Tarmrørhinde

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen

Indhold

Kort oversigt 2

Liv og vækst 2

Føde og energi 2

Miljøpåvirkning og "miljøindikator" 3

Spiselig 3

Økologisk og biologisk analyse af Ulva intestinalis i danske kystvande: Livscyklus, fysiologi og miljømæssige konsekvenser 4

Taksonomisk taksonomi og den morfologiske plasticitet hos Ulva intestinalis 4

Den symbiotiske nødvendighed for morfogenese 5

Reproduktionsbiologi og de haplodiplontiske livscyklusmekanismer 6

Fysiologisk robusthed og euryhaline adaptationer 7

Næringsstofoptagelse og rollen som økologisk indikator 7

Miljømæssig påvirkning: Fra biofilter til "grønne tidevand" 8

Casestudie: Vejle Fjord og den økologiske krise 9
Tarmrørhinden som levested og fødekilde i fødekæden 9
Industriel udnyttelse: Kulinariske egenskaber og bioteknologi 10
Miljøovervågning og regulering: NOVANA-programmet 11
Fremtidige trusler: Mikroplast og kemisk belastning 11
Konklusion og strategisk forvaltning 12
Citerede værker 13

Kort oversigt

Tarmrørhinde (videnskabeligt navn *Ulva intestinalis*) er en af de mest almindelige grønalger, vi har i de danske farvande. Den er let at kende på sine lange, lysegrønne og ofte oppustede rør, der kan ligne små tarme – deraf det charmerende navn.

Her er et overblik over dens livscyklus, behov og rolle i miljøet:

Liv og vækst

Tarmrørhinde er en utroligt robust alge, der kan findes overalt fra de indre fjorde til det åbne hav.

- **Levested:** Den vokser typisk på lavt vand, hvor den hæfter sig fast på sten, muslingeskaller, bolværk eller andre alger.
- **Tolerance:** Den er en sand overlever. Den tåler store udsving i saltholdighed (fra næsten fersk til meget salt vand) og kan overleve udtørring i kortere perioder ved lavvande.
- **Livscyklus:** Den har en kompleks livscyklus med **generationsskifte**. Det betyder, at den skifter mellem en kønnet fase (hvor den danner kønsceller) og en ukønnet fase (hvor den danner sporer).

Føde og energi

Som andre planter og alger lever tarmrørhinden ikke af "mad" i traditionel forstand, men af lys og uorganiske stoffer:

- **Fotosyntese:** Den bruger sollys, vand og CO_2 til at producere energi.

- **Næringssalte:** Den optager kvælstof (N) og fosfor (P) direkte fra det omgivende vand gennem hele sin overflade. Da den er meget tyndvægget, er den ekstremt effektiv til at suge næring til sig.

Miljøpåvirkning og "miljøindikator"

Tarmrørhinden spiller en dobbeltrolle i vores havmiljø. Den er både et vigtigt element i økosystemet og et advarselstegn.

- **Eutrofiering (Næringsstofbelastning):** Tarmrørhinde er det, man kalder en "opportunist". Hvis der ledes for mange næringsstoffer (fra f.eks. landbrug eller spildevand) ud i havet, eksploderer væksten. Store mængder tarmrørhinde er derfor ofte et tegn på et belastet miljø.
- **Iltmangel:** Når de enorme mængder alger dør, falder de til bunden og rådner. Denne nedbrydningsproces forbruger store mængder ilt, hvilket kan føre til lokale tilfælde af iltsvind, som dræber fisk og bunddyr.
- **Fødekæden:** I moderate mængder er den en vigtig ressource. Den fungerer som skjulested for smådyr og er føde for blandt andet snegle og visse fiskearter.

Spiselig

Tarmrørhinde er faktisk spiselig for mennesker! Den kan tørres og bruges som et salt, sprødt krydderi (ofte kaldet "havsalat"), da den har en mild og let nøddeagtig smag.

Vigtigt: Hvis du selv vil samle den til madlavning, skal du sikre dig, at vandet er rent og ikke modtager direkte spildevand, netop fordi algen er så god til at optage alt fra sine omgivelser.

Vil du have hjælp til at finde en opskrift på, hvordan man tilbereder tarmrørhinde, eller vil du vide mere om, hvordan man måler vandkvaliteten i de danske fjorde?

Økologisk og biologisk analyse af Ulva intestinalis i danske kystvande: Livscyklus, fysiologi og miljømæssige konsekvenser

Taksonomisk taksonomi og den morfologiske plasticitet hos Ulva intestinalis

Den grønne makroalge *Ulva intestinalis*, i daglig tale kendt som tarmrørhinde, udgør en central komponent i de kystnære økosystemer verden over og besidder en særlig status i den danske marinbiologi på grund af sin ekstreme udbredelse og økologiske gennemslagskraft.[1] Historisk blev denne art beskrevet af Carl von Linné i 1753 under navnet *Ulva intestinalis*, men gennem det 19. og 20. århundrede blev den i vid udstrækning klassificeret under slægten *Enteromorpha*.[1] Denne adskillelse var baseret på en morfologisk diktomi, hvor rørformede grønalger blev placeret i *Enteromorpha*, mens de flade, bladformede former blev kategoriseret som *Ulva*.[3] Imidlertid har molekylærbiologiske fremskridt i slutningen af 1990'erne, herunder sekventering af nukleart og plastidært DNA, afsløret, at disse to slægter er genetisk uadskillelige, hvilket førte til den formelle taksonomiske reklassificering af alle *Enteromorpha*-arter til slægten *Ulva*.[2]

Denne taksonomiske revision er ikke blot en nomenklaturmæssig detalje, men afspejler en fundamental biologisk indsigt i algernes ekstreme plasticitet. *Ulva intestinalis* er i stand til at skifte mellem forskellige morfologiske stadier afhængigt af miljøfaktorer som saltholdighed, lys og næringsstoftilgængelighed.[3] Det hule, rørformede thallus, som giver algen dens navn, består af et enkelt lag af irregulært arrangerede celler.[5] Denne struktur er optimeret til maksimal overfladeeksponering, hvilket letter et hurtigt optag af næringsstoffer direkte fra vandsøjlen.[6] Under visse forhold, især i miljøer med lav saltholdighed eller ved mekanisk stress, kan algen udvikle forgreninger, selvom den typisk fremstår som en uforgrenet klase af grønne rør.[2]

Den cellulære organisation i *Ulva* er relativt simpel, men understøtter en kompleks differentiering i tre overordnede celletyper: rhizoidceller, der danner fæsteorganet; stængelceller; og bladceller.[3] Væksten foregår gennem synkrone celledelinger, der styres af interne cirkadianske rytmer, men selve morfogenesen – altså dannelsen af den rørformede struktur – er underlagt strenge regulatoriske mekanismer.[3] Det er værd at bemærke, at thallus' tykkelse og form kan variere markant; unge skud er ofte glatte og mørkegrønne, mens ældre eksemplarer bliver rynkede og skifter farve til lysere grønne eller gul-grønne nuancer.[5]

Morfologisk og biologisk parameter	Specifikation for Ulva intestinalis	Kilde
Thallus-struktur	Rørformet, hult, enkelt cellelag	5
Celledimensioner	10–25 μm x 16–18 μm	2
Maksimal længde	Op til 100 cm i roligt vand	7
Typisk diameter	6–18 mm	8
Vækshastighed	0,15–0,25 cm/dag (lineær)	4
Relativ vækstrate (RGR)	9,47% til 22,18% pr. dag	5
Biokemisk profil	19,5% protein, 58,1% kulhydrat, 15,2% aske	5

Den symbiotiske nødvendighed for morfogenese

Et af de mest fascinerende aspekter ved *Ulva intestinalis*' liv er dens absolutte afhængighed af tvær-kongerige-symbiose for at opnå sin normale struktur. Forskning i laboratoriemiljøer har vist, at hvis *Ulva*-sporer dyrkes under sterile (axeniske) forhold uden tilstedeværelse af bakterier, formår de ikke at udvikle de karakteristiske rørformede frønder.[3] I stedet vokser de som en uorganiseret "callus-lignende" klump af celler, der mangler den rette celledifferentiering og adhæsion.[3]

Denne proces styres af specifikke bakterielle epifytter, primært fra slægterne *Roseovarius* og *Maribacter*.[3] Disse bakterier udskiller signalmolekyler, herunder stoffet thallusin, som inducerer normal celledeling og dannelsen af cellevægge.[3] Denne kemiske kommunikation, ofte betegnet som "cross-kingdom cross-talk", er essentiel for algens overgang fra en simpel encellet spore til en kompleks multicellulær organisme.[3] Dette antyder, at *Ulva intestinalis* i naturen ikke skal betragtes som en isoleret plante, men som en del af et holobiont-kompleks, hvor bakterierne spiller en lige så stor rolle i algens arkitektur som dens eget genom.[9] Forståelsen af denne mekanisme er afgørende for industriel dyrkning, da succesfuld biomasseproduktion kræver styring af det mikrobielle miljø.[3]

Reproduktionsbiologi og de haplodiplontiske livscyklusmekanismer

Ulva intestinalis følger en isomorf generationsveksel, hvilket indebærer en alternation mellem to makroskopiske stadier, der er morfologisk identiske: den diploide sporofyt og den haploide gametofyt.[3] Denne livscyklus giver arten en enorm strategisk fleksibilitet i skiftende miljøer.

Gametofyten producerer enorme mængder af biflagellerede gameter (swarmers), der frigives i vandet.[4] Disse gameter er anisogame (forskellige størrelser) eller isogame afhængigt af stammen, og når to gameter af modsat parringstype fusionerer, dannes en diploid zygote.[4] Denne zygote spirer og udvikler sig til en sporofyt. Når sporofyten er moden, undergår dens celler meiose og producerer quadriflagellerede zoosporer, som hver især kan spire til en ny haploid gametofyt.[4]

Synkroniseringen af denne frigørelse er tæt koblet til de eksterne miljøforhold. I tidevandsområder styres frigørelsen ofte af tidevandscyklussen, hvor swarmers frigives, når det indkommende vand væder thallus, typisk med en top lige før de højeste springfloder i hver neap-spring cyklus.[4] Dette sikrer maksimal spredning og øger sandsynligheden for, at gameter fra forskellige individer mødes.[4] Mobiliteten for disse swarmers kan opretholdes i op til 8 dage, hvilket i kombination med havstrømme muliggør spredning over distancer på mere end 35 km fra moderplanten.[4]

Interne regulatoriske stoffer, kendt som sporuleringsinhibitorer (SI), kontrollerer hvornår cellerne transformeres til gametangier.[3] Der findes to typer: SI-1, et høymolekylært glykoprotein i cellevæggen, og SI-2, en lavmolekylær inhibitor.[3] Først når koncentrationen af disse stoffer falder – for eksempel ved mekanisk skade på thallus eller ved kraftig vandudskiftning – påbegyndes omdannelsen af vegetative celler til reproduktive celler.[3] Denne mekanisme tillader *Ulva* at reagere opportunistisk på fysiske forstyrrelser eller gunstige miljøskift, hvilket gør den til en ekstremt succesfuld pionerart.[8]

Stadie i livscyklus	**Kendetegn og funktion**	**Cellulær status**	**Kilde**
Sporofyt	Producerer zoosporer via meiose	Diploid (2n)	3
Gametofyt	Producerer gameter via mitose	Haploid (1n)	3
Gameter	Biflagellerede, søger partner	Haploid (1n)	4
Zoosporer	Quadriflagellerede, danner gametofyt	Haploid (1n)	4
Zygote	Resultat af fusion, danner sporofyt	Diploid (2n)	4

Fysiologisk robusthed og euryhaline adaptationer

Tarmrørhinden er kendt for sin ekstraordinære tolerance over for saltholdighedsvariationer, hvilket gør den til en af de få makroalger, der kan trives i alt fra rent ferskvand til hypersaline miljøer med saltholdigheder på over 100 psu.[8] Denne euryhalinitet er en nøglefaktor for dens dominans i danske fjorde og flodmundinger, hvor saltholdigheden ofte fluktuerer voldsomt på grund af nedbør og ferskvandsafstrømning.[8]

Fysiologisk håndterer *Ulva intestinalis* disse skift gennem hurtig regulering af det osmotiske tryk i cellerne.[8] Studier indikerer, at der findes specifikke genetiske stammer, der er præ-adapterede til enten høje eller lave saltholdigheder, hvilket forklarer artens kosmospolitiske udbredelse.[8] Ved ekstremt lav saltholdighed ses ofte en induktion af forgrening i thallus, hvilket kan være en adaptiv respons for at øge overfladearealet til næringsoptag under ion-fattige forhold.[4]

Desuden udviser arten en betydelig tolerance over for udtørring (desiccation).[4] I de øvre dele af litoralen kan algen blive helt afbleget og tør i de øverste lag, mens de underliggende lag forbliver fugtige og levedygtige.[10] Den hule struktur i røret fungerer som et reservoir, der holder på vandet og beskytter algen mod at dø under lavvande.[4] Denne evne til at overleve i udtørrede klippepøle i flere uger er unik blandt mange makroalger og eliminerer mange konkurrenter, hvilket efterlader *Ulva intestinalis* som den dominante art i disse stressede habitater.[10]

Temperaturmæssigt er algen ligeledes bredt tilpasset. Mens optimal vækst i laboratorieforsøg ofte opnås ved 25°C, kan algen opretholde fotosyntese og vækst ved temperaturer ned til 10°C eller lavere.[5] I de nordlige dele af dens udbredelsesområde, herunder Danmark, ses den maksimale biomasseudvikling i sommermånederne, men arten er til stede og ofte i reproduktiv tilstand året rundt.[4]

Næringsstofoptagelse og rollen som økologisk indikator

Ulva intestinalis er en udpræget opportunist, hvis vækst er direkte korreleret med tilgængeligheden af uorganiske næringsstoffer, primært kvælstof (nitrogen) og fosfor.[6] På grund af sin tynde struktur (kun et cellelag tykt) kan hver celle i thallus optage næringsstoffer effektivt, hvilket giver arten en konkurrencemæssig fordel over mere komplekse, flerårige alger som blæretang under næringsrige forhold.[6]

Nitrogenoptagelsen sker primært i form af ammonium (NH_4) og nitrat (NO_3^-). Ammonium foretrækkes ofte, da assimilationen kræver mindre energi end nitrat, som først skal reduceres internt i cellen.[6] Studier har vist, at nitrogenindholdet i vævet kan svinge fra 1,3% til 5,4% af tørvægten.[6] Når nitrogen er rigeligt til stede, akkumulerer algen overskydende kvælstof, hvilket fører til høje N:P forhold (op til 44), mens nitrogenmangel fører til lave forhold (5–8).[6] Denne evne til "luxury consumption" gør det muligt for algen at vokse eksplosivt, når en næringspuls rammer kystvandet.[6]

I Danmark anvendes denne kobling mellem næringsstoffer og vækst i miljøovervågningen. Inden for det nationale overvågningsprogram NOVANA fungerer udbredelsen af opportunistiske alger som *Ulva* som en indikator for eutrofiering.[15] En høj relativ dækning af *Ulva* i forhold til flerårige arter som sargassotang eller blæretang er et tegn på dårlig økologisk tilstand.[14]

Miljøparameter	Respons hos Ulva intestinalis	Betydning for vandkvalitet	Kilde
Høj Nitrogen (N)	Hurtig biomasseøgning, mørkegrøn farve	Indikerer høj landbrugsafstrømning	6
Lavt Lys (Turbiditet)	Reduceret dybdeudbredelse	Tegn på fytoplankton-opblomstring	8
Høj Fosfor (P)	Øget vækstrate i kombination med N	Typisk tegn på spildevandsudledning	4
Mikroplast (HDPE)	Lavere klorofylindhold, oxidativ stress	Indikator for moderne forurening	18

Miljømæssig påvirkning: Fra biofilter til "grønne tidevand"

Den miljømæssige påvirkning af *Ulva intestinalis* er tveægget. På den positive side fungerer algen som et naturligt biofilter, der kan fjerne store mængder kvælstof og fosfor fra vandet.[5] Dette potentiale udnyttes i integrerede akvakultursystemer (IMTA), hvor *Ulva* dyrkes sammen med fisk eller rejer for at rense spildevandet for næringsstoffer.[5] Her har man observeret høje fjernelseseffektiviteter, hvilket bidrager til en mere cirkulær produktion.[6]

Men under de rette (eller snarere forkerte) omstændigheder fører artens ekstreme vækstpotentiale til dannelsen af massive algeopblomstringer, kendt som "green tides".[9] Disse opstår typisk i lavvandede, næringsrige fjorde og laguner, hvor algen kan løsrive sig fra substratet og danne tykke, flydende måtter.[4] Disse måtter, der kan blive 5–15 cm tykke, buoyed up af gasbobler (ilt produceret under fotosyntese), blokerer for lyset til bundvegetationen og kvæler ålegræsenge.[4]

Når disse enorme mængder biomasse dør og nedbrydes, forbruger bakterierne alt ilt i vandet, hvilket fører til omfattende iltsvind.[17] Dette fænomen er blevet en kritisk trussel mod de danske farvande, især i områder som Vejle Fjord, Limfjorden og Det Sydfynske Øhav.[21] Iltsvindet dræber

ikke blot bunddyr og fisk, men kan også føre til frigivelse af giftig svovlbrinte fra sedimentet, hvilket resulterer i totale økosystemkollaps, populært kaldet "havets død".[21]

Casestudie: Vejle Fjord og den økologiske krise

Vejle Fjord tjener som et skræmmende eksempel på konsekvenserne af overdreven næringsstofbelastning og algernes rolle heri. I 2023 oplevede fjorden det værste iltsvind siden 2002, hvilket dækkede et areal større end Sjælland.[20] Processen i Vejle Fjord er kompleks, men følger et forudsigeligt mønster:

1. **Næringsstoftilførsel:** Store mængder nitrat fra landbruget og fosfor fra spildevand vaskes ud i fjorden, især efter våde vintre.[17] Danmark har en af de højeste nitrogenbelastninger pr. areal i Europa (13,2 kg N/ha), hvilket er 2,5 gange højere end i Sverige.[23]
2. **Algevækst:** I det tidlige forår og sommer eksploderer væksten af *Ulva intestinalis* og andre opportunistiske alger, der danner "undervandsskove" på lavt vand.[7]
3. **Lagdeling og opvarmning:** Om sommeren opvarmes overfladevandet, hvilket skaber et springlag, der forhindrer iltrigt overfladevand i at nå bunden.[17] Maj 2024 var den næstvarmeste registreret i Danmark siden 1874, hvilket forstærkede denne effekt.[24]
4. **Nedbrydning og iltsvind:** Når algemåtterne dør og synker, nedbrydes de af bakterier, der opbruger al ilten under springlaget.[17] I august 2024 blev der målt kraftigt iltsvind og frigivelse af svovlbrinte i de dybere dele af fjorden.[24]

Situationen i Vejle Fjord har ført til folkelige protester, herunder en symbolsk begravelse af fjorden i foråret 2024, og har sat fokus på nødvendigheden af at reducere landbrugets kvælstofudledning markant.[22] Løsningsmodeller inkluderer etablering af stenrev, der fremmer muslinger, som kan filtrere algerne fra vandet, samt udplantning af ålegræs for at stabilisere bunden og ilte sedimentet.[17]

Tarmrørhinden som levested og fødekilde i fødekæden

Selvom massive opblomstringer er problematiske, spiller *Ulva intestinalis* i moderat mængde en afgørende rolle som levested for biodiversitet. Det hule, rørformede thallus fungerer som et mikroskopisk habitat, der beskytter små krebsdyr og insektlarver mod prædation og udtørring.[4]

Den orange vandloppe *Tigriopus brevicornis* og larver af chironomiden *Halocladius fucicola* er kendt for at søge ly inde i rørene.[8] Man har observeret flere hundrede individer af *Tigriopus* i et enkelt thallus.[8] Dette er især kritisk i supralittorale klippepøle, hvor *Ulva* ofte er den eneste kilde til fugt, når pølene tørrer ud i solen.[4]

I det større fødenet er algen en vigtig fødekilde for en række herbivorer:

- **Gastropoder:** Strandsnegle som *Littorina littorea* afgræsser aktivt *Ulva*-måtter, hvilket hjælper med at kontrollere algens udbredelse under normale forhold.[8]

- **Fugle:** Svaner, ænder og deres unger græsser på de lysegrønne skud på lavt vand, hvilket gør algen til en vigtig energikilde for kystfugle.[7]
- **Fisk:** Selvom få fisk spiser voksne alger direkte, er de epifytter og smådyr, der lever i algemåtterne, en primær fødekilde for fiskeyngel. Desuden bidrager algens produktion af swarmers (sporer og gameter) til det pelagiske fødenet som plankton.[12]

Industriel udnyttelse: Kulinariske egenskaber og bioteknologi

Interessen for at udnytte *Ulva intestinalis* kommercielt er stigende i Danmark, drevet af den grønne omstilling og ønsket om bæredygtige proteinkilder.[11] Algen betragtes som en "superfood" på grund af sit rige indhold af vitaminer, mineraler og essentielle aminosyrer.[10]

Kulinarisk beskrives tarmrørhinden som havende en kraftig umami-smag, der minder om rejeskal, med en aroma af trøfler.[11] Dens tekstur er sprød og spændstig, hvilket gør den velegnet til en række anvendelser:

- **Frisk brug:** Som indslag i salater eller som pynt på fiskeretter.[11]
- **Tilberedt:** Den kan bages, grilles eller koges, hvilket gør den mere mør.[11]
- **Tørret:** Som krydderi (granulat) eller som chips.[11]
- **Drikkevarer:** Som te ved at overhælde friske topskud med kogende vand.[7]

I Danmark er virksomheder som Dansk Tang førende inden for høst og forarbejdning af vildvokset tang fra rene områder som Isefjorden og Kattegat.[26] Udover fødevarer undersøges *Ulva* for sit potentiale i dyrefoder. Forskning har vist, at tilskud af *Ulva intestinalis* pulver til fiskefoder (f.eks. til zebrafisk) markant opregulerer gener relateret til immunforsvar (Lyz, IL-1β) og vækst (GH, IGF-I).[29] Desuden øges aktiviteten af antioxidant-enzymer som Superoxid Dismutase (SOD) og Glutathion Peroxidase (GPx), hvilket gør fiskene mere modstandsdygtige over for sygdom og stress.[29]

Komponent i Ulva intestinalis	**Sundhedsmæssig effekt i fisk (Zebrafisk)**	**Kilde**
Polysakkarider (Ulvan)	Immunstimulerende, antiviral	29
Antioxidanter	Reduktion af frie radikaler via SOD og GPx	29
Proteiner/Aminosyrer	Forbedret vækst og muskeludvikling	10
Klorofyl/Karotenoider	Naturlig pigmentering og celleværn	29

Miljøovervågning og regulering: NOVANA-programmet

Overvågningen af *Ulva intestinalis* og andre makroalger er en lovmæssig forpligtelse for Danmark under EU's Vandrammedirektiv og Havstrategidirektiv.[30] Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø indsamler løbende data gennem NOVANA-programmet for at vurdere den økologiske tilstand i 58 vandområder.[15]

Vurderingen baseres på tre primære indeks for makroalger:

1. **Kumulativ dækning:** Dette indeks beskriver mængden af alger på forskellige dybder. Under gode forhold findes makroalger på dybere vand, da lyset kan trænge igennem det klare vand.[15]
2. **Antallet af flerårige arter:** Et sundt økosystem er karakteriseret ved mange flerårige arter (f.eks. brunalger). Et fald i dette antal med dybden er en stærk indikator for eutrofiering.[15]
3. **Relativ dækning af opportunistiske makroalger:** Dette inkluderer arter som *Ulva intestinalis*. Selvom dette indeks er følsomt over for saltholdighed, bruges det til at identificere områder med ekstrem næringsstofbelastning.[15]

Data fra disse undersøgelser transformeres til en Ecological Quality Ratio (EQR) skala fra 0 til 1, hvor 1 repræsenterer referenceforhold (ubetørt natur).[15] Resultaterne fra 2024 viser, at mens nogle makroalger har klaret sig bedre end ålegræs, er den generelle tilstand i de indre danske farvande forværret på grund af høje klorofylværdier og omfattende iltsvind.[33] Det er vigtigt at bemærke, at mens *Ulva* i sig selv er en naturlig del af floraen, er dens overdreven dominans et symptom på et system i ubalance.[16]

Fremtidige trusler: Mikroplast og kemisk belastning

Selvom *Ulva intestinalis* er ekstremt robust, er den ikke immun over for moderne menneskeskabte trusler. Nyere forskning har fokuseret på effekten af mikroplast, især High-Density Polyethylene (HDPE), som er vidt udbredt i det marine miljø.[18]

Eksperimentelle studier har vist, at 14 dages eksponering for HDPE-mikroplast (100 mg/L) fører til signifikante fysiologiske ændringer hos tarmrørhinde:

- **Vækshæmning:** Vækstraten faldt fra 3,15% til 1,24% pr. dag.[18]
- **Klorofylreduktion:** Indholdet af klorofyl faldt mærkbart, hvilket svækker algens fotosyntetiske kapacitet.[18]
- **Proteinskader:** Der blev målt et højere indhold af proteincarbonyl, hvilket er en indikator for oxidativ skade på cellens proteiner.[18]

Dette tyder på, at mikroplast kan interagere med algens overflade og forstyrre næringsoptagelsen eller inducere stressresponser, der dræner algens energiressourcer.[18] Da *Ulva* udgør bunden af

fødekæden, kan disse negative effekter potentielt forplante sig opad til de organismer, der lever i eller spiser algen.[18]

Ligeledes er algen sårbar over for visse herbicider anvendt i landbruget, såsom Paraquat og 3AT, der kan ende i kystvandet via afstrømning.[10] Selvom voksne planter kan tolerere visse koncentrationer, deferred Paraquat germineringen af zygoter, hvilket kan begrænse artens evne til at re-etablere sig efter vinteren i forurenede områder.[10]

Konklusion og strategisk forvaltning

Ulva intestinalis repræsenterer et paradoks i den danske naturforvaltning. På den ene side er den en delikat delikatesse med stort potentiale for bæredygtig fødevareproduktion og en vigtig habitatbygger for mikrofauna.[11] På den anden side er den den primære aktør i dannelsen af de destruktive "grønne tidevand", der fører til iltsvind og fiskedød i vores fjorde.[17]

Den fremtidige forvaltning af tarmrørhinde kræver en nuanceret tilgang:

- **Kildebegrænsning:** Det er bydende nødvendigt at reducere udledningen af nitrat og fosfor fra landbrug og spildevand for at bryde cyklussen af massive algeopblomstringer.[17]
- **Aktiv restaurering:** Etablering af stenrev og udplantning af ålegræs kan skabe konkurrence om næringsstofferne og give et mere stabilt økosystem, hvor flerårige arter kan genvinde deres plads.[17]
- **Kommerciel udnyttelse som fjernelsesstrategi:** Ved at fremme dyrkning og høst af *Ulva* til fødevarer og foder, kan man aktivt fjerne næringsstoffer fra havmiljøet, hvilket bidrager til at opfylde Vandrammedirektivets mål.[6]

Forståelsen af *Ulva intestinalis* – fra dens symbiotiske oprindelse til dens rolle i det globale kvælstofkredsløb – er således ikke blot en akademisk øvelse, men en forudsætning for at sikre et levende og produktivt havmiljø i Danmark i de kommende årtier. Udviklingen af nye teknologier til overvågning, såsom genetiske databaser til hurtig identifikation af *Ulva*-arter i måtter, vil yderligere styrke vores evne til at forvalte disse komplekse systemer.[34]

Citerede værker

1. Ulva intestinalis Linnaeus 1753 - AlgaeBase, tilgået marts 14, 2026, https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=12904
2. Ulva (Enteromorpha) intestinalis Linnaeus, 1753 - Nonindigenous Aquatic Species - USGS.gov, tilgået marts 14, 2026, https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?Species_ID=1714&Potential=Y&Type=2&HUCNumber=DGreatLakes
3. The green seaweed Ulva: a model system to study morphogenesis ..., tilgået marts 14, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4333771/
4. Ulva intestinalis - BIOTIC, tilgået marts 14, 2026, https://biotic.marlin.ac.uk/data/species/4271
5. Effects of culture conditions on the growth and reproduction of Gut Weed, Ulva intestinalisLinnaeus (Ulvales, Chlorophyta) - CORE, tilgået marts 14, 2026, https://files01.core.ac.uk/download/pdf/25823335.pdf
6. Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of Ulva fenestra and Enteromorpha intestinalis (Ulvales, Chlorophyta) | Request PDF - ResearchGate, tilgået marts 14, 2026, https://www.researchgate.net/publication/229870880_Effect_of_nitrogen_and_phosphorus_supply_on_growth_and_tissue_composition_of_Ulva_fenestra_and_Enteromorpha_intestinalis_Ulvales_Chlorophyta
7. Tarm-rørhinde - Roskilde Oplevelseshavn, tilgået marts 14, 2026, https://roskildeoplevelseshavn.dk/tarm-roerhinde/
8. Gut weed (Ulva intestinalis) - MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået marts 14, 2026, https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1469
9. Photomicrographs of early life cycle stages of Ulva intestinalis in the... - ResearchGate, tilgået marts 14, 2026, https://www.researchgate.net/figure/Photomicrographs-of-early-life-cycle-stages-of-Ulva-intestinalis-in-the-laboratory_fig1_353679202
10. Aquaculture of green seaweed Ulva intestinalis in brackish water and its potential as food and feed ingredient - UTUPub, tilgået marts 14, 2026, https://www.utupub.fi/bitstream/10024/182399/1/GRADU_Marko_Rantaniemi_16062025_konv.pdf
11. Tarmrørhinde - VILD MAD, tilgået marts 14, 2026, https://vildmad.dk/dk/ravarer/tarmrorhinde
12. Ulva spp. on freshwater-influenced and/or unstable upper eulittoral rock - MarLIN, tilgået marts 14, 2026, https://www.marlin.ac.uk/habitats/detail/104/ulva_spp_on_freshwater-influenced_andor_unstable_upper_eulittoral_rock
13. Why is Ulva intestinalis the only macroalga inhabiting isolated rockpools along the Swedish Atlantic coast? - ResearchGate, tilgået marts 14, 2026, https://www.researchgate.net/publication/250218306_Why_is_Ulva_intestinalis_the_only_macroalga_inhabiting_isolated_rockpools_along_the_Swedish_Atlantic_coast
14. Long-term changes in macroalgal communities in a Danish estuary - ResearchGate, tilgået marts 14, 2026, https://www.researchgate.net/publication/250150107_Long-term_changes_in_macroalgal_communities_in_a_Danish_estuary
15. Nr. 170: Makroalgeindikatorer til vurdering af økologisk status i EU's ..., tilgået marts 14,

2026, https://dce.au.dk/udgivelser/tr/nr-151-200/abstracts/nr-170-makroalgeindikatorer-til-vurdering-af-oekologisk-status-i-eus-vandrammedirektiv
16. Macroalgae and phytoplankton as indicators of ecological status of Danish coastal waters/NERI Technical Report No. 683, 2008, tilgået marts 14, 2026, https://www.dmu.dk/Pub/FR683.pdf
17. Vejle Fjord - Det er godt at vide, tilgået marts 14, 2026, https://www.detergodtatvide.dk/vejle-fjord/
18. Physiological responses of Gutweed Ulva intestinalis (Linnaeus, 1753) exposed to high-density polyethylene microplastics - PubMed, tilgået marts 14, 2026, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40505492/
19. Seasonal variation in the mode of reproduction of Ulva intestinalis in a brackish water environment - R Discovery, tilgået marts 14, 2026, https://discovery.researcher.life/article/seasonal-variation-in-the-mode-of-reproduction-of-ulva-intestinalis-in-a-brackish-water-environment/ed8784fcf8be3456ba7b40d6c7c12f07
20. Iltsvind - Miljøstyrelsen, tilgået marts 14, 2026, https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/havet/iltsvind
21. Iltsvind, tilgået marts 14, 2026, https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publikationer/3_miljobib/rapporter/mb04.pdf
22. Iltsvind i havmiljøet: Årsager og konsekvenser - Greenpeace Danmark, tilgået marts 14, 2026, https://www.greenpeace.org/denmark/viden/landbrug/iltsvind-i-havmiljoet-arsager-og-konsekvenser/
23. NABOTJEK AF EU-LANDES FREMGANGSMÅDER VED PLANLÆGNING FOR MARINE VANDOMRÅDER I HENHOLD TIL VANDRAMMEDIREKTIVET - Miljøstyrelsen, tilgået marts 14, 2026, https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/07/Vandrammedirektivet.pdf
24. Iltsvind i danske farvande 1. juli – 28. august 2024 - DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, tilgået marts 14, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2024/N2024_47.pdf
25. EN KORT INTRODUKTION TIL DE MEST ALMINDELIGE TANGARTER I DANSKE FARVANDE - Aarhus Universitet, tilgået marts 14, 2026, https://nat.au.dk/fileadmin/Files/OFN_Bonus/Pjece-om-tang-i-danske-farvende-sept2020.pdf
26. Projekter - Dansk Tang, tilgået marts 14, 2026, https://www.dansktang.dk/projekter/
27. Saml tang og lav tangsmagning - Det Danske Spejderkorps, tilgået marts 14, 2026, https://dds.dk/aktivitet/saml-tang-og-lav-tangsmagning
28. Dansk Tang - Helsam, tilgået marts 14, 2026, https://helsam.dk/collections/dansk-tang
29. Effect of Dietary Administration of Green Macroalgae (Ulva ..., tilgået marts 14, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9973132/
30. NOVANA 2023-27 - Miljøstyrelsen, tilgået marts 14, 2026, https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf
31. NOVANA - overvågning af natur og vandmiljø, tilgået marts 14, 2026, https://sgavmst.dk/natur-og-jagt/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe
32. Methodology for calculating macroalgae indicators of abundance and composition - DCE, tilgået marts 14, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2017/Macroalgae_indicators_-

_methodology.pdf
33. VANDMILJØ OG NATUR 2024 - DCE - Nationalt Center for Miljø og ..., tilgået marts 14, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR687.pdf
34. Full article: Macroalgal mat species diversity, composition, and seasonality at four coastal sites across the English Channel/La Manche region - Taylor & Francis, tilgået marts 14, 2026, https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09670262.2025.2500007