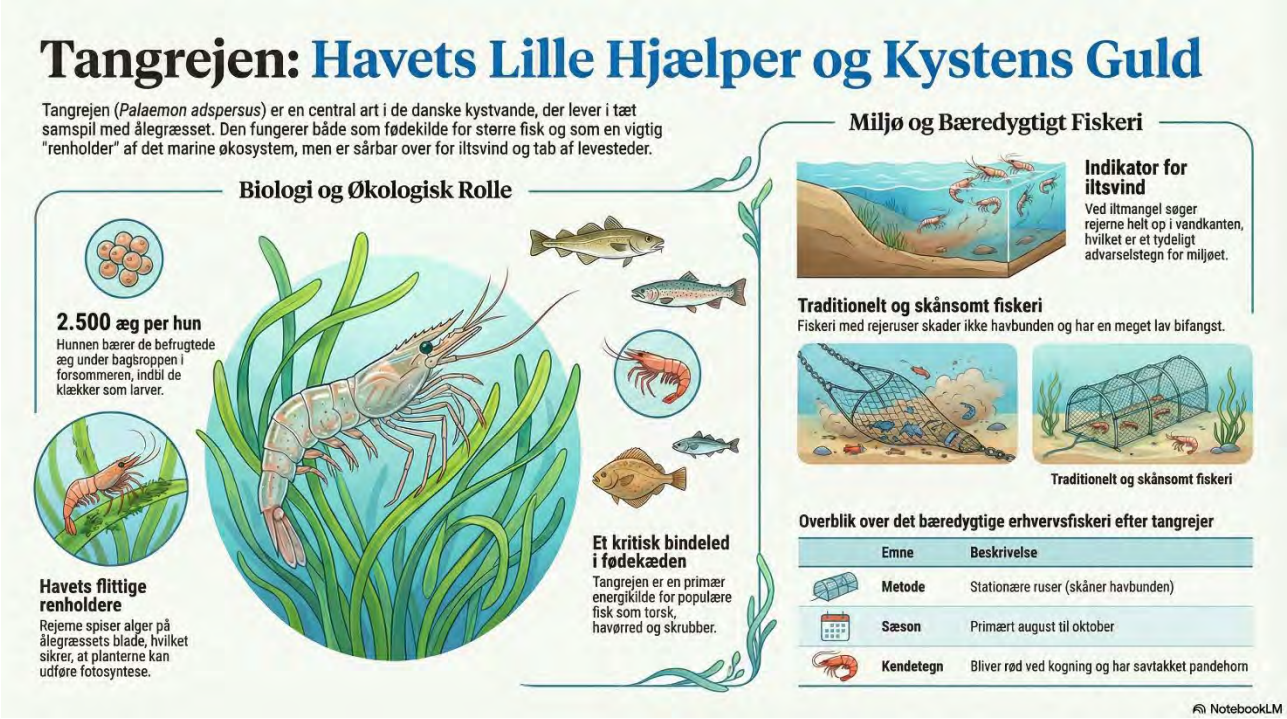
Tangreje

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen



Indhold

Kort overblik. 3

1. Livscyklus: Fra æg til voksen 3

2. Miljøpåvirkning og økologisk betydning 3

Positiv indvirkning på miljøet 3

Miljømæssige udfordringer 3

3. Fiskeri og bæredygtighed 4

Vidste du? 4

Økologisk status, livscyklus og miljømæssige stressfaktorer for slægten Palaemon i de danske kystvande 5

Introduktion til de danske tangrejer og den taksonomiske historik 5

Morfologisk analyse og artsbestemmelse 5

Rostrummets diagnostiske betydning 6

Pigmentering og kropsbygning 6

Livscyklus og reproduktionsbiologi 7

Reproduktionsfase og ægudvikling 7
De planktoniske larvestadier (Zoea) 7
Juvenil vækst og kønsmodning 8
Habitatets økologiske funktion og betydning 9
Ålegræsset som økosystemingeniør 9
Stenrev og antropogene strukturer 10
Fysiologisk tolerance og miljømæssige stressfaktorer 10
Salinitet og Osmoregulering 10
Temperatur og Metabolisk Respons 10
Iltsvind: Mekanismer og biologiske konsekvenser 10
Tærskelværdier for overlevelse 11
Bundvending og "Liglagen" 11
Casestudie: Miljøtilstanden i Vejle Fjord (2023) 12
Kildeopsplitning og næringsstofbelastning 12
Krabbeeksplosionen og dens betydning for rejer 12
Konkurrence og Artsudskiftning i Danske Farvande 12
Konkurrencemekanismer 13
Toksikologi og Bioakkumulering: Cadmium som eksempel 13
Akkumulering og afgiftning gennem fældning 13
Larval sensitivitet 13
Klimaforandringer og Fremtidsperspektiver 13
Opvarmning og Stratificering 13
Øget nedbør og næringsstofudvaskning 14
Konklusioner og Anbefalinger 14
Nøgleindsigter 14
Citerede værker 15

Kort overblik.

Tangreje (*Palaemon adspersus*) er en af de mest almindelige og økonomisk vigtige rejer i de danske kystvande. De trives især i de lavvandede fjorde og bælter, hvor ålegræsset danner tætte "skove".

Her er et overblik over deres liv fra larve til middagsbord, samt deres rolle i det marine økosystem.

1. Livscyklus: Fra æg til voksen

Tangrejens livscyklus er tæt knyttet til de skiftende årstider i de danske farvande.

- **Gydning og befrugtning (Forår/Sommer):** Når vandtemperaturen stiger i maj og juni, søger tangrejerne mod det helt lave vand. Hunnen bærer de befrugtede æg (op mod 2.500 stk.) under bagkroppen, fastgjort til hendes svømmeben.
- **Larvestadiet:** Efter cirka en måned klækkes æggene til små fritsvømmende larver (zooplankton). De driver rundt med strømmen og gennemgår flere hudskifter, mens de vokser.
- **Bundfældning:** Efter et par uger som plankton søger de små rejer mod bunden, hvor de finder beskyttelse i ålegræsset.
- **Vækst og alder:** En tangreje bliver typisk 2–3 år gammel. De vokser ved at smide deres ydre panser (skjoldet), hvilket gør dem meget sårbare over for rovfisk i de få timer, det tager det nye skjold at hærde.

2. Miljøpåvirkning og økologisk betydning

Tangrejen fungerer som et kritisk bindeled i havets fødekæde.

Positiv indvirkning på miljøet

- **Renholdere:** Tangrejer er altædende (omnivore). De spiser alger, dødt organisk materiale og smådyr. Ved at græsse på alger, der vokser på ålegræssets blade, hjælper de med at holde planterne rene, så de kan udføre fotosyntese.
- **Fødegrundlag:** De er en primær energikilde for mange af vores mest populære fiskearter, herunder torsk, havørred og skrubber.

Miljømæssige udfordringer

Tangrejens trivsel er en direkte indikator for havmiljøets tilstand:

- **Iltmangel:** Tangrejer er følsomme over for lavt iltindhold. Ved kraftige tilfælde af iltsvind i de danske fjorde ser man ofte "rejevandring", hvor tusindvis af rejer søger helt op i vandkanten eller dør massivt.
- **Tab af habitater:** Da tangrejen er afhængig af **ålegræs**, har den historiske tilbagegang af ålegræs i Danmark (grundet næringsstofbelastning og uklart vand) haft en negativ effekt på bestandene.

3. Fiskeri og bæredygtighed

Tangrejefiskeriet er et af de få tilbageværende kystnære erhvervsfiskerier i Danmark, der stadig benytter traditionelle metoder som **rejeruser**.

Emne	Beskrivelse
Metode	Ruserne placeres på bunden og skader ikke havbunden (modsat trawl).
Sæson	Primært fra august til oktober, når rejerne er størst og har flest proteiner.
Bifangst	Meget lav, da småfisk ofte kan slippe ud af maskerne, og ruserne tømmes ofte.

Vidste du?

Den "ægte" tangreje kan kendes fra den almindelige hestereje på, at tangrejen bliver rød ved kogning, og at den har et savtakket ”pandehorn” (rostrum) mellem øjnene.

Økologisk status, livscyklus og miljømæssige stressfaktorer for slægten Palaemon i de danske kystvande

Introduktion til de danske tangrejer og den taksonomiske historik

De danske kystvande huser en række krebsdyr, der spiller en fundamental rolle i det marine økosystem, både som prædatorer på lavere trofiske niveauer og som vigtige byttedyr for kommercielt og rekreativt vigtige fiskearter. Slægten *Palaemon*, i daglig tale ofte refereret til som tangrejer eller fjordrejer, udgør en central komponent i biodiversiteten i de indre danske farvande, herunder fjorde, bælter og sunde.[1] Forståelsen af disse arters biologi er ikke blot af akademisk interesse, men er afgørende for forvaltningen af det danske havmiljø, da deres trivsel er direkte korreleret med habitatkvalitet, herunder udbredelsen af ålegræs (*Zostera marina*) og forekomsten af iltsvind.[3]

Systematikken bag de danske tangrejer har historisk været genstand for betydelig videnskabelig debat. Carl von Linné beskrev oprindeligt arten *Palaemon adspersus* under navnet *Cancer squilla* i sit værk *Systema Naturae* (1758, 1761).[1] Gennem det 19. og 20. århundrede opstod der forvirring, da slægtsnavne som *Leander* blev introduceret, og navnet *Palaemon* i en periode blev anvendt om arter, der i dag klassificeres som *Macrobrachium*.[1] Denne nomenklatoriske uklarhed blev først endeligt løst ved en afgørelse fra den Internationale Kommission for Zoologisk Nomenklatur (ICZN), som fastslog, at *Palaemon adspersus* Rathke, 1837, er typespidsen for slægten.[1] Denne historik er relevant, da ældre litteratur ofte anvender synonymer som *Leander adspersus* eller fejlagtigt bruger navnet *squilla* om arten *Palaemon elegans*.[1]

I de danske farvande dominerer to arter: den oprindelige og økonomisk vigtige *Palaemon adspersus* (roskilderejen) og den mere ekspansive og opportunistiske *Palaemon elegans* (tangrejen eller klipperejen).[2] Mens *P. adspersus* er tæt knyttet til blødbundshabitater med tæt vegetation, har *P. elegans* i de senere årtier spredt sig markant i Østersøregionen og indtaget nicher på stenrev og moler, hvor den i visse tilfælde udkonkurrerer den oprindelige fauna.[2] Hertil kommer den invasive *Palaemon macrodactylus*, som er observeret i europæiske farvande siden 1990'erne og udgør en potentiel fremtidig trussel mod den lokale balance.[9]

Morfologisk analyse og artsbestemmelse

Præcis identifikation af *Palaemon*-arter kræver en detaljeret undersøgelse af de morfologiske karaktertræk, primært fokuseret på rostrummet (pandehornet), antennernes struktur og de pigmentmæssige aftegninger. Da arterne ofte optræder i de samme habitater, er evnen til at skelne mellem dem afgørende for monitorering af biodiversitetsændringer.[9]

Rostrummets diagnostiske betydning

Rostrummet fungerer som den primære diagnostiske karakter. Hos *Palaemon adspersus* er rostrummet veludviklet og bærer typisk 5-7 dorsale tænder, hvoraf én tand er placeret bag den orbitale kant (øjenhulen).[13] Den ventrale kant har normalt 3 tænder. Et karakteristisk træk for *P. adspersus* er tilstedeværelsen af mørkerøde pigmentpletter på den nederste halvdel af rostrummet, hvilket adskiller den fra den ellers lignende *P. elegans*.[1]

Til sammenligning har *Palaemon elegans* et bredere og mere skovlformet rostrum med 7-9 dorsale tænder, hvoraf 3 typisk er placeret bag øjenhulen.[9] Denne art mangler de røde pletter på rostrummet, men har i stedet en kraftig ventral ekspansion og en enkelt række setae (børster) langs den ventrale margin.[12]

Morfologisk Karakter	Palaemon adspersus	Palaemon elegans	Palaemon macrodactylus
Dorsale tænder	5 - 7	7 - 9	9 - 15
Tænder bag øjenhulen	1	3 (sjældent 2)	3
Ventrale tænder	2 - 4 (typisk 3)	2 - 4 (typisk 3)	3 - 5
Rostrum form	Slank, lige	Bred, skovlformet	Lang, opadbøjet
Særlige kendetegn	Røde pletter på rostrum	Neonblå kløer, gule led	Små, tætsiddende tænder

Pigmentering og kropsbygning

Farvetegningen hos tangrejer er ikke blot en hjælp til artsbestemmelse, men afspejler også deres økologiske tilpasning. *Palaemon adspersus* udviser en generelt diskret, gulgrå eller gennemsigtig krop, hvilket giver optimal camouflage i ålegræssets skyggefulde miljø.[1] Dens antennuler er

triramiøse, og den kortere gren af den ydre antennule er vokset sammen med den længere gren i cirka en tredjedel af dens længde.[13]

Palaemon elegans er derimod langt mere prangende. Kroppen er markeret med tydelige rødbrune tværbånd langs rygskjoldet og bagkroppen.[2] Ved benenes led findes ofte gule eller hvide pletter, og kløerne på de første to par gangben er karakteriseret ved en intens neonblå farve.[9] Denne arts maksimale længde for hunner ligger omkring 65 mm, mens hannerne er betydeligt mindre, typisk op til 60 mm.[2]

Livscyklus og reproduktionsbiologi

Livscyklussen for tangrejer i Danmark er præget af en høj grad af plasticitet, hvilket gør det muligt for dem at kolonisere vandområder med skiftende temperaturer og saliniteter. Udviklingen fra æg til voksen involverer komplekse metamorfoser og en række planktoniske stadier, der er kritiske for artens spredningsevne.[2]

Reproduktionsfase og ægudvikling

Reproduktionssæsonen i de danske farvande strækker sig fra det tidlige forår (april) til sensommeren (september).[15] Under parringen overfører hannen en spermatofor til hunnen, hvorefter hunnen gyder æggene. Disse befrugtes eksternt og fæstnes til hunnens pleopoder (svømmeben) under bagkroppen.[12] Hunnen udøver en form for forældreomsorg ved konstant at ventilere æggene med iltrigt vand gennem pleopodernes bevægelse.[15]

Antallet af æg pr. hun er stærkt korreleret med kropsstørrelsen. For *P. elegans* er der observeret mellem 220 og 2.628 æg pr. individ, mens *P. adspersus* typisk bærer mellem 1.000 og 2.200 æg.[2] I visse populationer, for eksempel i Sortehavet, er der målt op til 2.200 æg pr. hun hos *P. adspersus*.[13] Æggenes udviklingstid er afhængig af vandtemperaturen, hvor højere temperaturer accelererer embryogenesen.[17]

De planktoniske larvestadier (Zoea)

Når larverne klækkes, frigives de som fritsvømmende zoea-larver. Disse adskiller sig fundamentalt fra de voksne individer ved at mangle de kraftige gangben og i stedet have fjeragtige vedhæng til svømning i de frie vandmasser.[12] Zoea-larverne er positivt fototaktiske (tiltrækkes af lys), hvilket hjælper dem med at forblive i de øvre, føderige vandlag, hvor de lever af dyreplankton, såsom nauplier af arteria eller små copepoder.[17]

Udviklingen gennem larvestadierne er ikke fastlåst i et bestemt antal stadier, men udviser en fænomenologisk plasticitet. For *Palaemon adspersus* er det i laboratorieforsøg vist, at metamorfosen til postlarve normalt nås efter ca. 24 dage, ofte gennem syv distinkte zoea-stadier ved en temperatur på 20-25^{0}C.[13]

Stadie	Karakteristika	Varighed (estimat ved 20◦C)
Zoea I	Siddende øjne, ingen gangben, fjeragtige maxillipeder	1 - 2 dage
Zoea II	Stilkeøjne, rudimentære gangben (peraeopoder)	2 - 3 dage
Zoea III	Uropoder (halefinner) begynder at dannes, 6 abdominale somiter	2 - 3 dage
Zoea IV-VII	Progressiv udvikling af pleopoder og gangben	10 - 15 dage
Postlarve	Veludviklede gangben, bentisk adfærd indledes	Metamorfose

Under ugunstige forhold, såsom lavere temperaturer eller begrænset fødetilgængelighed, kan rejerne gennemgå såkaldte "supernumerary" (ekstra) stadier, hvor de fældes uden at opnå en væsentlig morfologisk progression.[19] Dette fænomen er særligt dokumenteret hos *Palaemon serratus*, men menes at være en generel strategi inden for slægten for at sikre overlevelse indtil gunstige betingelser for metamorfose opstår.[19]

Juvenil vækst og kønsmodning

Efter metamorfosen tager rejen form som en postlarve, der hurtigt søger mod bunden for at indlede en bentisk levevis. Her udvikles de fulde voksne karaktertræk gennem yderligere fældninger.[12] Juvenile tangrejer vokser hurtigt i løbet af deres første sommer og når typisk kønsmodning efter et år, når de er ca. 27-30 mm lange.[13]

Den forventede levetid for *Palaemon*-arter i danske farvande estimeres til at være mellem 2,5 og 3 år.[13] Hunnerne bliver generelt større end hannerne, hvilket menes at være en selektiv fordel for at

kunne bære en større mængde æg.[13] Denne kønsdimorfisme i størrelse er tydeligst hos de ældre årgange.

Habitatets økologiske funktion og betydning

Tangrejernes overlevelse og udbredelse er uløseligt forbundet med kvaliteten af de kystnære habitater. I de indre danske farvande fungerer ålegræsenge og stenrev som de primære levesteder, der understøtter høje tætheder af rejer.[1]

Ålegræsset som økosystemingeniør

Ålegræs (*Zostera marina*) er en flerårig havplante, der vokser i tætte bestande på blød bund, primært fra lavvandsstregen ud til ca. 5-10 meters dybde.[24] For *Palaemon adspersus* er ålegræsset det vigtigste habitat, da det leverer både skjul og føde. Plantens rødder og jordstængler stabiliserer havbunden, mens de lange blade dæmper vandbevægelser, hvilket skaber et roligt mikroklima for rejerne.[4]

Bladenes overflade fungerer som et substrat for epifytter (mikroalger) og bakterier, som rejerne græsser på. Undersøgelser har vist, at diæten for *P. adspersus* og *P. elegans* ofte består af ca. 40 % alger og 60 % animalsk bytte, herunder små krebsdyr og orme.[2] Ålegræsengene fungerer derfor som en "biodiversitets-pumpe", der understøtter en langt højere biomasse af smådyr end den omgivende barbund.[18]

Habitatfunktion	Beskrivelse	Effekt på tangrejepopulationen
Prædationsbeskyttelse	Tæt vegetation skjuler rejer for torsk og fladfisk	Øget overlevelse af juvenile og voksne
Fødegrundlag	Epifytvækst på blade og detritusophobning	Stabil energitilførsel året rundt
Opvækstområde	Roligt vand og rigelig føde til postlarver	Hurtig vækst og lav mortalitet i de tidlige stadier
Bundstabilisering	Reduktion af sandmobilitet og turbiditet	Bedre lysforhold og mindre stress for gæller

Stenrev og antropogene strukturer

Hvor ålegræsset er begrænset, finder især *Palaemon elegans* fodfæste på hårdbundshabitater. Stenrev, moler og havneanlæg tilbyder sprækker og huler, der fungerer som skjulesteder.[12] Etablering af biogene rev, såsom muslingebanker af blåmuslinger (*Mytilus edulis*), bidrager ligeledes til habitatkompleksiteten i danske fjorde og skaber tredimensionelle strukturer, som rejerne udnytter til fødesøgning.[26]

I Vejle Fjord og Odense Fjord, hvor store arealer af ålegræs er gået tabt, har man iværksat naturgenopretningsprojekter for at reetablere disse habitater.[25] Erfaringer viser, at udplantning af ålegræs hurtigt tiltrækker en rig fauna af bunddyr, og efter få år kan biodiversiteten i de transplanterede bede nå op på niveau med naturlige bestande.[25]

Fysiologisk tolerance og miljømæssige stressfaktorer

Tangrejer er kendt for deres brede tolerance over for fysiske og kemiske parametre, men de er ikke immune over for den voksende miljømæssige belastning af de danske kystvande.

Salinitet og Osmoregulering

Begge arter er euryhaline, hvilket betyder, at de kan tåle store udsving i saltholdighed. *Palaemon adspersus* kan overleve i vand med en salinitet helt ned til 1-5 PSU, hvilket gør den til en karakteristisk art for de brakke indre danske farvande og Østersøen.[1] Den har dog vist sig at være endnu mere halotolerant end tidligere antaget, med observationer af overlevelse i hypersaline søer med op til 55 PSU.[16]

Palaemon elegans udviser en lignende tolerance (0.9 - 45 PSU), men genetiske studier indikerer, at populationerne i Østersøen tilhører en specifik afstamning fra Middelhavet og Sortehavet, som har en særlig høj tolerance over for lav saltholdighed sammenlignet med de atlantiske populationer.[2] Ved meget lave temperaturer (<2^{0}C) svækkes rejernes evne til at regulere deres indre saltbalance, hvilket tvinger dem til at migrere mod dybere, varmere og mere saltholdigt vand om vinteren for at undgå dødelighed.[12]

Temperatur og Metabolisk Respons

Temperaturtolerancen for *Palaemon*-arter i Danmark spænder fra 0^{0}C til ca. 30^{0}C .[9] Deres stofskifte og dermed deres behov for ilt stiger markant med temperaturen.[30] I varme somre, hvor vandtemperaturen i lavvandede fjorde kan overstige 20^{0}C , bliver rejerne mere sårbare over for iltmangel, da deres respiratoriske krav kulminerer samtidig med, at vandets evne til at indeholde opløst ilt falder.[5]

Iltsvind: Mekanismer og biologiske konsekvenser

Iltsvind (hypoxi) er en af de mest kritiske miljøtrusler i Danmark, drevet af eutrofiering fra landbrug, industri og spildevand.[30] Når næringsstoffer som nitrat og fosfat skylles ud i havet, fører

det til en masseopblomstring af planktonalger. Når disse alger dør og synker til bunden, forbruges ilten i vandet af bakterier under nedbrydningsprocessen.[30]

Tærskelværdier for overlevelse

Iltsvind defineres generelt ved koncentrationer under 4 mg O_2/l, mens kraftigt iltsvind optræder under 2 mg O_2/l.[5] For tangrejer betyder faldende iltniveauer, at de må ændre adfærd for at overleve.

Iltkoncentration (mg/l)	Status	Effekt på tangrejer
8 - 10	God tilstand	Optimal vækst og reproduktion
4 - 6	Moderat iltsvind	Øget ventilationsrate, stressrespons
2 - 4	Iltsvind	Rejer søger mod overfladen eller land; nedsat fødesøgning
< 2	Kraftigt iltsvind	Massiv flugt eller mortalitet; risiko for kvælning
0	Anoxi	Dødelighed inden for timer; dannelse af svovlbrinte (H_2S)

Tangrejer er i stand til at detektere områder med lav ilt og vil aktivt forsøge at flygte.[5] Dette fører ofte til, at man ser store mængder rejer samlet i vandoverfladen eller helt inde ved bredden, hvor bølgeslag ilter vandet. Hvis iltsvindet er langvarigt og dækker store arealer, kan rejerne ikke flygte, hvilket fører til massedød.[30]

Bundvending og "Liglagen"

I ekstreme tilfælde, hvor ilten forsvinder helt fra sedimentet, opstår der kemiske processer, der frigiver den giftige gas svovlbrinte (H_2S .[30] Dette ledsages ofte af et hvidt lag af svovlbakterier på bunden, kendt som et "liglagen".[30] Svovlbrinte er dødelig for rejer, selv i små koncentrationer, da det blokerer for cellernes evne til at optage ilt. Bundvendinger, hvor giftige gasser og iltfrit vand

presses op i vandsøjlen af vind eller strøm, kan udslette hele årgange af tangrejer i løbet af få timer.[5]

Casestudie: Miljøtilstanden i Vejle Fjord (2023)

Vejle Fjord har i de senere år fungeret som et nationalt eksempel på den økologiske krise i de danske fjorde. Området er præget af kraftig landbaseret næringsstoftilførsel, hvilket har resulteret i en "dårlig miljøtilstand" ifølge EU's Vandrammedirektiv.[18]

Kildeopsplitning og næringsstofbelastning

Data fra 2023 og de foregående år viser, at Vejle Å står for hovedparten af udledningen af næringsstoffer til fjorden. En analyse af kvælstofbelastningen (Total Nitrogen, TN) og fosforbelastningen (Total Phosphorus, TP) viser følgende kildeopsplitning:

- **Landbrug (inkl. naturbidrag):** 82 % af TN og 60 % af TP.[27]
- **Spildevand:** 11 % af TN og 25 % af TP.[27]
- **Dambrug:** 7 % af TN og 15 % af TP.[27]

I januar 2023 blev der målt ekstremt høje koncentrationer af kvælstof efter kraftige nedbørshændelser, hvor den daglige tilførsel oversteg 6.000 kg TN.[34] Denne massive belastning fører til en eutrofieringsgradient fra inderfjord til yderfjord, hvor inderfjorden er præget af enorme mængder planteplankton og opportunistiske alger (f.eks. fedtemøg), der skygger for ålegræsset og kvæler bunden.[18]

Krabbeeksplosionen og dens betydning for rejer

Manglen på store rovfisk som torsk, der er bukket under for iltsvind og overfiskning, har ført til en trofisk kaskade i Vejle Fjord. Bestanden af strandkrabber (*Carcinus maenas*) er eksploderet og anslås nu til at overstige 400 millioner individer.[34] Denne enorme mængde krabber udgør en betydelig trussel mod tangrejepopulationen, da krabberne præderer på juvenile rejer og konkurrerer om de få tilbageværende skjulesteder.[34] Desuden skader krabberne det nysåede ålegræs, hvilket hindrer den naturlige genopretning af rejernes primære habitat.[34]

Forskning tyder på, at en reduktion i næringsstoftilførslen på mindst 30-50 % er nødvendig for at skabe betingelser, hvor ålegræsset kan genetableres og biodiversiteten, herunder tangrejebestanden, kan stabiliseres.[27]

Konkurrence og Artsudskiftning i Danske Farvande

Ankomsten af *Palaemon elegans* til de indre danske farvande og Østersøen har ændret det økologiske landskab. Før år 2000 var *Palaemon adspersus* og *Palaemonetes varians* de dominerende arter, men *P. elegans* har hurtigt etableret sig og er nu den mest talrige art mange steder.[6]

Konkurrencemekanismer

Selvom de to arter lever af lignende fødekilder, tyder feltobservationer og laboratorieundersøgelser på, at *P. elegans* er mere aggressiv og har en højere reproduktiv kapacitet under visse forhold.[2] Den invasive *Palaemon macrodactylus* har i forsøg vist sig endnu mere aggressiv og bruger mere tid på at opsøge og forsvare fødekilder end de hjemmehørende arter.[11]

I områder med mangel på ålegræs har *P. adspersus* svært ved at klare sig, mens *P. elegans* trives på sten og moler. Denne habitat-specifikke fordel har ført til, at *P. adspersus* i vid udstrækning er blevet fortrængt til de få tilbageværende områder med sund vegetation, mens *P. elegans* dominerer de mere eksponerede kyststrækninger.[1] Energimæssigt er de to arter dog næsten identiske, med en energiværdi på ca. 16,5 - 16,7 J/mg tørvægt, hvilket betyder, at de udfører den samme trofiske funktion som byttedyr for fisk.[37]

Toksikologi og Bioakkumulering: Cadmium som eksempel

Tangrejer fungerer som bioindikatorer for kemisk forurening i kystzonen. Et markant eksempel er deres interaktion med tungmetallet cadmium (Cd), som er giftigt og svært at udskille for de fleste organismer.[15]

Akkumulering og afgiftning gennem fældning

Tangrejer akkumulerer cadmium i deres ydre skelet. Dette skelet består primært af kitin, som kemisk kan binde metallet. Når rejen vokser og gennemgår sin regelmæssige fældning, afstødes det gamle exoskelet, og rejen kommer dermed af med en stor del af sin kropsbyrde af cadmium og andre uvelkomne stoffer.[15] Denne proces er en effektiv, omend ubevidst, afgiftningsmekanisme, der tillader rejerne at overleve i områder med moderat tungmetalbelastning.

Larval sensitivitet

Selvom voksne rejer kan håndtere visse mængder tungmetaller, er deres larver (zoea-stadierne) ekstremt følsomme. Eksperimenter har vist, at cadmium er højtoksisk for larver af *P. adspersus*, og LC_{50} værdierne (den koncentration, der dræber halvdelen af forsøgsdyrene) falder markant med eksponeringstiden.[38] Dette betyder, at selvom voksne rejer kan findes i et forurenet område, kan deres reproduktive succes være lig nul, fordi larverne aldrig når metamorfosen.

Klimaforandringer og Fremtidsperspektiver

Det fremtidige klima i Danmark forventes at have gennemgribende effekter på havmiljøet og dermed på tangrejernes levevilkår.

Opvarmning og Stratificering

Et varmere klima medfører en kraftigere lagdeling (stratificering) af vandsøjlen. Når det lette, varme overfladevand lægger sig som et "låg" over det koldere og tungere bundvand, forhindres

opblandingen af ilt fra luften.[5] Dette øger risikoen for langvarige og intense iltsvindshændelser, især i dybe render og indelukkede fjorde.[5]

Samtidig øger varmen rejernes energiforbrug. Hvis temperaturstigningen ikke ledsages af en tilsvarende stigning i fødeproduktionen, kan rejerne opleve fysiologisk stress, nedsat vækst og dårligere reproduktion. For arter som *P. elegans*, der har en naturlig udbredelse helt ned til det vestlige Afrika, kan temperaturstigningen dog være en fordel, der tillader dem at forlænge deres vækstsæson i de danske farvande.[2]

Øget nedbør og næringsstofudvaskning

Meteorologiske modeller forudsiger mere ekstreme regnskyl i fremtiden.[30] Dette vil øge udvaskningen af kvælstof fra markerne, hvilket direkte modarbejder målsætningerne i de nationale vandområdeplaner.[27] For tangrejerne betyder det en øget hyppighed af algeopblomstringer og deraf følgende iltsvind. Desuden kan store mængder ferskvand lokalt sænke saliniteten så meget, at det påvirker larvernes overlevelse i de indre dele af fjordene.[34]

Konklusioner og Anbefalinger

Analysen af tangrejernes livscyklus og deres interaktion med det danske havmiljø understreger deres rolle som centrale aktører i de kystnære økosystemer. Deres skæbne er tæt knyttet til forvaltningen af vores landarealer og beskyttelsen af kritiske habitater som ålegræsenge.

Nøgleindsigter

1. **Habitat-afhængighed:** Den oprindelige *Palaemon adspersus* er kritisk afhængig af sunde ålegræsbestande. Tabet af disse habitater fører til en artsudskiftning til fordel for den mere opportunistiske *Palaemon elegans* eller i værste fald til et økologisk kollaps som set i Vejle Fjord.
2. **Ilt-tærskler:** Tangrejer har en relativt høj tolerance, men iltkoncentrationer under 2 mg/l udgør en akut trussel. Den voksende hyppighed af iltsvind grundet eutrofiering og klimaforandringer truer med at skabe permanente døde zoner i danske fjorde.
3. **Trofiske forstyrrelser:** Ubalancen i fiskebestanden, eksemplificeret ved krabbeeksplosionen, skaber et fjendtligt miljø for rejer, hvilket vanskeliggør naturgenopretning selv når vandkvaliteten forbedres.
4. **Klimatiske udfordringer:** Stigende temperaturer og øget nedbør forstærker de eksisterende problemer med eutrofiering og iltsvind, hvilket kræver endnu mere ambitiøse reduktioner i næringsstoftilførslen end hidtil antaget.

For at sikre sunde bestande af tangrejer i fremtiden kræves en helhedsorienteret forvaltningsindsats, der kombinerer marine virkemidler (genopretning af ålegræs og stenrev) med massive reduktioner i landbaserede udledninger. Kun gennem en forbedring af den generelle

økologiske tilstand kan tangrejerne fortsætte med at fungere som det vigtige bindeled i den danske marine fødekæde.

Citerede værker

1. Palaemon adspersus - Wikipedia, tilgået april 5, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Palaemon_adspersus
2. Tangreje (Palaemon elegans) - Naturbasen, tilgået april 5, 2026, https://www.naturbasen.dk/art/5394/tangreje
3. Ålegræsbede - Dansk Skaldyrcenter e-learning, tilgået april 5, 2026, https://e-learning.skaldyrcenter.dk/oekosystemer/a%CC%8Alegraesbede/
4. Ålegræs og vandmiljøet - Danmarks miljøtilstand, tilgået april 5, 2026, https://miljotilstand.dk/vandmiljoe/aalegraes-og-vandmiljoeet
5. Varmere klima giver mere iltsvind - Aktuel Naturvidenskab, tilgået april 5, 2026, https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/tema/an3iltsvind3.pdf
6. Palaemon adspersus Rathke, 1837. Identification and photograph – Cédric d'Udekem d'Acoz. - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/figure/Palaemon-adspersus-Rathke-1837-Identification-and-photograph-Cedric-dUdekem-dAcoz_fig2_215701041
7. World Register of Marine Species - Palaemon adspersus Rathke, 1836 - WoRMS, tilgået april 5, 2026, http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=107613
8. World Register of Marine Species - Palaemon elegans Rathke, 1836 - WoRMS, tilgået april 5, 2026, http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=107614
9. Palaemon elegans | Mass.gov, tilgået april 5, 2026, https://www.mass.gov/doc/peleganspdf/download
10. Palaemon macrodactylus - Marine Invasions research at SERC, tilgået april 5, 2026, https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/96450
11. Interspecific Aggression and Food Competition between the Global Invader Palaemon macrodactylus and the Native Palaemon elegans - MDPI, tilgået april 5, 2026, https://www.mdpi.com/2077-1312/10/11/1593
12. Palaemon elegans - Marine Invasions research at SERC, tilgået april 5, 2026, https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/96466
13. Palaemon adspersus - Marine Invasions research at SERC, tilgået april 5, 2026, https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/-675
14. Palaemon elegans • crustacea - Fishipedia, tilgået april 5, 2026, https://www.fishipedia.com/crustacea/palaemon-elegans
15. Tangreje - Fjord&Bælt, tilgået april 5, 2026, https://fjordbaelt.dk/tangreje/
16. The Prawn Palaemon adspersus in the Hypersaline Lake Moynaki (Crimea): Ecology, Long-Term Changes, and Prospects for Aquaculture - MDPI, tilgået april 5, 2026, https://www.mdpi.com/2073-4441/14/18/2786
17. E/63 THE SUITABILITY OF THE ENGLISH PRAWN Palaemon serratus (PENNANT) FOR CULTIVATION - A PRELIMINARY ASSESSMENT, tilgået april 5, 2026, https://www.fao.org/4/ac741t/ac741t34.htm
18. Environmental status and modelling effort in Vejle Fjord, tilgået april 5, 2026, https://www.vejleaadalogfjord.dk/sites/vejleaadalogfjord.dk/files/2023-

06/Vejle%20Fjord%20model%20status%20report.pdf
19. Temperature-mediated developmental plasticity in winter and summer larvae of Palaemon serratus | Request PDF - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/363927729_Temperature-mediated_developmental_plasticity_in_winter_and_summer_larvae_of_Palaemon_serratus
20. The Larval Development of some British Prawns (Palaemonidae). II. Leander longirostris and Leander squilla - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/249374193_The_Larval_Development_of_some_British_Prawns_Palaemonidae_II_Leander_longirostris_and_Leander_squilla
21. (PDF) Seasonal growth and reproduction biology of the Baltic prawn, Palaemon adspersus (Decapoda: Palaemonidae), in the southern Black Sea - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/231961830_Seasonal_growth_and_reproduction_biology_of_the_Baltic_prawn_Palaemon_adspersus_Decapoda_Palaemonidae_in_the_southern_Black_Sea
22. Comparative population dynamics of two sympatric Palaemon shrimps (Palaemon adspersus Rathke, 1836 and Palaemon elegans Rathke, 1836) from the Southeast Caspian Sea - Frontiers, tilgået april 5, 2026, https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2022.928445/full
23. Marine habitaters understøttelse af vigtige biologiske ..., tilgået april 5, 2026, https://marinnatur.dk/media/72366/marine-habitaters-oekosystemtjenester.pdf
24. Ålegræs - Naturhistorisk Museum, tilgået april 5, 2026, https://www.naturhistoriskmuseum.dk/viden-forskning/naturlex/planter/%C3%A5legr%C3%A6s
25. Ålegræs og tang afgørende for sunde fjorde og kystvande - DTU Aqua, tilgået april 5, 2026, https://www.aqua.dtu.dk/newsarchive/2024/09/nyhedsside-med-container-og-celler
26. Muslinge- og østersbanker, tilgået april 5, 2026, https://marinnatur.dk/media/72994/behov-for-etablering-af-muslingebanker.pdf
27. Modelaktivitet i projekt Sund Vejle Fjord - Vejle Ådal og Fjord, tilgået april 5, 2026, https://www.vejleaadalogfjord.dk/sites/vejleaadalogfjord.dk/files/2023-06/Modelaktivitet%20i%20Sund%20Vejle%20Fjord.pdf
28. (PDF) Applying multiple marine restoration approaches and quantifying ecosystem services in Danish estuaries - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/384321830_Applying_multiple_marine_restoration_approaches_and_quantifying_ecosystem_services_in_Danish_estuaries
29. Palaemon elegans Rathke, 1837 (Caridea: Palaemonoidea: Palaemonidae) established in the Gulf of Finland, tilgået april 5, 2026, https://www.zin.ru/labs/marine/papers/Katajisto%20ea%202013%20Palaemon%20elegans%20established%20in%20the%20Gulf%20of%20Finland.pdf
30. Eutrofiering - WWF Danmark, tilgået april 5, 2026, https://wwf.dk/forstaa-naturkrisen/naeste-generation/opdaghavet/miljoetemaer/eutrofiering/
31. Iltsvind - Miljøstyrelsen, tilgået april 5, 2026, https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/havet/iltsvind
32. Eutrofiering og iltsvind i søer og andre vandområder - GoTutor, tilgået april 5, 2026, https://gotutor.dk/blog/eutrofiering-og-iltsvind-i-soer-og-andre-vandomrader
33. Iltsvind i havet - Danmarks miljøtilstand, tilgået april 5, 2026,

https://miljotilstand.dk/vandmiljoe/iltsvind-i-havet
34. (PDF) Why is Vejle Fjord, Denmark, considered 'dead'? A review of ..., tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/400784078_Why_is_Vejle_Fjord_Denmark_considered_'dead'_A_review_of_causes_mitigants_and_climate-change_scenarios_with_suggested_policy_changes
35. Næringsstofbelastning fra Vejle Å til Vejle Fjord, GeoHav 15. december 2025, tilgået april 5, 2026, https://www.geohav.dk/pdfarchive/459161358914385.pdf
36. SUND VEJLE FJORD - Research and innovation, tilgået april 5, 2026, https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-03/Steinfurth_Vejle%20Fjord.pdf
37. Energy values and energy resources of two prawns in Baltic coastal waters: the indigenous Palaemon adspersus and the non - Biblioteka Nauki, tilgået april 5, 2026, https://bibliotekanauki.pl/articles/48799.pdf
38. Zoea – I stage of P. adspersus. | Download Scientific Diagram - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/figure/Zoea-I-stage-of-P-adspersus_fig1_319433608