i-vejle-fjord-samlet-med-bilag.pdf
49. ANSØGNING OM § 27 STK. 2 GODKENDELSE AF OPHVIRVLING AF SEDIMENT FOR 150 KV HATTINGE-RYTTERGÅRD KABEL NUP - Vejle Kommune, tilgået februar 18, 2026, https://www.vejle.dk/media/35gdirpl/ansoegning-om-27-stk-2.pdf
50. Assessment of hazardous substances in Danish ... - Aarhus Universitet, tilgået februar 18, 2026, https://dce2.au.dk/pub/TR146.pdf
51. Sund Vejle Fjord - Center for Marin Naturgenopretning, tilgået februar

18, 2026, https://marinnatur.dk/projekter/sund-vejle-fjord/
52. Projekt Sund Vejle Fjord viser vejen for marin naturgenopretning, tilgået februar 18, 2026, https://www.sportsfiskeren.dk/natur-og-fiskeripolitik/nyheder/2023/02/projekt-sund-vejle-fjord-viser-vejen-for-marin-naturgenopretning
53. The Japanese Skeleton Shrimp - Ecology for the Masses - WordPress.com, tilgået februar 18, 2026, https://natureaccordingtosam.wordpress.com/2018/09/24/the-japanese-skeleton-shrimp/