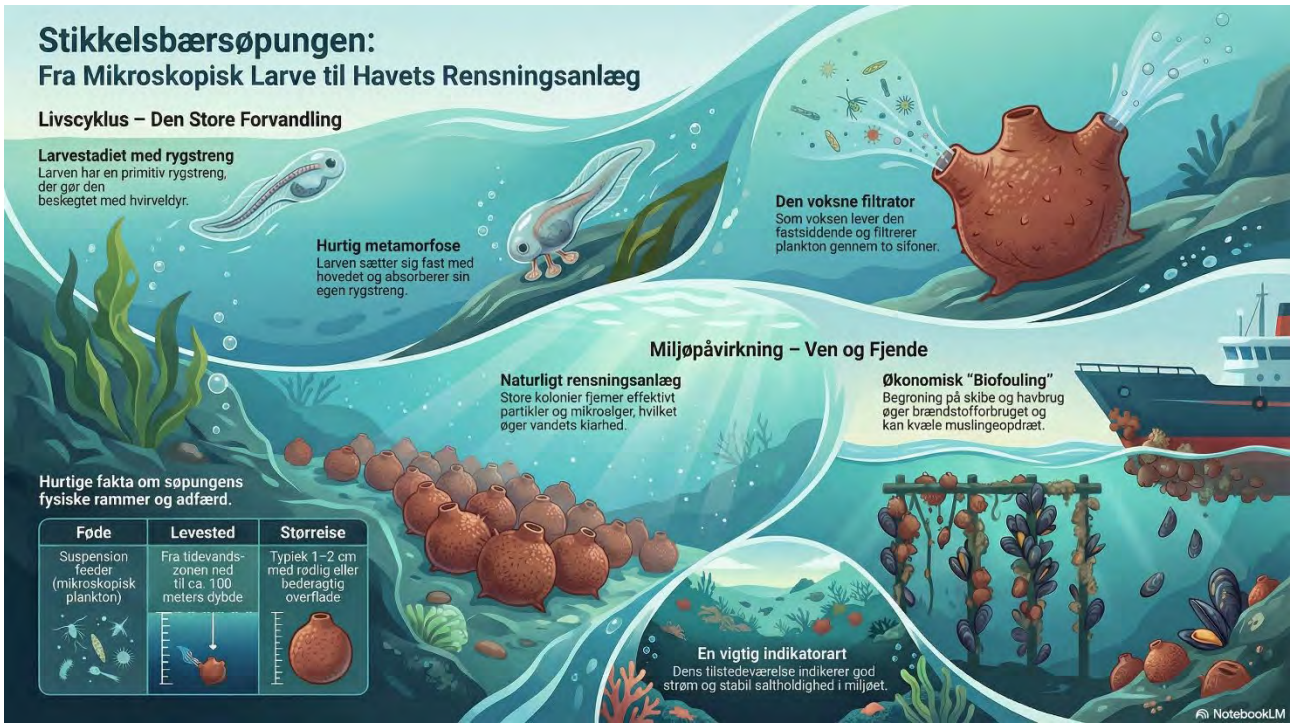
Søpung Dendrodoa

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen



Indhold

Kort oversigt 2

1. Livscyklus: Fra frisvømmende "haletudse" til fastsiddende voksen 2

2. Miljøpåvirkning og økologisk rolle 3

Potentielle negative påvirkninger (Biofouling) 3

Hurtige fakta 4

Økologisk og biologisk profil af stikkelsbærsøpungen Dendrodoa grossularia i nordeuropæiske marine økosystemer 5

Taksonomisk taksonomi og morfologisk plasticitet 5

Fænotypisk variation og strukturel anatomi 5

Reproduktionsbiologi og livscyklusdynamik 6

Gametogenese og sæsonvariation 6

Brooding-mekanisme og embryonal udvikling 7

Det larvale stadie og bosætning 8

Habitatpræferencer og hydrografiske faktorer 8

Energirige miljøer og bølgeeksponering 8
Variable saltholdighedsregimer og fjordøkosystemer 8
Fysiologisk økologi og filtreringsmekanik 9
Filtreringskapacitet og biometri 9
Selektivitet og fødesammensætning 10
Miljøpåvirkning og næringsstofkredsløb 10
Biodeponering og sedimentændringer 10
Søpunge som næringskilder og -dræn 10
Interaktioner med muslingeopdræt og maritim industri 11
Konkurrence og fysisk påvirkning i akvakultur 11
Bekæmpelse og forvaltning i Limfjorden 12
Trusler, bevaring og national ansvarsstatus 12
Miljømæssige trusselsfaktorer 12
Bevaringstiltag og forvaltning 13
Fremtidige perspektiver under globale klimaforandringer 13
Temperaturstigning og metaboliske responser 13
Forsuring af havene 13
Forventede udbredelsesforskydninger 14
Konklusion og sammenfatning 14
Citerede værker 15

Kort oversigt

Søpungen *Dendrodoa grossularia* (på dansk ofte kaldet **stikkelsbærsøpung**) er en fascinerende lille sækformet organisme, der er vidt udbredt i danske farvande. Selvom den ligner en simpel geleagtig klump, er den faktisk et af de hvirvelløse dyr, der er tættest beslægtet med os hvirveldyr på grund af deres rygstreng i larvestadiet.

Her er et overblik over dens livscyklus og dens rolle i miljøet.

1. Livscyklus: Fra frisvømmende "haletudse" til fastsiddende voksen

Dendrodoa grossularia adskiller sig fra mange andre søpunge ved at være **ovovivipar** (den ruger sine æg ud internt).

- **Befrugtning:** Den er hermafrodit (både han og hun). Befrugtningen sker internt i dyrets atrium (kropshule), hvor æggene opbevares, indtil de klækker.
- **Larvestadiet:** Larven ligner en lille haletudse. Den har en primitiv rygstreng (*chorda*), hvilket placerer den i rækken Chordata. Larven svømmer kun frit i meget kort tid (ofte kun få timer), da dens eneste opgave er at finde et godt sted at sætte sig fast.
- **Metamorfose:** Når larven finder et egnet substrat (f.eks. en sten, en muslingeskal eller tang), sætter den sig fast med hovedet først ved hjælp af klæbeorganer. Her gennemgår den en drastisk forvandling: rygstrengen absorberes, og de voksne organer som gællesækken udvikles.
- **Voksenstadiet:** Som voksen er den fastsiddende og lever af at filtrere havvand for plankton og organiske partikler. Den når typisk en størrelse på 1–2 cm og har en karakteristisk rødlig eller læderagtig overflade.

2. Miljøpåvirkning og økologisk rolle

Søpungen spiller en vigtig rolle i det marine økosystem, både som "rensningsanlæg" og som levested.

Positive påvirkninger

- **Vandfiltrering:** En koloni af søpunge kan filtrere enorme mængder vand. De fjerner partikler og mikroalger, hvilket bidrager til at øge vandets klarhed.
- **Biodiversitet:** De skaber komplekse overflader på ellers glatte sten eller skrog, hvilket giver fæstne for andre små organismer (epifauna). De fungerer også som føde for visse snegle, fladfisk og krabber.
- **Indikatorart:** Forekomsten af *Dendrodoa* kan fortælle noget om vandkvaliteten, da de trives bedst i områder med god strøm og stabil saltholdighed.

Potentielle negative påvirkninger (Biofouling)

- **Konkurrence:** I områder med høj næringsbelastning (eutrofiering) kan søpunge formere sig eksplosivt. De kan udkonkurrere andre arter som blåmuslinger om plads og føde.
- **Økonomisk impact:** *Dendrodoa* er kendt for "biofouling", hvor de sætter sig fast på skibsskrog, havbrug (fiskeopdræt) og muslingeopdræt. Dette øger brændstofforbruget for skibe og kan kvæle muslinger i opdrætsanlæg.

Hurtige fakta

Egenskab	Beskrivelse
Type	Solitær (men sidder ofte tæt i grupper)
Føde	Suspension feeder (mikroskopisk plankton)
Levested	Fra tidevandszonen ned til ca. 100 meters dybde
Kendetegn	To åbninger (sifoner) øverst til ind- og udstrømningsvand

Økologisk og biologisk profil af stikkelsbærsøpungen Dendrodoa grossularia i nordeuropæiske marine økosystemer

Den bentiske marine fauna i de indre danske farvande og de tilstødende nordatlantiske regioner er karakteriseret ved en kompleks sammensætning af fastsiddende filtratorer, hvoraf stikkelsbærsøpungen, *Dendrodoa grossularia*, udgør en af de mest prominente og økologisk betydningsfulde arter. Som medlem af klassen Ascidiacea og familien Styelidae repræsenterer denne art en unik evolutionær linje af hvirvelløse kordyr, der spiller en central rolle i energitransformationen mellem det pelagiske og bentiske domæne. I Danmark er arten klassificeret som en national ansvarsart, hvilket indebærer, at de danske farvande på kritiske tidspunkter i artens livscyklus rummer en så væsentlig del af den samlede globale bestand, at der påhviler nationen et særligt ansvar for dens beskyttelse og forvaltning.[1]

Taksonomisk taksonomi og morfologisk plasticitet

Dendrodoa grossularia tilhører ordenen Stolidobranchia, en gruppe af søpunge kendetegnet ved deres robuste og ofte læderagtige kappe. Navnet "stikkelsbærsøpung" refererer direkte til dens ydre lighed med frugten, især når den optræder som enlige, rødlige individer med en hvælvet overside.[2] Den videnskabelige beskrivelse understreger dens position som et solitært dyr, men i praksis udviser arten en betydelig tendens til aggregering, hvilket fører til markante morfologiske variationer afhængigt af miljøfaktorer og populationstæthed.

Fænotypisk variation og strukturel anatomi

Individer af *Dendrodoa grossularia* udviser en form for arkitektonisk plasticitet, der gør dem i stand til at kolonisere vidt forskellige habitater. Når de findes som isolerede individer på flade overflader, antager de typisk en kuppelformet struktur med en diameter på op til 12 mm, hvor den flade basis sikrer en stærk adhæsion til underlaget.[2] I miljøer, hvor pladskonkurrencen er høj, og individerne sidder tæt sammen i måtter, tvinges kroppen ind i en mere opretstående, tøndeformet eller cylindrisk form. Under disse forhold kan højden nå op på 25 mm, mens diameteren forbliver relativt begrænset.[2]

Kroppen er beskyttet af en tyk kappe, også kaldet en tunica, som er et sekret fra mantelen. Denne kappe er unik i dyreriget, da den indeholder tunicin, et komplekst polysakkarid, der kemisk minder om planters cellulose.[4] Denne struktur fungerer som et ydre skelet, der yder beskyttelse mod mekanisk slid i bølgeeksponerede områder og fungerer som en barriere mod prædation. Farven på kappen varierer fra en lyserød nuance til en dyb, rustrød eller rødbrun farve, hvilket gør den let genkendelig i felten, selvom den i visse tilfælde kan være dækket af sedimentpartikler.[3]

Morfologisk variabel	Solitært individ	Aggregeret/Kolonidannende
Grundform	Fladtrykt kuppel	Opretstående tønde/cylinder
Maksimal højde	ca. 6-10 mm	Op til 25 mm
Maksimal diameter	ca. 12-15 mm	Begrænset af naboer
Basis	Bred og spredende	Smal og opret
Sifoner	Korte, diskrete	Tydelige, udstrakte

Kildehenvisninger: [2]

Sifonsystemet hos *Dendrodoa grossularia* består af to åbninger placeret tæt sammen på dyrets top. Den orale sifon fungerer som indgangsport for havvand, mens den atriale sifon udstøder filtreret vand og affaldsstoffer. Begge sifoner er kvadratiske eller fire-lobede i deres tværsnit, når de er delvist kontraherede, men de antager en rund og udvidet form, når dyret pumper vand aktivt.[3] Denne anatomiske konfiguration er essentiel for artens overlevelse i miljøer med høj partikelbelastning, da den tillader hurtig regulering af vandgennemstrømningen.

Reproduktionsbiologi og livscyklusdynamik

Reproduktionen hos *Dendrodoa grossularia* er præget af en høj grad af specialisering sammenlignet med andre nordeuropæiske søpunge. Som hermafrodit besidder hvert individ en enkelt, sammensat gonad, der indeholder både ovarie- og testisvæv.[2] Livscyklussen er generelt enårig, men i visse populationer kan individer overleve i op til 18-24 måneder, hvilket giver mulighed for flere reproduktive peaks over to sæsoner.[6]

Gametogenese og sæsonvariation

Udviklingen af kønsceller er tæt korreleret med de sæsonmæssige temperaturudsving i de britiske og danske farvande. Histologiske analyser viser, at gonaden undergår markante ændringer gennem året. I vinterperioden er ovariet domineret af talrige små oocytter med en diameter på ca. 50 μm.[6]

Med forårets komme og stigende temperaturer påbegyndes en intensiv blommeakkumulering (vitellogenese), hvor oocytterne vokser til en moden størrelse på 200-300 µm.[6]

Sideløbende hermed viser testisvævet størst aktivitet i foråret og sommeren, karakteriseret ved hurtigt delende kerner og tilstedeværelsen af modne spermatozoer. Efter den primære gydningsperiode i sensommeren og efteråret observeres en form for "phagocytose", hvor specielle celler nedbryder og absorberer overskydende kønsceller og restmateriale, hvilket forbereder organismen på vinterhvilen.[6]

Region	Start på gydning	Maksimal intensitet	Efterårspeak
Essex (Sublittoral)	Marts	Maj	September - November
Clyde (Littoral)	April/Maj	Juni	Oktober
Danmark (Generelt)	Forår	Forsommer	Tidligt efterår

Kildehenvisninger: [2]

Brooding-mekanisme og embryonal udvikling

I modsætning til mange andre søpunge, der frigiver deres æg direkte til vandsøjlen (broadcast spawning), praktiserer *Dendrodoa grossularia* en form for ynglepleje. Æggene frigives til dyrets kloakhule (atrial cavity), hvor de fastholdes af specielle "brood filaments" – fine tråde, der strækker sig mellem gællesækken og kropsvæggen.[6] Her foregår befrugtningen internt, og de tidlige embryonale stadier gennemføres beskyttet inde i moderorganismen.

Denne strategi medfører flere økologiske fordele:

1. Højere overlevelsesrate for de tidlige udviklingsstadier sammenlignet med pelagiske æg.
2. Mulighed for at reproducere succesfuldt i miljøer med kraftig vandstrøm, hvor ekstern befrugtning ville være ineffektiv.
3. Præcis bosætning af afkom i nærheden af veletablerede voksne individer.

En enkelt voksen kan producere og pleje godt 100 æg ad gangen.[2] De blodrøde æg udvikler sig til rødlig-brune larver, som efter endt inkubation frigives gennem den atriale sifon.

Det larvale stadie og bosætning

De frigivne larver er ca. 2 mm lange og minder i form om haletudser. De er udstyret med en rygstreng og en hale, der gør dem i stand til at svømme aktivt, men deres fritsvømmende fase er ekstremt kortvarig og varer typisk kun få timer.[2] I denne periode indtager larven ikke føde, da dens primære funktion er spredning og identifikation af et egnet substrat. På grund af den korte tid i vandsøjlen er spredningsdistancen begrænset, hvilket forklarer artens tendens til at danne store, sammenhængende måtter, hvor larverne ofte sætter sig direkte på de voksne individers kappe.[2]

Når en larve finder et passende underlag, hæfter den sig fast med sine adhæsionsorganer og undergår en dramatisk metamorfose. Halen absorberes, rygstrengen forsvinder, og de indre organer roterer, så dyret kan påbegynde sit liv som fastsiddende filtrator. Denne hurtige overgang fra en motil larve til et sessilt voksenstadium gør *Dendrodoa* til en effektiv kolonisator af ledige nicher på sten, skaller og alger.[2]

Habitatpræferencer og hydrografiske faktorer

Udbredelsen af *Dendrodoa grossularia* i Nordeuropa strækker sig fra de arktiske farvande til den franske kyst i Bretagne, og den findes både i Nordsøen og ind i den vestlige del af Østersøen omkring Bornholm.[2] Dens økologiske succes skyldes en kombination af høj tolerance over for fysisk stress og evnen til at udnytte specifikke hydrografiske forhold.

Energirige miljøer og bølgeeksponering

Arten er særligt dominerende i to typer af kontrasterende miljøer. For det første trives den i bølgeeksponerede zoner, såsom render (surge gullies), huler og tunneler på den nedre kyststrækning og i det infralittorale bånd.[8] I disse områder medfører bølgeaktiviteten en konstant vandudskiftning, hvilket sikrer en rigelig tilførsel af planktonisk føde og effektiv fjernelse af ekskretionsprodukter.

I hulesystemer danner *Dendrodoa* ofte tætte, kontinuerlige måtter, der dækker overhængende klipper og vertikale vægge. Her konkurrerer de med forskellige svampearter som *Clathrina coriacea*, *Halichondria panicea* og *Pachymatisma johnstonia*.[8] Da disse habitater ofte er præget af lavt lysindfald, er makroalgerne fraværende eller sparsomme, hvilket efterlader klippefladen til rådighed for den fastsiddende fauna.

Variable saltholdighedsregimer og fjordøkosystemer

For det andet findes *Dendrodoa grossularia* i ekstremt beskyttede miljøer, såsom britiske "sea lochs" og danske fjorde, hvor bølgegangen er minimal, men hvor tidevandsstrømme eller densitetsdrevne strømme skaber frisk vandstrøm.[3] I disse områder udviser arten en bemærkelsesværdig tolerance over for variabel salinitet.

I danske farvande som Limfjorden og de indre stræder er hydrografien præget af den estuarine cirkulation, hvor saltholdigt vand fra Nordsøen strømmer ind langs bunden, mens brakvand fra

Østersøen bevæger sig ud i de øvre lag.[11] *Dendrodoa grossularia* er i stand til at tolerere saliniteter ned til under 18 psu, hvilket gør det muligt for den at trænge langt ind i de danske bælter og sunde.[7] Dens evne til at modstå salinitetsfald skyldes sandsynligvis dens robuste kappe og evnen til at lukke sifonerne i kortere perioder med ekstremt lav saltholdighed.

Parameter	Optimalt område	Tolerancegrænse
Salinitet	30 - 35 psu (Fuld)	Ned til <18 psu (Reduceret)
Temperatur	8 - 15 °C	4 - 21 °C (Overlevelse)
Dybde	0 - 50 m	Ned til 600 m
Vandbevægelse	Moderat til stærk	Tåler ekstrem bølgegang

Kildehenvisninger: [2]

Fysiologisk økologi og filtreringsmekanik

Som filtrerende organisme fungerer *Dendrodoa grossularia* som en biologisk pumpe, der kontinuerligt flytter vand gennem sin krop for at udvinde næring. Denne proces er ikke blot afgørende for dyrets egen vækst, men har vidtrækkende konsekvenser for vandkvaliteten og det lokale næringskredsløb.

Filtreringskapacitet og biometri

Søpunge filtrerer vand ved hjælp af ciliært drevne strømme, der fører vand ind gennem den orale sifon, gennem gællesækken og ud gennem den atriale sifon. Partikler indfanges i et fint net af slim (mucus), som løbende transporteres til spiserøret.[2] Filtreringsraten er stærkt afhængig af dyrets størrelse, vandtemperaturen og koncentrationen af partikler i vandet.

Selvom de mest detaljerede målinger ofte er udført på den større art *Ciona intestinalis*, kan lignende biometriske principper anvendes på *Dendrodoa*. For *C. intestinalis* er filtreringsraten (F, i ml/min) relateret til tørvægten (W, i gram) gennem følgende potensfunktion:

$$F = 118 \cdot W_{total}^{0.68}$$

For *Dendrodoa grossularia*, som har en mere robust og muskuløs struktur, er den specifikke filtreringsrate pr. gram væv ofte noget lavere end hos de mere gelatinøse arter, men dette kompenseres der for ved de enorme populationstætheder, arten kan opnå.[13] I områder med op til 5.000 individer pr. kvadratmeter kan den samlede filtreringspåvirkning på vandsøjlen være dominerende, især i lavvandede bugter og fjorde.[13]

Selektivitet og fødesammensætning

Dendrodoa filtrerer primært fytoplankton, bakterier og små partikler af organisk detritus (seston).

Undersøgelser af beslægtede filterfejdere indikerer, at partikler ned til 4 μm tilbageholdes med næsten 100 % effektivitet.[16] Der er dog tegn på, at filterfejdere kan udvise en vis grad af fødeselektivitet baseret på partiklernes næringsværdi eller overfladekemi. I perioder med kraftige algeopblomstringer kan filtreringsraten falde, hvis tarmen bliver fyldt, eller hvis koncentrationen af partikler bliver så høj, at det blokerer slimnettet.[13]

Miljøpåvirkning og næringsstofkredsløb

Tilstedeværelsen af tætte populationer af *Dendrodoa grossularia* medfører en betydelig ændring af det biogeokemiske miljø ved sediment-vand-grænsefladen. Denne proces, ofte kaldet pelagisk-bentisk kobling, involverer transport af energi og materiale fra den frie vandsøjle til bunden.

Biodeponering og sedimentændringer

Når søpunge filtrerer store mængder vand, producerer de fæces og pseudofæces (partikler der er indfanget men ikke indtaget). Disse biodepoter er rige på organisk kulstof, kvælstof og fosfor og synker hurtigt til bunden i nærheden af kolonien.[18] Denne ophobning af organisk materiale kan medføre flere effekter:

1. **Stimulering af mikrobiel aktivitet:** Nedbrydning af det organiske materiale øger det mikrobielle iltforbrug i sedimentet.
2. **Ændring af redox-forhold:** Kraftig deponering kan føre til iltsvind (hypoxia) i de øverste sedimentlag, hvilket fremmer processer som sulfatreduktion og ammonifikation.[19]
3. **Habitat for infauna:** De organiske depoter kan i moderate mængder øge biodiversiteten og produktiviteten af gravende børsteorme og krebsdyr.[19]

Søpunge som næringskilder og -dræn

Søpunge fungerer både som kilder til og dræn for næringsstoffer i det marine miljø. Gennem deres stofskifte udskiller de opløste uorganiske næringsstoffer, især ammonium (NH_4^+) og fosfat (PO_4^{3-}), direkte til vandet. Disse stoffer er essentielle gødningsstoffer for alger og kan dermed stimulere den primærproduktion, som søpungene selv lever af – en positiv feedback-mekanisme.[18]

Omvendt kan søpunge bidrage til fjernelse af kvælstof fra systemet gennem fremme af denitrifikation. Denitrifikation er en mikrobiel proces, hvor nitrat omdannes til frit kvælstofgas (N_2),

som derefter kan forlade vandet og stige op i atmosfæren. Selvom søpungene ikke selv udfører denne proces, skaber deres biodeponering og de dannede biofilm på deres kapper de ideelle anaerobe forhold, som denitrificerende bakterier kræver.[23]

Biogeokemisk proces	**Mekanisme**	**Effekt på økosystemet**
Filtrering	Fjernelse af fytoplankton	Øget vandklarhed, kontrol af algeopblomstringer
Biodeponering	Udskillelse af fæces/pseudofæces	Berigelse af sedimentet, føde for detritivorer
Ekskretion	Frigivelse af NH_4^+ ogPO_4	Recirkulering af næring til nye alger
Denitrifikation	Mikrobiel N-transformation	Potentiel reduktion af eutrofiering

Kildehenvisninger: [18]

Interaktioner med muslingeopdræt og maritim industri

I de danske farvande, især i Limfjorden, er *Dendrodoa grossularia* og andre søpunge kilde til betydelig økonomisk og operationel bekymring inden for muslingerhvervet. Som begroningsorganismer (fouling) kan de have en direkte negativ indvirkning på produktionen af blåmuslinger (*Mytilus edulis*).

Konkurrence og fysisk påvirkning i akvakultur

Når muslinger opdrættes på liner (langliner) i vandsøjlen, tilbyder disse strukturer et ideelt substrat for *Dendrodoa*-larver. Søpungene kan hurtigt kolonisere både linerne og selve muslingeskallerne. Dette medfører flere problemer:

1. **Fødekonkurrence:** Da både muslinger og søpunge filtrerer de samme størrelsesklasser af plankton, kan tætte populationer af søpunge reducere mængden af tilgængelig føde for muslingerne, hvilket fører til langsommere vækst og lavere kødfyldte hos muslingerne.[20]
2. **Mekanisk belastning:** Den akkumulerede vægt af tusindvis af søpunge kan øge belastningen på opdrætsanlægget betydeligt, hvilket øger risikoen for, at liner knækker, eller at muslingestrømperne falder af under stormvejr.[27]
3. **Håndtering og processering:** Under høst og efterfølgende rensning af muslingerne kræver fjernelse af fastsiddende søpunge ekstra arbejde og energi, hvilket øger produktionsomkostningerne.[27]

Bekæmpelse og forvaltning i Limfjorden

I Limfjorden er forvaltningen af muslingefiskeri og -opdræt en kompleks balancegang mellem økonomiske interesser og miljøkrav i henhold til EU's Vandrammedirektiv og Natura 2000.[20] Der er udviklet forskellige metoder til at kontrollere begroning af søpunge:

- **Behandling med eddikesyre:** Nedsænkning af muslingestrømper i en fortyndet opløsning af eddikesyre har vist sig at være effektiv til at dræbe visse arter af søpunge (over 90 % mortalitet), men det kan også medføre en betydelig dødelighed blandt muslingerne (op til 33-40 %).[30]
- **Nedsænkning i ferskvand:** Da mange marine søpunge er mindre tolerante over for pludselige fald i salinitet end muslinger, kan en kortvarig eksponering for ferskvand i nogle tilfælde reducere begroningen.[31]
- **Luftеksponering:** Nogle arter kan overleve i damp luft i op til 10 dage, men mange er følsomme over for udtørring. Denne metode kræver dog præcis timing for ikke at skade muslingerne.[25]

Trusler, bevaring og national ansvarsstatus

Selvom *Dendrodoa grossularia* betragtes som almindelig i danske farvande, er dens status som national ansvarsart en anerkendelse af dens økologiske betydning og de danske farvandes unikke rolle som habitat.[1]

Miljømæssige trusselsfaktorer

De primære trusler mod arten er knyttet til menneskeskabte forandringer i det marine miljø:

- **Iltsvind (Hypoxia):** I de indre danske farvande og fjorde forekommer iltsvind jævnligt som følge af overdreven næringsstoftilførsel. Da søpunge er fastsiddende, kan de ikke flygte fra iltfattige vandmasser. Selvom de kan lukke deres sifoner og sænke deres metabolisme i korte perioder, vil længerevarende iltsvind føre til massedød i de bentiske samfund.[12]
- **Fysisk habitatforstyrrelse:** Bundslæbende redskaber, der anvendes til fiskeri efter muslinger eller østers, kan ødelægge de stenrev og skallebanker, som udgør det primære substrat for

Dendrodoa.[20] Tab af store brunalger (som sukkertang) på grund af dårlige lysforhold fjerner også vigtige levesteder.[2]

- **Invasive arter:** Konkurrence fra ikke-hjemmehørende arter, såsom den asiatiske køllesøpung (*Styela clava*) eller den kolonidannende *Didemnum vexillum*, kan potentielt udkonkurrere *Dendrodoa* i visse nicher, da de ofte har hurtigere vækstrater og færre naturlige prædatorer.[25]

Bevaringstiltag og forvaltning

Beskyttelsen af arten er i høj grad sammenfaldende med generelle tiltag for at forbedre havmiljøet. Reduktion af kvælstof- og fosforudvaskning fra landbruget er den vigtigste faktor for at mindske risikoen for iltsvind og forbedre vandklarheden, hvilket igen fremmer væksten af de alger, som *Dendrodoa* lever på.[22]

I regi af Natura 2000-områder arbejdes der specifikt med beskyttelse af stenrev og biogene rev. Modellering af faeces-spredning fra muslingeopdræt anvendes i dag som et værktøj til at vurdere, om nye anlæg vil have en negativ indvirkning på disse sårbare habitater.[32] Her er det afgørende at forstå, at mens moderate mængder af organisk materiale kan være gavnligt, kan for store mængder føre til lokal kvælning af de bentiske samfund.

Fremtidige perspektiver under globale klimaforandringer

Det marine miljø i Nord- og Østersøen undergår i disse årtier markante forandringer som følge af den globale opvarmning, hvilket uundgåeligt vil påvirke livsbetingelserne for *Dendrodoa grossularia*.

Temperaturstigning og metaboliske responser

Stigende havtemperaturer vil have en direkte indvirkning på artens fysiologi. For mange tempererede søpunge stiger filtreringsraten lineært med temperaturen indtil en vis tærskel (typisk omkring 21 °C), hvorefter den falder brat.[13] Varmere vand vil øge dyrenes energibehov, hvilket kræver en tilsvarende højere fødetilgængelighed for at opretholde vækst og reproduktion.

Desuden kan temperaturstigninger påvirke timingen af den reproduktive cyklus. En tidligere opvarmning af vandet i foråret kan føre til tidligere gydning, hvilket kan skabe et mismatch med den naturlige timing af fytoplanktonblomstringen.[34] Dette kan i sidste ende reducere larvernes overlevelsesrate og føre til mindre stabile populationer.

Forsuring af havene

Selvom søpunge ikke bygger kalkskaller på samme måde som muslinger, er de stadig potentielt følsomme over for havforsuring. Ændringer i vandets pH kan påvirke larvernes udvikling og deres evne til at hæfte sig til substratet. Derudover kan forsuring påvirke hele fødekæden og dermed sammensætningen af det plankton, som søpungene lever af.[36]

Forventede udbredelsesforskydninger

Klimamodeller for Nordatlanten og Arktis forudser betydelige forskydninger i marine fiskesamfund og bentiske invertebrater.[34] For *Dendrodoa grossularia* kan vi forvente følgende tendenser:

1. **Nordlig ekspansion:** Efterhånden som de arktiske farvande bliver varmere, kan arten udvide sit udbredelsesområde yderligere mod nord og kolonisere områder, der tidligere var for kolde til succesfuld reproduktion.[34]
2. **Sydlig tilbagegang:** I de sydligste dele af dens udbredelse (f.eks. Bretagne) kan sommertemperaturerne begynde at overstige artens tolerancegrænse, hvilket kan føre til lokal udryddelse eller en dybere udbredelse.[8]
3. **Salinitetspres i Østersøen:** Hvis klimaforandringerne medfører øget nedbør og dermed lavere saltholdighed i Østersøen, kan artens østlige grænse blive presset mod vest, da den kan få sværere ved at opretholde sin osmotiske balance.[37]

Konklusion og sammenfatning

Dendrodoa grossularia fremstår som en central komponent i det nordeuropæiske marine økosystem, hvis biologi er finjusteret til at udnytte både bølgeeksponerede klippekyster og beskyttede fjordsystemer. Dens unikke livscyklus, karakteriseret ved ynglepleje og vivipari, giver den en konkurrencemæssig fordel i ustabile miljøer, men begrænser samtidig dens evne til hurtig langdistancespredning.

Som en effektiv filtrator spiller den en afgørende rolle i vandrensning og næringsstofkredsløb, hvilket understreger dens betydning for opretholdelsen af sunde kystnære økosystemer. Samtidig skaber dens tendens til at danne tætte begroninger betydelige udfordringer for den maritime industri og muslingeopdræt, hvilket nødvendiggør fortsat forskning i målrettede forvaltnings- og bekæmpelsesstrategier.

Den danske status som national ansvarsart forpligter til en vedvarende overvågning og beskyttelse af dens habitater. I en fremtid præget af klimaforandringer og øget menneskelig aktivitet på havet vil forståelsen af denne lille, men robuste søpungs økologi være essentiel for at sikre biodiversiteten og økosystemtjenesterne i vores farvande. Ved at integrere viden om dens fysiologiske tolerancesgrænser, dens reproduktive timing og dens biogeokemiske påvirkning kan vi bedre forudsige og afbøde de kommende ændringer i de marine samfund.

Citerede værker

1. Østasiatisk Søpung (Styela clava) - Naturbasen, tilgået april 2, 2026, https://www.naturbasen.dk/art/16579/oestasiatisk-soepung
2. Stikkelsbærsøpung (Dendrodoa grossularia) - Naturbasen, tilgået april 2, 2026, https://www.naturbasen.dk/art/12891/stikkelsbaersoepung
3. Baked bean ascidian (Dendrodoa grossularia) - MarLIN - The ..., tilgået april 2, 2026, https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1660
4. description de Dendrodoa grossularia - Baked bean ascidian - European Marine Life, tilgået april 2, 2026, https://www.european-marine-life.org/32/dendrodoa-grossularia.php
5. Harnessing Ascidians as Model Organisms for Environmental Risk Assessment - MDPI, tilgået april 2, 2026, https://www.mdpi.com/2076-3298/11/11/232
6. THE ANNUAL GROWTH AND REPRODUCTIVE CYCLE OF THE ..., tilgået april 2, 2026, https://plymsea.ac.uk/id/eprint/1584/1/The_annual_growth_and_reproductive_cycle_of_the_ascidian_Dendrodoa_grossularia_%28van_Beneden%29.pdf
7. Novocrania anomala, Dendrodoa grossularia and Sarcodictyon roseum on variable salinity circalittoral rock - MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået april 2, 2026, https://www.marlin.ac.uk/habitats/detail/264/novocrania_anomala_dendrodoa_grossularia_and_sarcodictyon_roseum_on_variable_salinity_circalittoral_rock
8. Dendrodoa grossularia and Clathrina coriacea on wave-surged vertical infralittoral rock, tilgået april 2, 2026, https://www.marlin.ac.uk/habitats/detail/190/dendrodoa_grossularia_and_clathrina_coriacea_on_wave-surged_vertical_infralittoral_rock
9. Dendrodoa grossularia and Clathrina coriacea on wave-surged ..., tilgået april 2, 2026, https://mhc.jncc.gov.uk/biotopes/jnccmncr00000691
10. Sponges, shade-tolerant red seaweeds and Dendrodoa grossularia on wave-surged overhanging lower eulittoral bedrock and caves - The Marine Life Information Network, tilgået april 2, 2026, https://www.marlin.ac.uk/habitats/detail/1203/sponges_shade-tolerant_red_seaweeds_and_dendrodoa_grossularia_on_wave-surged_overhanging_lower_eulittoral_bedrock_and_caves
11. EKSISTERENDE MILJØMÆSSIGE FORHOLD, tilgået april 2, 2026, https://www.trm.dk/media/zz0nkvv5/10-eksisterende-miljoemaessige-forholdpdf.pdf
12. Stratification and mixing in the Limfjorden in relation to mussel culture - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/222972814_Stratification_and_mixing_in_the_Limfjorden_in_relation_to_mussel_culture
13. Filtration capacity of the ascidian Ciona intestinalis and its grazing impact in a shallow fjord, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/256873727_Filtration_capacity_of_the_ascidian_Ciona_intestinalis_and_its_grazing_impact_in_a_shallow_fjord
14. Ethologie alimentaire d'invertébrés benthiques filtreurs (ascidies). II. Variations des taux de filtration et de digestion en fonction de l'espèce - R Discovery, tilgået april 2, 2026, https://discovery.researcher.life/article/ethologie-alimentaire-d-invertbrs-benthiques-filtreurs-ascidies-ii-variations-des-taux-de-filtration-et-de-digestion-en-fonction-de-l-espce/a5b521e0bbb73eb9a8458162699aead9

15. MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået april 2, 2026, https://www.marlin.ac.uk/assets/pdf/habitats/marlin_habitat_264_2019-03-12.pdf
16. Filtration rate, using a new indirect technique, in thirteen species of suspension-feeding bivalves - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/226114828_Filtration_rate_using_a_new_indirect_technique_in_thirteen_species_of_suspension-feeding_bivalves
17. filtration capacity of the ascidian Cionaintestinalis (L.) and its grazing impact in a shallow fjord - an erratum - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/256889120_filtration_capacity_of_the_ascidian_Cionaintestinalis_L_and_its_grazing_impact_in_a_shallow_fjord_-_an_erratum
18. Invasive mussels regulate nutrient cycling in the largest freshwater ecosystem on Earth, tilgået april 2, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7923380/
19. (PDF) Influence of Suspended Mussel Aquaculture and an Associated Invasive Ascidian on Benthic Macroinvertebrate Communities - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/363251063_Influence_of_suspended_mussel_aquaculture_and_an_associated_invasive_ascidian_on_benthic_macroinvertebrate_communities
20. (PDF) Mussel Production and Water Framework Directive Targets in the Limfjord, Denmark: an Integrated Assessment for Use in System-Based Management - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/234065663_Mussel_Production_and_Water_Framework_Directive_Targets_in_the_Limfjord_Denmark_an_Integrated_Assessment_for_Use_in_System-Based_Management
21. Influence of suspended and off-bottom mussel culture on the sea bottom and benthic habitats: a reviewThis review is part of a virtual symposium on current topics in aquaculture of marine fish and shellfish. - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/224188307_Influence_of_suspended_and_off-bottom_mussel_culture_on_the_sea_bottom_and_benthic_habitats_a_reviewThis_review_is_part_of_a_virtual_symposium_on_current_topics_in_aquaculture_of_marine_fish_and_shell
22. Effects of filter-feeding bivalves on the distribution of water quality and nutrient cycling in a eutrophic coastal lagoon | Request PDF - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/223924712_Effects_of_filter-feeding_bivalves_on_the_distribution_of_water_quality_and_nutrient_cycling_in_a_eutrophic_coastal_lagoon
23. Effect of filter-feeding mollusks on growth of green macroalgae and nutrient cycling in a heavily exploited coastal lagoon | Request PDF - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/339659040_Effect_of_filter-feeding_mollusks_on_growth_of_green_macroalgae_and_nutrient_cycling_in_a_heavily_exploited_coastal_lagoon
24. Nutrient exchange and denitrification on reef balls in the Chesapeake Bay - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/399296911_Nutrient_exchange_and_denitrification_on_reef_balls_in_the_Chesapeake_Bay
25. Common Hull Fouling Invasive Species, tilgået april 2, 2026,

https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx
26. Integrated assessment for use in system based management: WFD nutrient targets and mussel production in the Limfjord, Denmark. I - ICES, tilgået april 2, 2026, https://www.ices.dk/sites/pub/CM%20Doccuments/CM-2010/B/B0910.pdf
27. Fouling Marine Fouling - YouTube, tilgået april 2, 2026, https://www.youtube.com/watch?v=GGlqzQoBpAE
28. Aquascope|Facts|Cliff and rocky beach ecology 47 - Vattenkikaren, tilgået april 2, 2026, https://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/biotop/klippeko/klek47e.html
29. Ship Hulls with Limited Liability | Newsportal - Ruhr-Universität Bochum, tilgået april 2, 2026, https://news.rub.de/english/2024-11-15-chemistry-ship-hulls-limited-liability
30. Comparison of the Efficiency of Different Eradication Treatments to Minimize the Impacts Caused by the Invasive Tunicate Styela plicata in Mussel Aquaculture - ResearchGate, tilgået april 2, 2026, https://www.researchgate.net/publication/370497583_Comparison_of_the_Efficiency_of_Different_Eradication_Treatments_to_Minimize_the_Impacts_Caused_by_the_Invasive_Tunicate_Styela_plicata_in_Mussel_Aquaculture
31. Comparison of the Efficiency of Different Eradication Treatments to Minimize the Impacts Caused by the Invasive Tunicate Styela plicata in Mussel Aquaculture - MDPI, tilgået april 2, 2026, https://www.mdpi.com/2076-2615/13/9/1541
32. Environmental impact assessment of mussel farming in Limfjorden, Denmark, tilgået april 2, 2026, https://orbit.dtu.dk/en/publications/environmental-impact-assessment-of-mussel-farming-in-limfjorden-d/
33. ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF MUSSEL FARMING IN LIMFJORDEN, DENMARK | World Aquaculture Society Meetings, tilgået april 2, 2026, https://www.was.org/Meeting/Program/PaperDetail/163166
34. The North Sea - Nordic Marine Ecosystems in a Changing Climate - Publications, tilgået april 2, 2026, https://pub.norden.org/temanord2025-541/the-north-sea.html
35. Insights into planktonic food-web dynamics through the lens of size and season - PMC, tilgået april 2, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10798955/
36. Climate change affects the distribution of diversity across marine food webs - PMC, tilgået april 2, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10946503/
37. Global climate change and the Baltic Sea ecosystem - ESD, tilgået april 2, 2026, https://esd.copernicus.org/articles/13/711/2022/esd-13-711-2022.pdf
38. New study forecasts major shifts in North Atlantic and Arctic marine ecosystems due to climate warming | Institut de Ciències del Mar, tilgået april 2, 2026, https://www.icm.csic.es/en/news/new-study-forecasts-major-shifts-north-atlantic-and-arctic-marine-ecosystems-due-climate
39. Climate change in the Baltic Sea region: a summary - ESD, tilgået april 2, 2026, https://esd.copernicus.org/articles/13/457/2022/