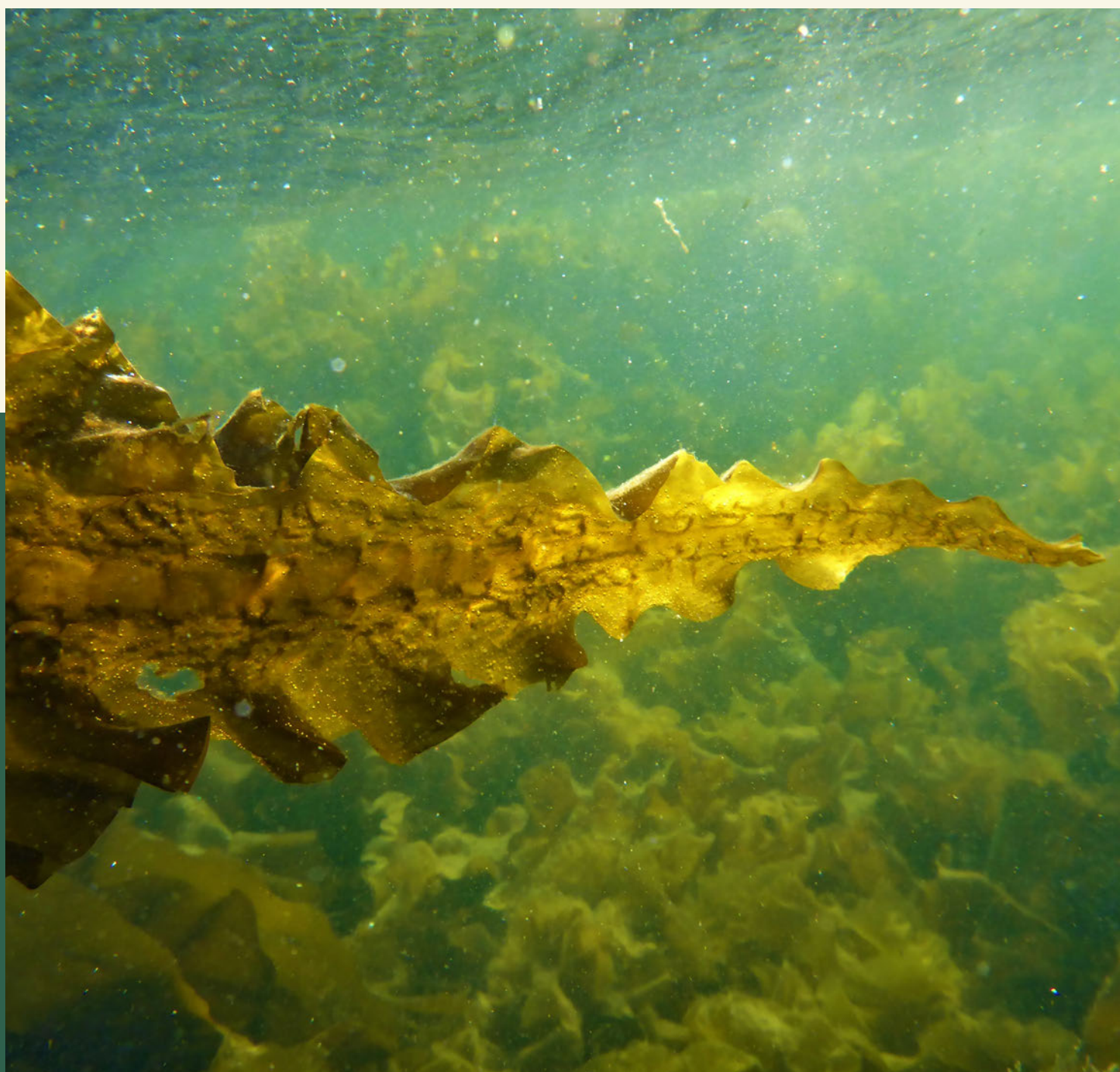


Utveckling av svensk algindustri

Analys av hinder och utvecklingsbehov



Sammanfattning

2023 fick Jordbruksverket ett regeringsuppdrag som redovisas i denna rapport. I uppdraget ingick att analysera och identifiera eventuella hinder och utvecklingsbehov för att den blå hållbara produktionen, konsumtionen och användningen av algbaserade livsmedel ska kunna öka i Sverige.

Uppdraget har genomförts i dialog med samtliga algodlare som idag har en primärproduktion för försäljning, branschorganisationen Svenskt vattenbruk och sjömat, producentorganisationen De Recirkulerande Vattenbrukarna, länsstyrelser, andra myndigheter och forskare. Under arbetet med uppdraget har ett antal workshops och arbetsgruppsmöten arrangerats i syfte att ringa in problem, utmaningar och lämpliga lösningar för att öka produktionen av algbaserade livsmedel i Sverige. Jordbruksverket har även upphandlat en studie om möjligheter och potential för odling av alger i Östersjön.

Utvecklingsbehoven bygger i vissa fall på att det finns hinder, i andra fall finns det förbättringspotential eller identifierade åtgärder som kan bidra till målsättningen med växande algindustrin.

Den svenska algindustrin är ännu en ung och nischad sektor, representerad av få storskaliga industriella aktörer, men har potential att bli en betydande del av livsmedelsproduktionen. Det pågår mycket forskning för att utveckla odlingstekniker eller att ta fram nya algbaserade produkter.

För att skapa förutsättningar för vidareutveckling av algindustrin anser Jordbruksverket att det krävs fortsätta satsningar på kunskapsutveckling och forskning. Behovet av sådana satsningar gäller både påverkan på miljön, risker och fördelar för människors hälsa vid konsumtion av alger, samt teknik (bland annat odlingsteknik, produktutveckling och jodreducerande livsmedelsteknik). När det gäller den tekniska utvecklingen behöver kunskap inhämtas bland annat genom nationell och internationell samverkan och erfarenhetsutbyte. Sverige behöver bygga upp en egen spetskompetens inom algodlingssystem för att kunna utveckla och implementera innovativa lösningar. Samverkan mellan algföretag, myndigheter och forskare är mycket viktig för att fler nya tekniker för odling, skörd, bearbetning och förädling ska nå kommersialisering.

När vi har en ökad kunskap om påverkan på miljö och om risker samt fördelar för människors hälsa behövs vidare, för att frigöra potentialen inom algindustrin i Sverige, att marknaderna för användning av alger för både livsmedelsändamål och andra ändamål utvecklas och breddas. Det finns behov av forskning om konsumentattityder och konsumentbeteenden samt hur faktabaserad information om algindustri bäst skall vara utformad för att nå fram till konsumenterna och allmänheten.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	3
1. Inledning	6
1.1. Utredningens uppdrag och skäl till uppdraget	6
1.2. Utredningens beredning	6
1.3. Andra relevanta utredningar, strategier m.m av betydelse	7
1.4. Rapportens upplägg	9
2. Odling av alger	10
2.1. Begreppet alger	10
2.2. Algodling i Europa och i Sverige	10
2.3. Naturlig förekomst och utbredning av tångarter i Östersjön	13
2.4. Påverkan på ekosystemtjänster och annan miljöpåverkan	14
2.5. Marknad, efterfrågan och användning	15
2.6. Odlingstekniker	17
3. Analys av hinder och utvecklingsbehov – Regler	19
3.1. Att starta algodling	19
3.2. Strandskyddsdispens	20
3.3. Bestämmelser om vattenbruk	20
3.4. Prövning av algodling	23
3.5. Alger som "nya livsmedel"	24
3.6. Lokalisering/tillgång till odlingsplatser	25
4. Analys av hinder och utvecklingsbehov	28
4.1. Teknik för primärproduktion	28
4.2. Produktutveckling, förädling, marknad	29
4.3. Konsumenternas uppfattning och acceptans	30
5. Slutsatser och Jordbruksverkets förslag	31
Referenser	35

Bilaga 1	37
Bilaga 2	41
Bilaga 3	45
Sammanfattning.....	47
Summary.....	48
1. Inledning.....	49
2. Kunskapsläget.....	50
2.1. Naturlig förekomst och utbredning av tångarter i Östersjön.....	50
2.2. Marknad, efterfrågan och tillämpningar.....	51
2.3. Odlingstekniker.....	56
3. Hinder och framtida utveckling.....	58
3.1. Utmaningar i Östersjöns unika miljö.....	58
3.2. Regler, socioekonomisk uppfattning och acceptans.....	59
3.3. En kritisk syn på en växande tångodling i Östersjön.....	62
3.4. Behov av grundläggande forskning för en hållbar framtida tångindustri i Östersjön.....	66
Referenser.....	67

1. Inledning

Sverige har sedan år 2017 en uttalad strategi för livsmedelsproduktionen – livsmedelsstrategin. Ett centralt mål i livsmedelsstrategin är att ”den svenska livsmedelsproduktionen ska öka samtidigt som relevanta nationella miljömål uppnås i syfte att skapa tillväxt och sysselsättning och bidra till hållbar utveckling i hela landet.”

Det finns ett växande intresse för odling av alger, både i Sverige samt i Europa. Odling av makroalger pekas ofta ut som ett miljövänligt sätt att öka produktionen av livsmedel. I Sverige odlas mest den stora brunalgen sockertare, *Saccharina latissima*. Det finns också intresse för och försök med att odla grönalgen havssallat, *Ulva fenestrata*, och andra arter inom *Ulva*-släktet, samt rödalgen söl, *Palmaria palmata*.

EU har identifierat algodling som en betydelsefull näring som kan bidra till grön omställning. I EU-strategin "Farm to fork" pekas alger ut som en viktig alternativ källa till protein i en uthållig livsmedelsproduktion, och EU-kommissionen har lyft fram algodlingens betydelse för att binda koldioxid.

Forskning pågår för att utveckla nya produkter. Algindustrins utveckling och därmed utvecklingen av livsmedelsproduktion baserat på alger har dock flera utmaningar. Dessa utmaningar presenteras i rapporten liksom förslag på åtgärder för att främja algindustrins utveckling.

1.1. Utredningens uppdrag och skäl till uppdraget

Jordbruksverket har fått i uppdrag att analysera och identifiera eventuella hinder och utvecklingsbehov för att den blå hållbara produktionen, konsumtionen och användningen av algbaserade livsmedel ska kunna öka i Sverige.

1.2. Utredningens beredning

Jordbruksverket har i uppdraget fört en dialog med ett urval av algodlare, branschorganisationen Svenskt vattenbruk och sjömat, producentorganisationen De Recirkulerande Vattenbrukarna, länsstyrelser, andra myndigheter och forskare. Under vintern 2023 – 2024 genomfördes flera workshops och arbetsgruppsmöten med syfte att ringa in problem, utmaningar och lämpliga lösningar för att öka produktionen av algbaserade livsmedel i Sverige.

Jordbruksverket upphandlade en studie om möjligheter och potential för odling av alger i Östersjön som genomfördes av Göteborgs Universitet. Rapporten redovisades i april 2024. Slutrapporten bifogas som [bilaga 3](#).

Under våren 2024 har även Jordbruksverket, i samarbete med EU-kommissionens *EU4Algae* (se i [bilaga 1](#)), tagit fram en vägledning för att starta en algodling i Sverige. Vägledningen finns publicerad på projektets hemsida som *Licensing Toolkit*.

1.3. Andra relevanta utredningar, strategier m.m av betydelse

Det finns ett antal strategier, initiativ och uppdrag, både nationella samt på EU-nivå, som har en direkt eller indirekt betydelse för utveckling av den svenska algindustrin. De mest relevanta strategierna på EU-nivå är:

- EUs: gemensamma fiskeripolitik.
- EU:s strategi för vattenbruk och de strategiska riktlinjerna för en hållbar utveckling av vattenbruket i EU.
- EU:s strategi för hållbar tillväxt inom havs- och sjöfartssektorn: Blå tillväxt.
- Från jord till bord (From Farm to Fork) strategi för hållbara livsmedel.

På nationell nivå finns följande strategier kopplade till vattenbruket generellt:

- Strategi för fiske och vattenbruk 2021 – 2026 med tillhörande handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk.
- Nationell livsmedelsstrategi.
- Maritima strategin.

För en mer detaljerad beskrivning av strategier hänvisar vi till [bilaga 1](#).

Ett viktigt steg i arbetet med uppdraget har varit att beakta andra pågående initiativ samt utredningar som har en direkt betydelse för utvecklingen av den svenska algindustrin.

Mot en stark och hållbar algindustri i EU

I november 2022 publicerade Europeiska kommissionen ett initiativ "Mot en stark och hållbar algindustri"¹. Detta meddelandeförslag syftar till att hitta nya och hållbara metoder för att tillhandahålla mat och energi till en snabbt växande global befolkning. Dokumentet betonar vikten av att använda alger som en förnybar resurs i Europa för att säkerställa en säker tillgång på råvaror och energi.

EU4Algae

Som en del av EU-kommissionens genomförande av alginitiativet har ett projekt inletts, *EU4Algae*, med syfte att skapa en europeisk samarbetsplattform för berörda parter angående alger. Projektet arbetar med ett antal aktiviteter inom fyra fokusområden: förbättra styrningsramen och lagstiftningen, förbättra företagsklimatet, åtgärda kunskaps-, forsknings-, teknik- och innovationsbrister, samt öka allmänhetens kännedom om alger och algbaserade produkter och acceptansen av dem på marknaden i EU. Vi hänvisar till projektets olika aktiviteter när vi presenterar vår analys av hinder och utvecklingsbehov.

1 Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, Rådet, Europeiska Ekonomiska och Sociala Kommittén samt Regionkommittén, Mot en stark och hållbar algindustri i EU.

Fiske- och vattenbruksutredning

Regeringen beslutade den 30 juni 2022 att uppdra åt en särskild utredare att göra en översyn av regelverket på fiskeområdet i syfte att få till stånd en sammanhållen lagstiftning med en tydlig systematik och att anpassa regelverket till de nya unionsbestämmelserna om fiskerikontroll. I uppdraget ingick även att se över hur bestämmelserna om vattenbruk kan förenklas för att främja ett mer konkurrenskraftigt och hållbart vattenbruk. Jordbruksverket har deltagit i utredningens expertgrupp. Utredningen, som har antagit namnet Fiske- och vattenbruksutredningen, överlämnade sitt delbetänkande² i oktober 2023. I [kapitel 3](#) presenterar vi en del av utredningens förslag som är relevanta för vårt uppdrag.

Utredningen om ändamålsenliga undantag från strandskyddet för de areella näringarna (SOU 2023:103)

Den 17 mars 2022 beslutade regeringen att se över undantaget från strandskyddet för de areella näringarna samt föreslå författningsändringar och andra åtgärder som moderniserar och förtydligar undantaget från strandskyddet i 7 kap. 16 § 1 miljöbalken. Syftet med utredningen har varit att säkerställa att regleringen tar tillräcklig hänsyn till de varierande förutsättningar som i dag råder för olika näringsidkare inom de areella näringarna och att den ser till behoven av att förbättra förutsättningarna för näringarnas utveckling, särskilt för småskaliga lantbrukare. Förslagen ska även bidra till att uppnå livsmedelsstrategins mål om ökad livsmedelsproduktion och hållbar utveckling i hela landet. Utredningen, som har antagit namnet Areella näringar vid vatten, överlämnade betänkandet³ i december 2023. I [kapitel 3](#) presenterar vi en del av utredningens förslag som vi anser vara relevanta för vårt uppdrag.

Åtgärd 11 i Åtgärdsprogrammet för havsmiljön

Åtgärdsprogrammet⁴ är ett nationellt program med syfte att på sikt uppnå god miljöstatus i Nordsjön och Östersjön. Åtgärdsprogrammet ingår i den marina strategin enligt havsmiljöförordningen som utgör en del i det svenska genomförandet av EU:s havsmiljödirektiv. Programmet ska innefatta de åtgärder som behövs för att följa miljö-kvalitetsnormerna med indikatorer i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2012:18) om vad som kännetecknar god miljöstatus samt miljö kvalitetsnormer med indikatorer för Nordsjön och Östersjön. Jordbruksverket ansvarar för genomförande av bland annat åtgärd 11 i åtgärdsprogrammet. Arbete med åtgärden syftar bland annat att stimulera tekniker för odling och förädling av blå fånggrödor, alltså sådant vattenbruk som ger ett nettoupptag av näringsämnen. Tillsammans med Havs- och vattenmyndigheten identifierade Jordbruksverkets behov av att utreda möjligheter och potential för produktion av alger i Östersjön som resulterade i en upphandlad studie "Tångodling i Östersjön. En bedömning av kunskapsläget, möjliga hinder och framtidsutsikter" som bifogas som [bilaga](#) till denna rapport. Rapporten låg till grund för Jordbruksverkets redovisning av uppdraget.

2 Förenklade förutsättningar för ett hållbart vattenbruk, SOU 2023:74.

3 Areella näringar vid vatten, Betänkande av Utredningen om ändamålsenliga undantag från strandskyddet för de areella näringarna, SOU 2023:103.

4 Marin strategi för Nordsjön och Östersjön - Åtgärdsprogram för havsmiljön 2022-2027 enligt havsmiljöförordningen.

1.4. Rapportens upplägg

Jordbruksverket har fått i uppdrag att identifiera vilka hinder och utvecklingsbehov som finns för att den blå hållbara produktionen, konsumtionen och användningen av algbaserade livsmedel ska kunna öka i Sverige.

I rapporten beskrivs de identifierade utvecklingsbehov som Jordbruksverket ser som viktiga för att nå detta mål. Utvecklingsbehoven bygger i vissa fall på att det finns hinder, i andra fall finns det förbättringspotential eller identifierade åtgärder som kan bidra till målsättningen med växande algindustrin.

Dessa hinder och förbättringspotentialer beskrivs inom områdena:

- Lagstiftning och dess tillämpning ([kapitel 3](#)).
- Teknik för primärproduktion ([kapitel 4](#)).
- Produktutveckling, förädling, marknad ([kapitel 4](#)).
- Konsumenternas uppfattning och acceptans ([kapitel 4](#)).

Rapporten avslutas med Jordbruksverkets slutsatser om behov av stegvisa åtgärder för att skapa förändringar som bidrar till målsättningen med växande algindustrin.

2. Odling av alger

2.1. Begreppet alger

Alger är samlingsnamn på organismer som hör till olika delar av grupperna bakterier, protister⁵ och växter. Traditionellt indelas algerna i mikro- och makroalger beroende på om de antingen är mikroskopiskt små eller synliga för blotta ögat. Inom båda grupperna finns både encelliga och flercelliga arter. Makroalger, även kallade tång, är en stor och mångfaldig grupp flercelliga fotosyntetiserande alger, som övervägande lever i salt och bräckt vatten. Makroalger kan delas in i tre grupper:

- Röda alger (*Rhodophyta*)
- Grönalger (*Chlorophyta*)
- Brunalger (*Phaeophyta*)



Figur 1. Visning av olika arter av makroalger. Från vänster till höger: sockertare *Saccharina latissima*, havssallad *Ulva rigida*, dulse *Palmaria palmata*. Foto: Izabela Alias.

5 Protister är varken svampar, växter eller djur. De är ofta enkla, encelliga organismer.

Endast grönalgerna klassificeras tillsammans med landväxter i växtriket, men alla tre grupperna av makroalger benämns ofta som växter. En grupp makroalger kallas kelp, som är stora brunalger som utgör ordningen Laminariales.

På engelska används ofta ordet "seaweed" när man talar om makroalger. Kanske kan det förklara varför alger ibland felaktigt benämns "sjögräs". Till skillnad från sjögräs, som är blomväxter med frön och rötter, har alger skiftande livscyklar och sprider sig främst via olika typer av sporer.

2.2. Algodling i Europa och i Sverige

Algindustrin i Europa är för närvarande mer inriktad på skörd av vild tång än på odling. Industrin befinner sig därför fortfarande i ett mycket tidigt utvecklingskede. I Asien är produktionen mer inriktad på odling. Den asiatiska marknaden har vuxit kraftigt det senaste årtiondet. Makroalger står nu för omkring hälften av hela världens vattenbruksproduktion), men den europeiska produktionen har hittills varit försumbar.

I Sverige finns det idag tretton algföretag, de flesta befinner sig på västkusten, som tillsammans skördade drygt 90 ton makroalger 2023 (Tabell 1). De största produktionsvolymerna utgörs av den stora brunalgen sockertare, *Saccharina latissima* (Figur 1). Näst störst produktionsvolym utgörs av grönalgen havssallat, *Ulva fenestrata*, och andra arter inom *Ulva*-släktet, följt av rödalgen söl, *Palmaria palmata*. På västkusten finns även ett antal företag som skördar vilda bestånd av makroalger som säljs direkt till restauranger eller används för extraktion av värdefulla ämnen så som exempelvis jod, kalium, magnesium.

Tabell 1. Kommersiella företag som producerar tång i Sverige (data från 2023; N/A = otillgänglig information; om företag för närvarande befinner sig i uppstartsfasen läggs en motsvarande anmärkning till).

Företagets namn	Produktions-plats	År för grundande	Producerade tångarter	Årlig mängd bearbetad biomassa (våtvikt, 2023, [kg])	Huvudsaklig användning av biomassa [t.ex. livsmedel, foder, bio-kemikalier, byggnads-material]	Vild skörd [W] eller odling [C]	Havsbaserad [HB] eller landbaserad [LB] odling	Salthalt på odlings-platsen [PSU]	Ekologiskt certifierad
Blue-Fields ^{1,3}	Glommen, Falkenberg	2021	<i>Saccharina latissima</i>	N/A	Livsmedel	C	HB	18	Nej
Nordic Seafarm ³	Bohuslän, Tanum	2016	<i>Saccharina latissima</i> , <i>Ulva fenestrata</i>	70 000	Livsmedel	C	HB	28-30	Ja
Kaira Nordic ^{1,3}	Hallands län	2021	<i>Saccharina latissima</i>	N/A	Livsmedel	C	HB	18-20	Nej
Kivik Tång ⁴	Skåne län, Kivik	2022	<i>Ulva intestinalis</i>	N/A	Livsmedel	W	N/A	7.5-8	N/A
Koastal ³	Bohuslän, Stockholm	2022	<i>Saccharina latissima</i> , <i>Ulva fenestrata</i>	3 000	Livsmedel	C	HB	20-25 Bohuslän; 5 Stockholm	Nej
Kobb ³	Bohuslän, Hakefjorden	2017	<i>Saccharina latissima</i> ,	10 000	Livsmedel	C	HB	25-28	Nej
Souto Ocean Culture ^{1,3}	Vik, Skåne	2022	Under utveckling: <i>Ulva</i> sp., <i>Monostroma</i> sp, <i>Fucus vesiculosus</i>	N/A	Livsmedel	C	HB	7-8	Nej
Ten island seafarm ³	Bohuslän, Göteborgs skärgård (Hälsö, Öckerö)	2020	<i>Saccharina latissima</i>	1 000	Livsmedel, kosmetika	C	HB	25-28	Nej
Volta Greentech ³	Stockholm och Bohuslän, Lysekil	2018	<i>Asparagopsis armata</i> ² , <i>Asparagopsis taxiformis</i> ² .	2 000	Foder	C	LB	30-33	Nej

1 Ingen betydande produktion under 2023.

2 Inte inhemsk i regionen, föräldrabestånd importeras för efterföljande landbaserad odling.

3 Information vänligen tillhandahållen av respektive företag.

4 Information hämtad från webbkälla [Kivik Tång, 2024. <https://www.kiviktang.se/>. Hemsidan har senast besökts den 11.02.2024].

Intresset för att odla alger växer snabbt, det finns nya beviljade tillstånd och många ärenden handläggs på länsstyrelserna. I Västra Götaland och Halland fanns under våren 2024 (enligt avstämning med länsstyrelser) över 30 beviljade beslut, både anmälan om vattenverksamhet (max 3 000 kvm) samt tillstånd fattade av Mark och Miljödomstolen (över 0,3 ha).

Förutsättningarna för att odla makroalger i Sverige är mycket goda. Vi har en lång kust med stora tillgängliga havsområden och god vattenkvalitet. Längs svenska västkusten är vattnet tillräckligt salt för att marina arter som sockertare ska trivas, medan *Ulva*-arter som till exempel havssallat ofta kan växa även i mer utsötade vatten, och till och med kan bli aktuella för odling i Östersjön.

2.3. Naturlig förekomst och utbredning av tångarter i Östersjön

Den biologiska förekomsten av makroalger i havet beror framför allt på salthaltsgradienten och tillgängligheten på lämpligt substrat. Sveriges havsområden kännetecknas av en stark salthaltsgradient som sträcker sig från helt marina förhållanden i Skagerrak (28–32 PSU) till nästan sötvatten i Bottenviken (2–0 PSU). I samband med minskningen av salthalten minskar tångens biologiska mångfald. Salthaltsgradienten påverkar även tångens tillväxthastighet och kan vara en orsak till dvärgformade eller avvikande morfologier. Berggrund är vanligt förekommande längs kusterna i Sverige, vilket gynnar tångens tillväxt.

Förutom salthalt och tillgång på lämpligt substrat är makroalgernas vegetation också starkt säsonsberoende. Vegetationstoppen, när algerna når sina maximala volymer, för de flesta arter ligger under sen vår till midsommar. Under vintern kan till exempel istäckning och isskrapning orsaka ogynnsamma förhållanden som resulterar i lägre tillväxt och diversitet av makroalger i norra Östersjön.

Tång som bioresurs

De mest framträdande tångarterna som också har ekonomisk relevans är *Fucus* spp, *Ulva* spp och *Furcellaria lumbricalis*. Dessutom utgör vissa opportunistiska arter av släktena *Ceramium*, *Vertebrata*, *Cladophora*, *Pylaiella* och *Ulva* den huvudsakliga biomassaresursen i tångvallar, som för närvarande ökar i Östersjöregionen och som skulle kunna nyttjas än mer i framtiden som bioresurs. Även om förekomsten av tångdominerade stränder är ett naturligt fenomen i hela Östersjöområdet, har förekomsten av opportunistiska tångarter ökat under senare år i bland annat södra och sydöstra Sverige. Tångvallar har tidigare utforskats som en hållbar bioresurs inom till exempel byggindustrin som isoleringsmaterial eller som gödselmedel och för att förbättra jorden. En studie⁶ visar att cirka 60 000 ton torrsvikt av tång som strandsätts varje år längs östersjökusten i södra Sverige skulle kunna användas som bioresurs. Särskilt Öland nämndes för sina enorma mängder tångvallar som, under högsäsongen i september, varierade från 4000 till 12 000 m³ km⁻¹ kustlinje. För mer information om möjligheter och begränsningar för ekonomiskt utnyttjande och användning av tångvallar hänvisar vi till [bilaga 3, kapitel 2.2](#).

Invasiva arter

Förutom opportunistiska arter som anses vara inhemska i Östersjön ses en ökande förekomst av invasiva, och potentiellt ekosystemhotande arter. Som en följd av den lägre salthalten och Östersjöns låga geologiska ålder möter främmande arter i allmänhet färre konkurrerande eller antagonistiska arter än i mer marina förhållanden. Även om en arts invasiva framgång och ekologiska påverkan i en ny miljö inte kan förutsägas med säkerhet, kräver den snabbt framväxande blå ekonomin i regionen att flera nya introducerade arter i Östersjön övervakas. Hanteringen av utbredningen av invasiva arter och deras respektive ekologiska egenskaper bör vara en central punkt i framtida odling som hanterar till exempel *Ulva*. Detta bidrar till att säkerställa miljömässigt hållbar

⁶ Blidberg, E. and F. Gröndahl. 2012. Macroalgae harvesting and cultivation. In: (A. Schultz-Zehden and M. Matczak, eds) SUBMARINER compendium: an assessment of innovative and sustainable uses of baltic marine resources. Maritime Institute, Gdansk. pp. 49–76.

och ekosystemvänlig tångodling i Östersjön och kan mildra oavsiktlig spridning av främmande arter. För mer information hänvisar vi till [bilaga 3 kapitel 3.3](#).

2.4. Påverkan på ekosystemtjänster och annan miljöpåverkan

Kunskap om miljöpåverkan från storskaliga algodlingar är begränsad.

Det är väldokumenterat att odling av makroalger kan ha en positiv inverkan på havsmiljö genom att ta upp näringsämnen. Skörden av den odlade algbiomassan kan ha en betydande potential för effektiv återcirkulation av näringsämnen från havet till land. Storskaliga odlingsystem, särskilt de som påverkar den lokala hydrodynamiken, kan dock förändra vattenflödet och tillgången på näringsämnen, vilket kan begränsa växtplanktonbiomassan. Resultat från en avhandling från 2019⁷ där påverkan på miljön har undersökts i en två hektar (20 000 m²) testodling i Kosterhavet tyder på att det finns relativt stora variationer i näringsupptaget beroende på växtplats. För att optimera hanteringen av näringsämnen och skala upp odlingen är det viktigt att utveckla hydrodynamiska-biologiska modeller vid realistiska tätheter samt välja lämpliga odlingsplatser.

Konkurrens om ljus är en avgörande faktor för tillväxt av marina autotrofa organismer. En potentiell skada på nyckelarter som är avgörande för att upprätthålla den ekologiska balansen i havsmiljön längs svenska kusten, såsom blåstång (*Fucus vesiculosus*) eller ålgräs (*Zostera marina*), väcker farhågor om negativa effekter av storskaliga algodlingar. Tidigare studier betonar till exempel att ålgräsängar bör undvikas när man överväger möjliga platser för odling av makroalger, eftersom de har en hög skyddsnivå i Europa och kan vara känsliga för skuggning och störningar (t.ex. av förtöjningsinfrastruktur). Vanligtvis odlas dock makroalger på djupare vatten så risken för att påverka känsliga bottenmiljöer är liten. Skuggningen kan dock påverka mängden fytoplankton och trofiska flöden⁸. Sammantaget kommer skuggning och absorption av ljus att vara starkt beroende av vilka algarter som odlas, de rådande biotiska och abiotiska förhållandena, och ännu viktigare, odlingens storlek. Varje vattenmiljö är dessutom unik och har olika vattenkemi, och oceanografiska förhållanden, vilket understryker den inneboende variationen mellan ekosystem och den försiktighet som krävs vid extrapolering av data från ett system till ett annat.

Storskalig odling av makroalger har bedömts ha kapacitet att binda stora mängder kol från kustmiljön, vilket utgör en alternativ koldioxidsnål källa för bioresurser som livsmedel och energi om det hanteras effektivt. Att verifiera om koldioxid som fixeras av alger genom fotosyntes översätts till effektiv kolbindning är dock mer komplicerat i den marina miljön jämfört med terrestra system. Denna komplexitet beror på att kolet i algbiomassa omsätts snabbt, samt att det är svårt att spåra kolflödet genom marina näringsvävar och utbytet av koldioxid mellan atmosfär och hav. Därför är kunskapen om inverkan av algodlingen på kolcykeln fortfarande begränsad och kräver ytterligare forskning, särskilt i miljöer med starka årliga och dagliga skiftningar i abiotiska faktorer, som i t ex Östersjön. Trots svårigheter med att beräkna hur mycket odling av alger kan bidra till kolbindning i den

7 Visch W., 2019, Sustainable Kelp Aquaculture in Sweden.

8 Benes, K. M., and Carpenter, R. C. (2015). Kelp canopy facilitates understory algal assemblage via competitive release during early stages of secondary succession. *Ecology* 96, 241–251. doi: 10.1890/14-0076.1

marina miljön anses algodlingen som ett lovande alternativ för begränsning av, och anpassning till, klimatförändringar.

Övervakning och forskning om miljökonsekvenser över längre tid, är därför viktiga, vilket vi återkommer till i våra förslag.

2.5. Marknad, efterfrågan och användning

Användningsområden

Tack vare sina biokemiska föreningar och egenskaper är alger en värdefull råvara inom allt fler kommersiella användningsområden, t.ex. livsmedel, foder, jordgödsel och växtbio-stimulanter i många länder. Alger kan också användas i kosmetika, medicin, biobränsle och biobaserade förpackningar samt som hjälpmedel vid vattenrening, t.ex. genom fixering av koldioxid och näringsämnen. Det finns en omfattande produktion av flera industriellt framställda hydrokolloider från alger för användning som livsmedelstillsatser, t.ex. som alginat, karragen och agar, som används som förtjockningsmedel, gelningsmedel, stabilisatorer och emulgeringsmedel i en mängd olika livsmedel och andra produkter. Mängden alger som används för direkt konsumtion som livsmedel i Europa är fortfarande begränsad jämfört med länder i Asien. Algernas förmåga att ta upp koldioxid och avlägsna näringsämnen från akvatiska ekosystem ger dem potential att nyttjas som blå fånggrödor.

Näringsinnehåll

Alger är fattiga på fett och rika på kostfibrer, mikronäringsämnen och bioaktiva föreningar, och framhålls därför ofta som nyttig och kalorislåg mat⁹. Några arter är också kända för att innehålla särskilt mycket protein. Vissa bioaktiva komponenter från olika algarter har föreslagits för att dra nytta av egenskaper som är gynnsamma för hälsan.

Makroalger har en förmåga att ta upp och koncentrera jod och kalcium från havsvattnet, samtidigt som de inte innehåller speciellt mycket natrium, vilket finns i saltvattnet. Makroalger innehåller också proportionellt mer fettsyror (EPA, DHA) jämfört med växter på land.

Makroalger innehåller också bioaktiva ämnen (fytokemikalier, fytosteroler och fukoxantin) som gör att de är intressanta i medicinsk forskning. Exempel på användningsområden är medicinsk applikation för sjukdomar som diabetes, högt blodtryck, cancer samt inom fettreducering, antiinflammatoriska medel, antimikrobiella läkemedel, antivirus och nervskyddande medel¹⁰.

Mängden protein varierar beroende på vilken art som produceras och vid vilken tidpunkt på året som den skördas. Protein från makroalger är biotillgängligt, till exempel i nori (purpurtång) där 70 procent av proteinet tas upp i kroppen. Rödalgen purpurtång är den alg som innehåller mest protein, upp till nästan 50 procent i torrsvikt. Brunalger

9 Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development, Förenta nationernas livsmedels- och jordbruksorganisation (FAO), 2021, <https://doi.org/10.4060/cb5670en>.

10 Pal, A., Kamthania, M.C. and Kumar, A. (2014) Bioactive Compounds and Properties of Seaweeds— A Review. Open Access Library Journal, 1: e752. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1100752>.

såsom blåstång, fingertång, sockertång och knöltång innehåller mellan 5 och 24 procent protein av torrvikten. De unga delarna av makroalger innehåller mest protein.

Marknad och efterfrågan

I Sverige säljs alger färskt eller efter förädling, såsom torkning, blanchering, frysning och jäsning. Alger säljs och används som ingredienser i livsmedel såsom kryddor, bröd, pesto, fiskkakor, drycker och kosttillskott, men också som huvudingrediens i snacks/ crisps, soppor, sallader, pasta och smoothies. Importerade arter så som nori, kombu och wakame är möjligen de mest använda arterna i Norden, som ofta används i sushi och andra asiatiska rätter.

Sverige importerar i nuläget årligen stora mängder algprodukter i förhållande till den inhemska produktionen. Sett till volym importerades i genomsnitt de senaste fem åren 535 ton alger och exporterades 74,8 ton så det finns uppenbart en efterfrågan på algprodukter i Sverige. Denna efterfrågan förväntas öka i linje med hälso- och hållbarhetstrenderna. En växande befolkning och konsumtionsmönstren kan förväntas att medföra en ytterligare ökad efterfrågan på alger och algbaserade produkter. När det gäller mikroalger, som också kan produceras på land och långt från havet, ökar även efterfrågan på *Chlorella*¹¹ och cyanobakterien *Spirulina*¹² i Sverige.

Enligt information från EU-kommissionens rapport *Food from the Oceans*¹³ har makroalger potential att bidra med de dryga 100 miljoner ton extra biomassa som beräknas krävas för att täcka behov av livsmedel de närmaste 20 åren.

Koalitionen *Seaweed for Europe* uppskattar att EU:s efterfrågan på tång kan öka från ca 270 000 ton 2019 till 8 miljoner ton 2030 och uppgå till ett värde av 9 miljarder euro 2030 sett till alla sektorer, av vilka foder, livsmedel och växtbiostimulanter (gödselprodukter) är de största. En sådan produktionsökning skulle kunna skapa 85 000 arbetstillfällen, avlägsna tusentals ton fosfor och kväve från Europas hav varje år, minska koldioxidutsläppen med upp till 5,4 miljoner ton årligen samt minska belastningen på marken. Sverige med sin långa kuststräcka kan anses ha god potential att möta en ökad efterfrågan på algprodukter genom en ökad produktion.

För att utveckla algindustrin i Sverige och öka produktionen behöver marknaden för användning av alger utvecklas och breddas. Detta gäller både för direkt livsmedelsändamål och för andra ändamål. I [avsnitt 4.2](#) lämnar vi förslag om hur marknaderna för användning kan utvecklas och breddas.

11 Chlorella är en vanlig encellig grönalg med habitat både på land och i vatten, som odlas för att användas som livsmedel eller livsmedelsingrediens. Den är rik på näringsämnen och en bra källa till flera vitaminer, mineraler och antioxidanter.

12 Spirulina är en mikroskopisk, trådbildande och vattenlevande cyanobakterie som odlas för att användas som kosttillskott. Den är ett av de populäraste algbaserade kosttillskotten. Spirulina har hög proteinhalt och är rik på vitaminer (B1, B2 och B3), mikroelement (koppar, järn, magnesium osv.) och innehåller de essentiella fettsyrorna omega-3 och omega-6. Jung, F., Kruger-Gengte, A., Spirulina platensis, a super food?, Journal of Cellular Biotechnology, 2019.

13 Food from the oceans - How can more food and biomass be obtained from the oceans in a way that does not deprive future generations of their benefits?, 2017.

2.6. Odlingstekniker

Det finns ett antal olika tekniker för att odla alger, både i havet samt i landbaserade system. Alger kan odlas som en monokultur eller med andra organismer i integrerade multitrofiska vattenbruk (IMTA). Valet av havsbaserad odlingsmetod beror på faktorer som vattendjup, strömstyrka och den specifika tångart som ska odlas. Eftersom tångodlingsindustrin fortsätter att utvecklas, fokuserar pågående forskning på att optimera tekniker för en hållbar och effektiv produktion.



Figur 2. Översikt över olika odlingsystem. A-C) Ett klassiskt system med långa linor för odling av till exempel *Ulva fenestrata* och *Saccharina latissima*. D.) Tankodling av havssallad i ett växthus. E.) *Ulva intestinalis*. F-I.) olika planteringsmetoder under utveckling. J-K.) Tångodling till havs kan ske i vindkraftsparker L.) *U. intestinalis* odlad på en lång lina.

Havsbaserade odlingsmetoder omfattar bland annat konventionella odlingsmetoder med långa linor som innebär att algplantor (eller sporer) hängs upp på horisontella linor eller rep (Figur 2). Dessa linor är vanligtvis förankrade i havsbotten och lämnas att flyta nära vattenytan, fixerade på plats av till exempel flytande anordningar som bojar. Denna metod har exempelvis visat sig vara väl lämpad för arter som makroalgen kelp och havssallad. Metoden kan anpassas till olika djup. Vid flottodling används i stället flytande strukturer, där makroalger fästs vid linor under flotten. Denna teknik är särskilt användbar i områden med betydande vattenrörelser och variationer i vattendjup. Makroalger kan odlas på olika substrat som nät, ramar eller vävstrukturer. Dessa substrat är vanligtvis fastsatta på havsbotten och ger en stabil miljö för tångtillväxt. Denna metod är lämplig för både fastsittande och icke fastsittande arter. Vissa arter kan odlas direkt på havsbotten,

i så kallade havsbottenodlingar. Denna metod innebär att alger fästs på botten med ankare eller andra strukturer, eller att odling av lösliggande makroalger i skyddade vikar främjas. Det är särskilt relevant för arter som inte sitter fast och som trivs i grunda, sedimentrika områden. Flytande odlingar är relevanta i områden med låg vågenergi och minimal tidvattenpåverkan. Makroalgerna är fästa vid flytande strukturer på vattenytan, vilket gör att de kan växa utan att vara i direkt kontakt med havsbotten. Detta kan vara i burar som är fästa vid pontoner eller olika typer av slang- eller rörsystem.



Figur 3. Havsbaserad odlingsmetod med långa linor. Foto: Sophie Steinhagen.

Odling av makroalger till havs rönar stort intresse inom den framväxande algindustrin på västkusten på grund av flera faktorer. En viktig fördel är överflödet av öppna havsområden, vilket ger expansiva och resursrika miljöer för storskalig odling. Östersjöns och Västerhavets relativt höga näringsbelastningar lämpar sig för odling av makroalger till havs. Odling till havs minimerar dessutom konkurrensen om utrymme med andra kustaktiviteter (t.ex. turistdrivna företag) och möjliggör en effektiv användning av stora havsområden. Dessutom visar samutnyttjandet av havsområden för flera ändamål, t.ex. integrering av algodling med befintlig infrastruktur som vindkraftsparker, branschens engagemang för hållbara metoder. Odling av makroalger i närheten av vindkraftsparker maximerar inte bara utnyttjandet av tillgängligt utrymme, utan erbjuder också potentiella synergier genom att tillhandahålla ytterligare ekosystemtjänster, såsom ökad biologisk mångfald och näringsupptag.

Förutom havsbaserade odlingsmetoder har odlingsystem på land vuxit fram som ett lovande sätt att hantera miljöutmaningar, särskilt de som rör obalanser i salthalt och näringsämnen och utmanande temperaturregimer. Dessa system omfattar kontrollerad odling i landbaserade anläggningar, vilket ger ett effektivt sätt att kontrollera odlingsparametrar (temperatur, ljus och näringsämnen) för att maximera tillväxttakten för algerna och utnyttja till exempel algernas förmåga att absorbera näringsämnen. Ett annat exempel på hållbart landbaserat vattenbruk är recirkulerande vattenbrukssystem (RAS), som dessutom kan kombineras med integrerade multitrofiska vattenbruksmetoder (IMTA). IMTA har använts i både landbaserade och havsbaserade odlingsystem och innebär att flera arter från olika trofnivåer odlas i samma vattenbrukssystem för att förbättra den övergripande hållbarheten.

3. Analys av hinder och utvecklingsbehov – Regler

Baserad på resultat från dialogmöten som vi fört med näringen och andra myndigheter samt tidigare utredningar, gör vi en bedömning att ett av de största hindren för utveckling av svensk algindustri är regelverk. Nedan redogör vi för alla identifierade hinder kopplade till tillståndsprocessen. Vi redogör för de förslag på regeländringar och andra åtgärder som två statliga utredningar nyligen lämnat till regeringen. Vi bedömer att det finns behov av ytterligare regelförenklingar för att främja utvecklingen av den svenska algindustrin.

I meddelandet "Mot en stark och hållbar algindustri i EU" lyfter EU-kommissionen behov av en sammanhängande och förenklad styrning för hela EU, däribland förenklade förfaranden och en ram för övervakning och kvalitet, med slutmålet att säkra att algbaserade biomassa-produkter från hållbara källor släpps ut på marknaden. Som åtgärder för att uppnå detta föreslår kommissionen bland annat att ta fram en ny verktygslåda för algodlare i medlemsstaterna, anpassad efter odlingsförhållandena i olika havsområden, och uppmuntra till att bestämmelser som rör alger integreras i ländernas styrningsramar (t.ex. havsplaner) och strategier (t.ex. bioekonomiska strategier). Enligt kommissionen bör en särskild åtgärd inriktas på hur algodlare lättare kan få tillträde till havsområden för algodling och enklare erhålla licenser för algodling (t.ex. på grundval av det vägledningsdokument för tillgång till utrymme som behandlas i de strategiska riktlinjerna för vattenbruk i EU, utbyte av god praxis genom den öppna samordningsmetoden för vattenbruk osv.).

3.1. Att starta algodling

För att starta och driva en algodling kan det krävas tillstånd, registreringar eller anmälningar som styrs inom följande rättsliga regleringsområden:

- mark- och miljölagstiftningen,
- fiskelagstiftningen,
- livsmedelslagstiftningen.

Odling av alger omfattas inte av 9 kap. miljöbalkens bestämmelser om miljöfarlig verksamhet. Alger är inte undantagna i 11 kap. 11 § miljöbalken likt utförande av anläggning för odling av fisk, musslor och kräftdjur och lyder därmed under bestämmelserna i 11 kap. om vattenverksamhet. Vattenverksamhet är i princip alltid tillståndspliktig men det finns undantag. I förordningen (1998:1388) om vattenverksamheter regleras när en vattenverksamhet är anmälningspliktig i stället för tillståndspliktig. För uppförande av en anläggning i ett vattenområde för odling av alger är det bland annat den bottenyta som verksamheten tar i anspråk som styr om verksamheten är tillståndspliktig eller anmälningspliktig vattenverksamhet.

För en mer detaljerad beskrivning av vilka tillstånd, godkännanden och registreringar som krävs för att starta och driva en odling av alger hänvisar vi till [bilaga 2](#) där vi redogör

mer i detalj för den nationella regleringen som styr bedrivandet av en algodling. Vi har använt oss av den kartläggning av relevant lagstiftning som delbetänkandet av Fiske-och vattenbruksutredningen¹⁴ presenterar i kapitel 5.

3.2. Strandskyddsdispens

3.2.1. Hinder

I vissa fall upplever algodlare att det är svårt att få dispens från strandskyddsbestämmelserna för att bygga för verksamheten nödvändiga byggnader inom strandskyddat område. Det är relativt vanligt att strandskyddsbesluten överklagas av allmänheten. För de algodlare som omfattas av strandskyddsbestämmelserna förekommer även att dispens från bestämmelserna tidsbegränsas.

3.2.2. Förslag på regeländringar från utredningen om areella näringar vid vatten

Utredningen om areella näringar vid vatten¹⁴ föreslår att vattenbruk ska läggas till som en självständig term i uppräkningsparagrafen i 7 kap. 16 § 1 miljöbalken. Utredningen har valt att inte begränsa detta till gårdsbaserat vattenbruk, utan använder termen vattenbruk i enlighet med Jordbruksverkets svar på regeringsuppdraget (N2018/04401/FJR samt N2018/01819/FJR). Förslaget innebär en administrativ förenkling för bland annat algodling inom strandskyddat område. I dialogen med näringen inom vårt uppdrag har det framförts att detta primärt är en förenkling för nyetableringar och för de algodlare som har tidsbegränsade beslut om strandskyddsdispens. För företagen innebär förslaget besparingar vad gäller tid och kostnader. Det är svårt att förutse hur många företag som kommer att beröras av utredningens förslag i denna del.

3.3. Bestämmelser om vattenbruk

3.3.1. Hinder

Nuvarande reglering i miljöbalken tar inte hänsyn till odling av andra/nya organismer som exempelvis odling av alger.

Odling av alger omfattas inte av samma undantag som uppfödning av fisk, musslor eller kräftor, och är därför tillståndspliktig vattenverksamhet enligt miljöbalken. Det innebär bland annat att en ansökan om att odla alger på ytor större än 0,3 hektar ska innehålla en miljökonsekvensbeskrivning. Ansökan prövas av mark- och miljödomstolen och prövningen kan ta flera år.

Tillstånd för vattenbruk med stöd av miljöbalken är oftast tidsbegränsade, ibland till så kort tid som 10 år. Miljötillstånd kan tidsbegränsas med stöd av 16 kap. 2 § miljöbalken. För de vattenbrukare som omfattas av strandskyddsbestämmelserna förekommer att dispens från

¹⁴ Areella näringar vid vatten, Betänkande av Utredningen om ändamålsenliga undantag från strandskyddet för de areella näringarna, SOU 2023:103.

bestämmelserna tidsbegränsas. Dessa olika tillstånd innebär att vattenbrukaren kan få olika tillståndstider i olika beslut samt att tillstånden vanligen även löper ut vid olika tidpunkter i och med att de inte meddelas samtidigt och inte samordnat.

3.3.2. Förslag på regeländringar från Fiske- och vattenbruksutredningen

Utredningen föreslår att begreppet vattenbruk bör definieras som "Uppfödning eller odling av vattenlevande organismer med metoder som är avsedda att öka produktionen av organismen i fråga utöver miljöns naturliga kapacitet, varvid organismerna förblir en fysisk eller juridisk persons egendom under uppfödningen eller odlingen fram till och med upptaget, skörden, eller annat tillvaratagande av organismerna."

All vattenbruksverksamhet kan anses utgöra miljöfarlig verksamhet

Bestämmelsen om undantag från tillståndsplikt för vattenverksamhet i 11 kap. 11 § 2 miljöbalken, som i dag undantar utförande av anläggningar för odling av fisk, musslor eller kräftdjur, ska ändras så att utförande av anläggningar för allt vattenbruk omfattas av undantaget.

Ändringar i bestämmelserna om miljöfarlig verksamhet

Utredningen föreslår att det ska införas en ny bestämmelse i 3 kap. 3 § miljöprövningsförordningen om anmälningsplikt för vattenbruk som bedrivs i anläggningar i vattenområden. Anmälningsplikt ska enligt paragrafen även gälla för andra vattenbruk som föder upp fisk, vattenlevande kräftdjur och vattenlevande blötdjur. Anmälningsplikten enligt paragrafen ska inte gälla om verksamheten är tillståndspliktig enligt 1 § eller anmälningspliktig enligt 2 §.

Av den aktuella paragrafen ska vidare framgå att begreppen vattenbruk respektive vattenområde ska tolkas på samma sätt som i 11 kap. miljöbalken.

Utredningen lyfter i konsekvensanalysen att detta förslag kommer påföra en extra börda för mindre verksamheter som idag är undantagna, exempelvis mindre algodlingar.

Bemyndiganden att utfärda generella föreskrifter för vattenbruket

Utredningen föreslår att det ska införas en ny bestämmelse i 12 kap. miljöbalken om att regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela föreskrifter om vattenbruk i fråga om vilka organismer som får födas upp eller odlas i vilka vattenområden och om försiktighetsmått för uppfödning eller odling. I kapitlet ska också tas in en bestämmelse som tydliggör att med vattenbruk avses "uppfödning eller odling av vattenlevande organismer med metoder som är avsedda att öka produktionen av organismen i fråga utöver miljöns naturliga kapacitet, varvid organismerna förblir en fysisk eller juridisk persons egendom under uppfödningen eller odlingen fram till och med upptaget, skörden, eller annat tillvaratagande av organismerna". Det ska också införas en ny förordning om miljöhänsyn i vattenbruk som ska innehålla ett bemyndigande till Havs- och vattenmyndigheten att meddela föreskrifter om vilka organismer som får födas upp

eller odlas i vilka vattenområden och försiktighetsmått för uppfödning eller odling. Det ska också göras en ändring i 24 kap. 1 § miljöbalken i syfte att föreskrifterna ska kunna bryta igenom ett tillstånds rättskraft.

Utredningens bedömning avseende problemet med outredda vatten

Kommuner kan underlätta för den som vill starta eller utöka ett vattenbruk genom att utreda oklara ägarförhållanden på platser som kan vara lämpliga för vattenbruk. Sådana utredningar kan företas enligt dagens lagstiftning varför det inte bedömts finnas något behov av författningsändring.

Utredningens bedömning avseende ändringar i miljölagstiftningen

Utredningens förslag avseende ändringar i miljölagstiftningen innebär att odling av alger kommer prövas enligt samma regelverk som andra vattenbruksverksamheter när det kommer till påverkan på andra vattenlevande organismer och miljön i övrigt. Utredningen bedömer att för de algodlingar som idag klassas som tillståndspliktiga vattenverksamheter och som i stället kommer att behöva anmälas enligt bestämmelserna om miljöfarlig verksamhet, blir det minskade kostnader.

Jordbruksverkets yttrande över Delbetänkande Förenklade förutsättningar för ett hållbart vattenbruk (SOU 2023:74)

I sitt yttrande över Fiske- och vattenbruksutredningens delbetänkande¹⁵ lämnade Jordbruksverkets följande synpunkter på utredningens förslag och bedömningar som är relevanta för algindustrin:

- Gällande förslaget om att all vattenbruksverksamhet kan anses utgöra miljöfarlig verksamhet anser Jordbruksverket att detta kommer bli en extra börda för mindre verksamheter som idag är undantagna anmälan eller tillstånd om miljöfarlig verksamhet samt för andra typer av vattenbruk som tidigare undantagits. Utifrån nedanstående förslag där Havs- och vattenmyndigheten ska ges i uppdrag att se över gränserna för när en verksamhet är anmälningspliktig kontra tillståndspliktig så innebär det att det i nuläget är svårt att se hur detta faktiskt kommer påverka vattenbruksnäringen. Vid en bedömning av miljöfarlig verksamhet är det viktigt att man även tar hänsyn till de miljönyttor som vattenbruket kan bidra med.
- Gällande förslag avseende bestämmelsen om undantag från tillståndsplikt för vattenverksamhet i 11 kap. 11 § 2 miljöbalken tillstyrker Jordbruksverket förslaget men vill även lyfta fram att de vattenbruk som föreslås omfattas av undantagsbestämmelsen och som tidigare behövt tillstånd enligt 11 kap. 9 § miljöbalken, nu kan komma att bedömas som miljöfarlig verksamhet. Detta kan ge en längre väg till lagakraftvunnet beslut, om beslutet överklagas.

15 Jordbruksverkets remissvar avseende SOU 2023:74, Diarienummer 3.3.17-3343/2024.

3.4. Prövning av algodling

3.4.1. Hinder

Vattenbruket, inklusive algodling, är en bransch som omfattas av flera olika parallella regelverk vilket innebär att det är flera myndigheter men även flera olika sakområden inom en myndighet som ansvarar för tillstånd, anmälningar, dispenser, godkännande etc. Vattenbrukaren kan behöva lämna in samma uppgifter till flera olika myndigheter, och även till flera olika enheter inom samma myndighet. Det förekommer även att olika beslut, i enlighet med olika regelverk, står i strid med varandra likaså att tidsbegränsningen av tillstånden i olika beslut inte är överensstämmande med varandra. Det förekommer även att tillstånd beviljas enligt ett regelverk men avslås enligt ett annat. Krav i lagstiftningen leder till komplexa tillståndsprocesser och långa handläggningstider. Vattenbrukarna upplever även att det är svårt att veta vilket underlag som de ska ha med in i prövningsprocessen. Processerna tar dessutom flera år och det finns en oförutsägbarhet i alla olika moment. Detta skapar komplexa och tidskrävande utredningar samt långa prövningsprocesser som leder till en byråkratisk och orimligt dyr tillståndsprocess. Det upplevs svårt, för såväl vattenbrukare som handläggare på berörda myndigheter, att få en god översikt över processen från uppstart av vattenbruk till kontroll och tillsyn. Det är därmed svårt för berörda myndigheter att exempelvis kunna vägleda en vattenbrukare genom alla parallella regelverk. Samordningen mellan och inom berörda myndigheter brister vilket har lett till en osmidig och ineffektiv prövning (och tillsyn).

3.4.2. Fiske- och vattenbruksutredningens förslag på regeländringar och andra åtgärder

Förslag om samverkan och stöd vid prövning samt samarbete vid tillsyn, offentlig kontroll och annan offentlig verksamhet

Utredningen föreslår att Jordbruksverket ska ansvara för en digital kontaktpunkt för vattenbruk där det ska tillhandahållas generell vägledning och information om förfarandet för att starta vattenbruk samt direktlänkar till vägledning och specifik information om vissa prövningar som kan aktualiseras vid uppstarten av en vattenbruksverksamhet. Havs- och vattenmyndigheten ska bistå Jordbruksverket i arbetet med kontaktpunkten genom att på den egna webbplatsen tillhandahålla uppdaterad vägledning och specifik information om vissa tillstånd och anmälningar. Detta ska regleras i en ny föreslagen förordning om vattenbruk.

Tillväxtverket ska ansvara för att utveckla webbplatsen verksamt.se så att checklistan för att starta vattenbruk med tillhörande guide anpassas till den digitala kontaktpunkten och innehåller direktlänkar till den. Detta ska hanteras inom ramen för ett uppdrag från regeringen.

Vägledningar ska tas fram

Utredningen föreslår att Jordbruksverket ska ansvara för att ta fram generell vägledning och information om förfarandet för att starta vattenbruk. Jordbruksverket ska inhämta

information och synpunkter från Havs- och vattenmyndigheten, Naturvårdsverket och länsstyrelserna i arbetet med att ta fram vägledning och information.

Havs- och vattenmyndigheten och Jordbruksverket ska ansvara för att tillhandahålla vägledning och specifik information om vissa angivna prövningar. Detta ska regleras i en ny föreslagen förordning om vattenbruk.

Utbildningsinsatser bör göras

Utredningen föreslår att Jordbruksverket ska ansvara för att tillhandahålla utbildning till andra myndigheter och kommuner om förfarandet för att starta vattenbruk. Jordbruksverket ska ta fram utbildning och i det arbetet inhämta information och synpunkter från Havs- och vattenmyndigheten, Naturvårdsverket och länsstyrelserna.

Detta ska regleras i en ny föreslagen förordning om vattenbruk.

Möjligheten att höra remissinstanser bör utnyttjas

Utredningen gör en bedömning att möjligheten att i enskilda ärenden höra andra myndigheter bör utnyttjas.

3.5. Alger som ”nya livsmedel”

3.5.1. Hinder

Begreppet "nya livsmedel" eller "novel foods" är ytterligare en utmaning för makroalger på livsmedelsmarknaden (se [bilaga 2](#)). Makroalger som till exempel sockertare och havssallat har ätits under långtid i EU och räknas därför inte som nya livsmedel. Däremot behöver en ny livsmedelsprodukt från en tidigare godkänd art i de flesta fall en egen prövning. Att få ett nytt livsmedel godkänt kan vara en både lång och kostsam process.

3.5.2. Förslag på åtgärd från EU-kommissionen

EU-kommissionen har en ambition att till slutet av 2026 tillsammans med Europeiska standardiseringskommittén (CEN) utarbeta standardmetoder för testning, kvantifiering och utvinning av algbaserade ingredienser och främmande ämnen. Detta arbete behöver följas upp.

Livsmedelsverket har ett ansvar i detta avseende men det finns behov av ett tydligt uppdrag till Livsmedelsverket som ska arbeta med algbaserade livsmedel. I uppdraget kan ingå bland annat insamling av data, analys av prover och bedömning, kostråd och märkningsvägledning, tydlig och aktuell information på hemsidan.

3.6. Lokalisering/tillgång till odlingsplatser

3.6.1. Hinder

För att starta en algodling behöver företagen först hitta en lämplig lokalisering för verksamheten. Lokaliseringsutredningar ska enligt krav i miljölagstiftningen omfatta flera alternativa lokaliseringar där dessa jämförs med varandra. Detta innebär ett stort utredningsarbete.

Algodlingar upptar ofta en stor yta och kan därmed stå i konflikt med det rörliga friluftslivet. Branschen upplever att det saknas en tydlig vägledning om var är det lämpligt att odla alger. För att minska konflikter kan lokaliseringar för makroalger längre ut från kusten vara intressanta, speciellt i samverkan med anläggningar för havsbaserad förnybar energi. Här pågår nu försök med stöd av EU:s forskningsfonder.

3.6.2. Bakgrund

Under utredningen har det framförts förslag som innebär att algodling som en del av vattenbruket bör inkluderas i nationella/regionala havsplaner. På många håll råder hög konkurrens om utrymme i vatten längs Sveriges kuster samt konkurrens mellan olika intressen. För att möjliggöra etablering av vattenbruk bör lämpliga vattenarealer framgå i havsplaner. En god planering skulle göra det möjligt för vattenbruket att verka sida vid sida med andra konkurrerande intressen samt underlätta i arbetet med att finna en lämplig lokalisering.

I kommissionens strategiska riktlinjer för ett mer hållbart och konkurrenskraftigt vattenbruk i EU för perioden 2021–2030 lyfts att tillgången till utrymme och vatten är en viktig förutsättning för att unionens vattenbrukssektor ska kunna växa och bli en resiliert och konkurrenskraftig sektor. I det avseendet är det enligt kommissionen mycket viktigt med en samordnad fysisk planering för all typ av vattenbruk, både sådan som finns i hav och sötvatten samt landbaserat vattenbruk.

Lokalisering av en verksamhet och möjliga alternativa platser regleras i 2 kap. 6 § miljöbalken och i 6 kap. 35 § miljöbalken. I 17 § miljöbedömningsförordningen preciseras vilka alternativ miljökonsekvensbeskrivningen enligt 6 kap. 35 § miljöbalken ska innehålla.

Miljöbalken innehåller inga bestämmelser om riksintressen för vattenbruk, men i 3 kap. 5 § nämns vattenbruk som ett allmänt intresse. I 3 kap. 5 § regleras att mark- och vattenområden som har betydelse för rennärning, yrkesfisket eller vattenbruk ska så långt det är möjligt skyddas mot åtgärder som kan påtagligt försvåra näringens bedrivande. Med vattenbruk menas i detta avseende "biologisk produktion i vattenområden", bl. a. fisk och musselodling.

Vattenbruk i översiktsplanering

Kommunen kan fysiskt planera vatten i kustområden, så kallat inre vatten, och territorialhavet genom översiktsplaneringen. Territorialhavet omfattar som huvudregel det

område som sträcker sig 12 sjömil ut från den så kallade baslinjen. Inre vatten avser det vatten som är mellan land och territorialhavet. Översiktsplaner kan vara vägledande i frågor om lokalisering av en verksamhet. Översiktsplanens syfte är att bl.a. att ge vägledning för hur mark- och vattenområden ska användas. Översiktsplanen ska visa hur kommunen tänker ta hänsyn till allmänna intressen samt hur riksintressen ska tillgodoses och hur miljö kvalitetsnormer enligt 5 kap. miljöbalken ska följas. I översiktsplaneringen kan områden där förutsättningar för vattenbruk är goda pekas ut av kommunen. Kommunen kan också redogöra för sin syn på avvägningen mot andra allmänna intressen. Översiktsplaner kan vara vägledande men de är dock inte rättsligt bindande. Avvägningen om platsen är lämplig görs alltid i det enskilda fallet.

Vattenbruk i havsplanering

I vissa kustområden sker en överlappning mellan kommunernas översiktsplanering och den statliga havsplaneringen, som utöver vissa delar av territorialhavet även omfattar Sveriges ekonomiska zon. Den 10 februari 2022 beslutade regeringen om havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet. En havsplan ger vägledning om användning för de områden som omfattas av havsplanen. Vägledningen används av myndigheter, kommuner och regioner vid planläggning och prövning av anspråk på användning inom havsplaneområdet. Näringsidkare inom havsrelaterade verksamheter och andra berörda har nytta av havsplanerna för ökad förutsägbarhet.

I nuläget anvisar den svenska havsplanen inga specifikt avgränsade områden för vattenbruk, men har som planeringsmål att skapa beredskap för framtida etablering av hållbart vattenbruk. Havsplanerna ska ha rumslig beredskap för vattenbrukets utveckling och potential att effektivt använda havet för hållbar produktion. Sett till vattenbrukets utvecklingspotential och en ökad forskning på området kan vattenbruk utanför kustzonen bli aktuellt inom en framtid som rymms inom havsplaneringens planeringsram 2030 och visionsår 2050. Därför ska havsplaneringen ta hänsyn till att vattenbruk kan bli aktuellt i havsplaneområdena i framtiden.

I dagsläget finns ingen samlad nationell kartläggning av möjliga geografiska utvecklingsområden för vattenbruk i planområdet. I Jordbruksverkets och Havs- och vattenmyndighetens handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk 2021 - 2026 syftar en åtgärd till att underlätta identifiering och planering av lämpliga områden för olika former av hållbart vattenbruk (Jordbruksverket, 2021). Nya planeringsunderlag tillsammans med utvecklade odlingsteknik kan på sikt bidra till bättre planeringsförutsättningar för vattenbruk i planområdet. Det är därför viktigt att resurser avsätts för att ta fram de underlag som skulle krävas för att algodling ska kunna inkluderas i havsplaneringen och bidra till förbättrade förutsättningar för näringens utveckling.

Mot bakgrund av att det i nuläget inte anvisas några specifika områden avsedda för vattenbruk blir det extra viktigt att styrningen utformas så att regelverket och förvaltningen inte hindrar samexistens mellan vattenbruk och andra näringar som redan finns eller håller på att etableras i havet. Den samexistens som präglar havsplanerna kan bidra till innovation och ny teknik, vilket gynnar maritima näringar under utveckling, såsom energiutvinning, sandutvinning och vattenbruk.

För att underlätta för framtida samlokalisering av vattenbruk inom havsbaserade vindkraftsparker, lyfts i litteraturen behovet av att i havsplaneringen utse områden specifikt för kombinerade anläggningar¹⁶.

Enligt Fiske- och vattenbruksutredningens bedömning kan prövning av lämplig lokalisering underlättas och handläggningstider sannolikt kortas genom att peka ut områden som är lämpliga för vattenbruk i den fysiska planeringen. Att peka ut större områden i vatten där det endast finns en eller fåtal fastighetsägare i den fysiska planeringen kan sannolikt underlätta för den som avser starta eller utöka en vattenbruksverksamhet.

Jordbruksverket anser att förutsättningar bör skapas för att Havs- och vattenmyndigheten samt länsstyrelserna ska kunna inkludera algodling i sina nationella/regionala havsplaner enligt direktivet om havsplanering vid en framtida uppdatering. Att algodling mer tydligt inkluderas i havsplanerna har potential att främja hållbar utveckling och en samexistens mellan olika sektorer på det marina området.

16 Samexistens mellan havsbaserad vindkraft, yrkesfiske, vattenbruk och naturvård, Havs- och vattenmyndigheten, 2023:2.

4. Analys av hinder och utvecklingsbehov

I detta kapitel redogör vi för andra hinder och utvecklingsbehov, utöver de som rör regelverk, som vi ser som viktiga för att öka en algbaserad livsmedelsproduktion i Sverige. Dessa hinder och behov av utvecklingsbehov beskrivs inom följande områden:

- Teknik för primärproduktion,
- Produktutveckling, förädling, marknad,
- Konsumenternas uppfattning och acceptans.

4.1. Teknik för primärproduktion

Det pågår mycket forskning för att utveckla odlingstekniker för nya arter, liksom möjligheterna till att odla flera olika algarter tillsammans (läs mer i [kapitel 2.6](#)). Det kan finnas fördelar med samodling istället för monokultur, till exempel högre produktivitet och mindre risk för parasitangrepp och sjukdomar. Befintliga tekniker för att odla och skörda alger kräver stora manuella insatser som gör produktionen kostsam.

För odling av makroalger i Östersjön är regionens omfattande istäcke under vintermånaderna en utmaning, vilket innebär bland annat risker för odlingsinfrastrukturen eller att den stör tillväxtmönstren. För att öka kostnadseffektivitet och hållbarhet i produktionen finns det ett behov av att testa, anpassa och utveckla nya produktionssystem, metoder och arter för att klara av eller kringgå destruktiva lokala förhållanden.

Eftersom kustnära områden ofta används i turist- och rekreationssyfte och produktionssystem ibland anses estetiskt störande, kan det bli aktuellt med odling av makroalger längre ut till havs, s.k. offshore. Dock kan extrema förhållanden så som kraftiga vindar och hög vågenergi innebära utmaningar för stabiliteten och integriteten i produktionssystem samt leda till fysiska skador, förflyttning eller förlust av alger, vilket äventyrar hållbarheten och den ekonomiska bärkraften. För att övervinna dessa hinder krävs innovativa tekniska lösningar, t.ex. utformning av robusta odlingsystem som klarar de dynamiska och turbulenta förhållanden.

Det finns behov av att ta fram innovativ utrustning för att öka produktiviteten inom algindustrin och kvaliteten på algbaserade produkter. Sådan utrustning kan t.ex. vara storskaliga (eventuellt automatiserade) odlings- och bearbetningssystem, övervakningssonder med kommando- och kontrollsystem o.s.v., som kan minska oförutsägbara biomassaförluster och arbetskostnader. Innovativ utrustning kan även ha stor betydelse för att förbättra nedströmsprocesserna, t.ex. bioraffinaderier, så att man kan bearbeta hela biomassan av makroalger och mikroalger i stället för bara en liten volym aktiva komponenter medan resten av biomassan går till spillo. Vidare är det nödvändigt att avlägsna systemhinder för innovation och se till att algbaserade produkter snabbare kommer ut på marknaden.

Även om det fortfarande är en ung och nischad sektor, representerad av få storskaliga industriella aktörer med låg produktionskapacitet, så stöds svensk algindustri av ett växande antal teknikleverantörer. När det gäller infrastruktur inkluderar detta specialiserade leverantörer som tillhandahåller system för odling av alger, bearbetning av algbiomassan till vidare tillämpningar inom bland annat biobränslen, läkemedel och livsmedelsproduktion. Med den ökade efterfrågan på algbaserade produkter, särskilt inom EU, kan vi anta att Sverige har en god position tack vare sin avancerade teknik- och hållbarhetskompetens. För att kraftigt expandera kapaciteten skulle dock fler investeringar och ett större antal specialiserade leverantörer behövas.

4.2. Produktutveckling, förädling, marknad

Nyskördade alger är en känslig råvara. Så snart de kommit upp i luften inleds en rad processer som riskerar att försämra kvaliteter som smak, lukt, färg och näringsinnehåll. Liksom andra livsmedel behöver algerna hanteras så att bakterietillväxt förhindras, till exempel genom att torka eller frysa in dem. Dock stoppar inte sådan behandling kemisk nedbrytning vilken ofta stimuleras av syre och ljus. För att maximera hållbarhet och näringsinnehåll bör därför såväl torkade som frysta alger vacuumpackas och förvaras mörkt.

Forskning pågår för att optimera odling av makroalger i syfte att öka deras proteininnehåll. En avhandling från 2023¹⁷ visar att proteinhalten i alla grupper av makroalger kan höjas genom att odla algerna i näringsrikt produktionsvatten (spillvatten från sillindustri och skaldjursberedning). Havssallat, *Ulva fenestrata*, som odlas med tillsatt processvatten visade sig växa snabbare, och proteinhalten i algerna kan öka till drygt 30 procent. Algernas smak påverkas inte av processvattnet. Dessutom producerades upp till sex gånger mer biomassa när *U. fenestrata* odlades i processvattnet jämfört med i vanligt havsvatten. Resultaten visar dessutom att biomassan kan konsumeras i stora mängder varje dag utan några problem för att överskrida referensvärden för tungmetaller.

Det är väl känt att makroalger kan innehålla jod och vissa tungmetaller som till exempel kadmium eller oorganisk arsenik. Jod är ett viktigt näringsämne, men både otillräckligt och för högt intag kan orsaka hälsoproblem. Vissa algbaserade livsmedelsprodukter innehåller mycket höga halter av jod, varför jod klassas som en fara i sammanhanget. Halterna varierar mellan olika arter och i olika delar av algen, och är även beroende av geografisk växtplats eller bearbetningsmetod. Exempelvis kan jodhalten i sockertare sänkas med cirka 50 procent genom att förvälla algerna i kokande vatten ett par minuter. Äldre individer innehåller ofta högre halter. Generellt innehåller gröna makroalger mindre jod och tungmetaller än bruna.

Andra potentiella livsmedelsrisker att algers innehåll av bly och kvicksilver, kaininsyra i dulse och allergener.

Mer kunskap behövs om hur mycket av olika ämnen som tas upp av människor och djur vid konsumtion (biotillgänglighet). Forskning pågår också för att identifiera nya arter eller bestånd att odla som i mindre utsträckning tar upp dessa ämnen.

17 Stedt K., 2023, Seaweeds as a future protein source: innovative cultivation methods for protein production, Doctoral Thesis, University of Gothenburg.

Det råder för närvarande brist på data om både risker och fördelar för människors hälsa när algerna konsumeras. Kunskapen om livsmedelssäkerhet i algerna ökar, men det behövs mer data för att säkerställa korrekta riskbedömningar. Typen, nivån och rangordningen av livsmedelsrisker i makroalger kan komma att förändras i framtiden eftersom forskning producerar nya data, och förutsättningar kan förändras av klimatförändringar, såsom ökad havstemperatur. Nya arter kan också introduceras.

Det finns inga internationella standarder för livsmedelssäkerhet eller riktlinjer för alger. EU saknar också specifik lagstiftning om livsmedelssäkerhet i makroalger. Riskhantering av livsmedel baserade på makroalger är därför en utmaning. Det behövs vägledning avseende livsmedelssäkerhet för både producenter och offentliga myndigheter. Vägledning behövs också för att underlätta enhetlig kontroll och handel och för att stödja innovation och tillväxt inom denna sektor. Regionala skillnader, både globalt och i Europa, i tradition, matkultur, produktionsmetoder, vattenkvalitet och algarter som används, kan gynna ett gemensamt synsätt på frågan. Detta skulle stödja lämplig vägledning för producenter i EU och säkerställa att europeiska och produktionsförhållanden beaktas när lagstiftningen utvecklas i EU.

Inom en snar framtid förväntas EU-kommissionen utvärdera riskhanteringsalternativ för tungmetaller och jod i makroalger. Detta arbete efterfrågas starkt och behöver följas upp.

4.3. Konsumenternas uppfattning och acceptans

Trots växande intresse för asiatisk mat är den svenska konsumtionen av algbaserade livsmedel fortfarande liten och täcks främst med import. Ett antal genomförda studier visar att svenska konsumenter generellt har en positiv inställning till att inkludera alger i sin kost samt att fler och fler restauranger börjar inkludera alger i sina rätter¹⁸. Det behövs mer kunskap om preferenser hos olika grupper av konsumenter gällande konsumtionen av alger. Denna information kan styra utvecklingen av nya och innovativa livsmedel baserade på alger.

Konsumenter och allmänheten har begränsad kunskap om algodlingens och de algbaserade produkternas många fördelar, som kan vara allt från inverkan på människors hälsa, att regenerera havens ekosystem, ge koldioxidsnåla produkter eller skapa arbetstillfällen i den blå ekonomin. Ökad kännedom om alger och algbaserade produkter hos allmänheten kan främja efterfrågan på dem och således även algindustrins utveckling i Sverige.

EU-kommissionen har en ambition att höja de algbaserade produkternas hållbarhetsprofil inom EU:s ram för märkning av hållbart producerade livsmedel, däribland marknadsföringsstandarder för fiskeri- och vattenbruksprodukter och de initiativ för grön offentlig upphandling som planeras inom ramen för från jord till bord-strategin.

EU-kommissionen har även en ambition att tillsammans med plattformen *EU4Ocean* och medlemsstaterna, främja åtgärder för att öka medvetenheten i skolor och universitet om den blå bioekonomin liksom innovativa lösningar för ett regenerativt vattenbruk.

18 Weddin K, Undeland I (2020) Seaweed as food – Attitudes and preferences among Swedish consumers. A pilot study. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 22:100265.

5. Slutsatser och Jordbruksverkets förslag

I detta kapitel presenteras Jordbruksverkets slutsatser om vad som behövs för att åtgärda hinder och tillvarata förbättringspotentialer i syfte att bidra till målsättningen med växande algindustrin.

Vår analys visar att det finns behov av stegvisa förändringar:

I. Fortsatta satsningar på kunskapsutveckling och forskning

För att skapa förutsättningar för vidareutveckling av algindustrin krävs fortsatta satsningar på kunskapsutveckling och forskning, både vad gäller påverkan på miljö, risker samt fördelar för människors hälsa när algerna konsumeras, och teknik (bland annat odlingsteknik, produktutveckling, jodreducerande livsmedelsteknik). När det gäller den tekniska utvecklingen behöver kunskap inhämtas bland annat genom nationell och internationell samverkan och erfarenhetsutbyte. Sverige behöver bygga upp en egen spetskompetens inom algodlingssystem för att kunna utveckla och implementera innovativa lösningar.

- Förändringsbehov: Teknikutveckling

Det pågår mycket forskning för att utveckla odlingstekniker. Befintliga tekniker för att odla och skörda alger kräver stora manuella insatser som gör produktionen kostsam. Det finns behov av att ta fram innovativ utrustning för att öka produktiviteten inom algindustrin och kvaliteten på algbaserade produkter.

Detta förändringsbehov kan delvis främjas genom havs-, fiskeri- och vattenbruksprogrammet samt andra forskningsprogram men detta måste avvägas i relation till andra viktiga behov.

- Förändringsbehov: Produktutveckling för att öka efterfrågan på algbaserade livsmedel

Detta förändringsbehov kan delvis främjas genom havs-, fiskeri- och vattenbruksprogrammet samt andra program men detta måste avvägas i relation till andra viktiga behov.

- Förändringsbehov: Fortsätt stärka kunskaperna om både risker samt fördelar för människors hälsa när algerna konsumeras.

Mer kunskap behövs om hur mycket av olika ämnen som tas upp av människor och djur vid konsumtion (biotillgänglighet). Det råder för närvarande brist på data om både risker samt fördelar för människors hälsa när algerna konsumeras. Kunskapen om livsmedelssäkerhet i algerna ökar, men det behövs mer data för att säkerställa korrekta riskbedömningar.

Livsmedelsverket bör ges i uppdrag att arbeta med algbaserade livsmedel. I uppdraget kan ingå bland annat att vägleda gällande olika parametrar som påverkar halterna av jod eller tungmetaller, analys av prover och bedömning, kostråd och märkningsvägledning, tydlig och aktuell information på hemsidan.

- Förändringsbehov: Fortsatt stöd för att utveckla jodreducerande livsmedelsteknik

Teknik som reducerar eller eliminerar jod i algbaserade livsmedel på ett livsmedelsgodkänt sätt skulle kunna göra det möjligt att använda betydligt mer alger än idag som livsmedel. Tekniker är under utveckling.

- Förändringsbehov: Befintliga nationella branschriktlinjer bör uppdateras kontinuerligt utifrån den kunskapsutveckling och kunskapssammanställning som vi föreslår

Den framtagna kunskapen behöver sammanställas kontinuerligt och spridas vidare. Befintliga nationella branschriktlinjer bör uppdateras kontinuerligt utifrån kunskapsutveckling och kunskapssammanställning. Det är viktigt att innehållet kommuniceras på samma sätt bland alla algföretag för att skapa förtroende hos livsmedelsproducenterna och möta eventuella konsumentfrågor. I samband med detta behöver företagen själva ökad tillgång till grundläggande livsmedelskunskap, livsmedelssäkerhet och regler. Detta kan bidra till att undvika kostsam missinformation som i sin tur kan påverka hela branschen.

II. Regeländringar

Det finns ett stort behov av regelförenklingar för att få igång en svensk algindustri. Jordbruksverket ansluter till de förslag på regeländringar och andra åtgärder som de två statliga utredningarna nyligen har lämnat till regeringen. Som vi har poängterat i vårt remissvar¹⁹ är vi även positiva till förslagen om en digital kontaktpunkt och en generell vägledning för vattenbruk under förutsättning att resurser tillskjuts och att berörda myndigheter får i uppdrag att medverka i kontaktpunktsfunktionen samt till vägledningen.

III. Inkludera algodling i havsplaner

Förutsättningar bör skapas för att Havs- och vattenmyndigheten samt länsstyrelserna ska kunna inkludera algodling i sina nationella/regionala havsplaner enligt direktivet om havsplanering vid en framtida uppdatering. Resurser behöver avsättas för att ta fram de underlag som skulle krävas för att algodling ska kunna inkluderas i havsplaneringen för att främja hållbar utveckling och en samexistens mellan olika sektorer på det marina området.

19 Jordbruksverkets remissvar avseende SOU 2023:74, Diarienummer 3.3.17-3343/2024.

IV. Ett förbättrat samarbete inom näringen samt mellan branschen och berörda myndigheter

Det krävs ett samarbete i hela värdekedjan för att utveckla tekniker för odling, skörd, hantering etc. Samverkan är mycket viktig för att fler nya tekniker ska nå kommersialisering. Algodlare kan hjälpas åt med exempelvis inköp av viss utrustning eller för att skapa distributionskedjor, ta fram nya marknadsprodukter och satsa på gemensam marknadsföring.

Koordineringen för detta samarbete kan om näringslivet så önskar vara en av åtgärderna i den strategi som föreslås i punkten VI.

V. Tillförlitlig statistik/insamling av data/databas

Det finns ett behov av tillgång till data om alger (t ex produktion, sysselsättning, omsättning och andra socioekonomiska data). I dag finns ingen datainsamling gällande algproduktion på samma sätt som det finns för annan vattenbruksproduktion. EU-kommissionen ser över tillgången till data och detta arbete behöver följas upp. Behovet av uppföljning föreslås mötas som en åtgärd med resurser avsatta i den plan som föreslås i punkten VI.

VI. Strategi för en lönsam algproduktion i Sverige.

Odling av alger är en del av vattenbruket som är näringspolitiskt aktuell och pekas ut som en framtidsnäring med stor potential för att producera nyttig och hållbar mat samtidigt som sysselsättning och tillväxt skapas i glesbyggda områden. På senare år har detta konkretiserats genom att inkludera vattenbruket i flera nationella strategier (bilaga 1). En del utmaningar, som har belysts bland annat i den gemensamma strategin för fiske och vattenbruk 2021 – 2027²⁰ och i den tillhörande handlingsplanen för vattenbruk²¹ är aktuella även för algindustrin. Algerna har en begränsad uppmärksamhet i de nuvarande strategierna. För att främja utvecklingen behövs även en långsiktig strategi för algindustrin. I relation till ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet bör visionen bl.a. beakta teknik- och produktutveckling, förädling, innovationsbehov, marknadsföring.

20 Strategi för svenskt fiske och vattenbruk 2021-2026 – friska ekosystem och hållbart nyttjande.

21 Handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk 2021-2026.

VII. Marknadsutveckling

När vi har en ökad kunskap om påverkan på miljö och om risker samt fördelar för människors hälsa behöver att marknaderna för användning av alger för både livsmedelsändamål och andra ändamål utvecklas och breddas.

Det finns behov av forskning om konsumentattityder och konsumentbeteenden samt hur faktabaserad information om algindustri bäst skall vara utformad för att nå fram till konsumenter och allmänheten. Genom en målinriktad analys av konsumenternas beteende och preferenser när det gäller algbaserade produkter kan man få en uppfattning om var det saknas kunskap och var det behövs initiativ för att öka medvetenheten samt i vilken riktning affärsutvecklingen när det gäller alger bör gå. Ett öppet, sammanhållet budskap och branschgemensam marknadsföring kan gynna näringen genom minskad missinformation till konsumenten.

Konsumenter och producenter behöver mer kunskap om hur jodhalten i alger påverkar hälsan och hur tekniken kan minska riskerna.

Referenser

A Nordic approach to food safety risk management of seaweed for use as food – Current status and basis for future work. TemaNord 2022:564.

Areella näringar vid vatten, Betänkande av Utredningen om ändamålsenliga undantag från strandskyddet för de areella näringarna, SOU 2023:103

Benes, K. M., and Carpenter, R. C. (2015). Kelp canopy facilitates understory algal assemblage via competitive release during early stages of secondary succession. *Ecology* 96, 241–251. doi: 10.1890/14-0076.1

Blidberg, E. and F. Gröndahl. 2012. Macroalgae harvesting and cultivation. In: (A. Schultz-Zehden and M. Matczak, eds) *SUBMARINER compendium: an assessment of innovative and sustainable uses of baltic marine resources*. Maritime Institute, Gdansk. pp. 49–76.

European Commission: Directorate-General for Research and Innovation and Group of Chief Scientific Advisors, *Food from the oceans – How can more food and biomass be obtained from the oceans in a way that does not deprive future generations of their benefits?*, Publications Office, 2017, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/66235>

Förenklade förutsättningar för ett hållbart vattenbruk, SOU 2023:74

Handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk 2021–2026

Marin strategi för Nordsjön och Östersjön - Åtgärdsprogram för havsmiljön 2022–2027 enligt havsmiljöförordningen

Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, Rådet, Europeiska Ekonomiska och Sociala Kommittén samt Regionkommittén, Mot en stark och hållbar algindustri i EU

Pal, A., Kamthania, M.C. and Kumar, A. (2014) Bioactive Compounds and Properties of Seaweeds— A Review. *Open Access Library Journal*, 1: e752. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1100752>

Policy brief, Möjligheter och hinder för en svensk algindustri, Tjärnö Marina Laboratorium, 2023

Samexistens mellan havsbaserad vindkraft, yrkesfiske, vattenbruk och naturvård, Havs- och vattenmyndigheten, 2023:2

Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development, Förenta nationernas livsmedels- och jordbruksorganisation (FAO), 2021, <https://doi.org/10.4060/cb5670en>.

Sjögren, L., Martinson, K. (2021) Plocka tång & strandväxter: recept och tillagning, Natur & Kultur Allmänlitteratur

Stedt, K. (2023) Seaweeds as a future protein source: innovative cultivation methods for protein production, Doctoral Thesis, University of Gothenburg

Strategi för svenskt fiske och vattenbruk 2021-2026 – friska ekosystem och hållbart nyttjande

Weddin, K., Undeland, I. (2020) Seaweed as food – Attitudes and preferences among Swedish consumers. A pilot study. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 22:100265.

Visch, W. (2019) Sustainable Kelp Aquaculture in Sweden, Doctoral Thesis, University of Gothenburg

Bilaga 1

Strategier, initiativ, utredningar relevanta för regeringsuppdraget

EU:s gemensamma fiskeripolitik

Odling av alger är en typ av vattenbruk. Liksom annan vattenbruksproduktion ingår i algodlingen därmed i EU:s gemensamma fiskeripolitik (common fisheries policy - CFP). CFP syftar bland annat till att

- få till stånd fiske och vattenbruk som är hållbara och inte skadar miljön,
- hjälpa producenter, förädlingsföretag och distributörer att få skäliga priser för sina produkter,
- finansiera vetenskaplig forskning och statistikinsamling, och
- stödja utvecklingen av ett dynamiskt vattenbruk i EU.

EU:s strategi för vattenbruk och de strategiska riktlinjerna för en hållbar utveckling av vattenbruket i EU

EU-kommissionen tog år 2009 fram en strategi för en hållbar utveckling av det europeiska vattenbruket och 2013 kom strategiska riktlinjer för en hållbar utveckling av vattenbruket²². I dessa riktlinjer betonas behovet av att främja odling av alger vilket inkluderar både odling av makroalger (tång) och mikroalger. Odlingen betraktas som ett sätt att uppnå målen i den europeiska gröna given. Odlingen av alger skulle också kunna bidra till att uppnå EU:s mål när det gäller utfasning av fossila bränslen, nollförorenig, cirkularitet, bevarad och återupprättad biologisk mångfald, skydd för ekosystemen och utveckling av ekosystemtjänster. Alger kan dessutom ersätta fossilbaserade produkter och fungera som råvara till växtbiostimulanter, biobaserade kemikalier och andra material, samt biobränslen.

EU:s strategi för hållbar tillväxt inom havs- och sjöfartssektorn: Blå tillväxt

Blå tillväxt är en långsiktig strategi som ska stödja hållbar tillväxt i havs- och sjöfartssektorerna som helhet. Haven är drivkrafter för den europeiska ekonomin med stor innovations- och tillväxtpotential. Blå tillväxt är den integrerade havspolitikens bidrag till Europa 2020-strategin för smart och hållbart tillväxt för alla. I strategin identifieras fem sektorer där det finns hög potential för nya arbetstillfällen och tillväxt. En av dessa sektorer är vattenbruk.

²² Strategiska riktlinjer för ett mer hållbart och konkurrenskraftigt vattenbruk i EU för perioden 2021-2030.

Från jord till bord (From Farm to Fork) strategi för hållbara livsmedel

Våren 2020 publicerade EU-kommissionen strategin "Från jord till bord"²³ (From Farm to Fork, hädanefter kallad F2F) som en del i de strävanden som EU-kommissionen lagt fram i den gröna given (The European Green Deal) samt en central del i EU:s arbete med FN:s globala hållbarhetsmål. I F2F pekas alger ut som en viktig alternativ källa till protein i en uthållig livsmedelsproduktion.

Strategin F2F har samlat olika instrument/incitament som påverkar utvecklingen mot ett rättvisare, hälsosammare och miljövänligare livsmedelssystem. Syftet med strategin är att göra EU:s livsmedelssystem till en global standard för hållbarhet. Det finns likheter med den svenska livsmedelsstrategin, men F2F har mer fokus på den miljömässiga hållbarheten²⁴. Detta gör att livsmedelsstrategin tydligare är en tillväxtstrategi än vad F2F är. Strategin har också en större tyngd på folkhälsa. F2F omfattar hela livsmedelskedjan inklusive förpackningsindustrin, vilket gör att den är mer omfattande än EU:s gemensamma jordbruks- och fiskeripolitik. F2F har också tydliga hänvisningar till den pågående covid-19-pandemin och lågkonjunkturen.

Nationella strategier

Svenskt vattenbruk är i dagsläget politiskt aktuellt och pekas ut som en framtidsnäring med stor potential som producerar nyttig och hållbar mat samtidigt som sysselsättning och tillväxt skapas i glesbyggda områden. Detta har konstaterats i statliga offentliga utredningar. På senare år har detta konkretiserats genom att inkludera vattenbruket i flera nationella strategier. Nedan följer en beskrivning av de mest aktuella nationella strategierna.

Nationell strategi och handlingsplan

I bred samverkan mellan bransch, forskning, intresseorganisationer och myndigheter har Jordbruksverket, tillsammans med Havs- och vattenmyndigheten, tagit fram en gemensam strategi²⁵ och handlingsplan för svenskt vattenbruk²⁶. Arbetet med strategin och handlingsplanen har varit en viktig del i Jordbruksverkets uppdrag att främja svenskt vattenbruk. Strategin utgår från ekosystemansatsen och bidrar till att stärka måluppfyllelsen i regeringens Maritima strategi samt den nationella livsmedelsstrategin. Strategin bidrar även till en konkurrenskraftig och hållbar livsmedelskedja och beaktar även forskning och innovation samt besöksnäringens möjligheter. Det svenska programmet ska bidra till genomförandet av strategin.

23 From Farm to Form Strategy, for a fair, healthy and environmentally-friendly food system, European Commission.

24 Översiktlig analys av strategin Från jord till bord - ur Jordbruksverkets aspekter (Dnr 3.1.17-08955/2020)

25 Strategi för svenskt fiske och vattenbruk 2021-2026 – friska ekosystem och hållbart nyttjande

26 Handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk 2021-2026

Nationell livsmedelsstrategi

Den 20 juni 2017 antogs den nationella livsmedelsstrategin²⁷ av riksdagen och den första svenska livsmedelsstrategin som omfattar hela livsmedelskedjan. Målen i strategin syftar till att stärka konkurrenskraften och att all livsmedelsproduktion ska öka. Regeringen har även utformat en handlingsplan för livsmedelsstrategin som innehåller ett fyrtiotal åtgärder som ska bidra till att nå målen. Åtgärds paket 1, som beslutades av regeringen den 9 februari 2017, innehöll 9 satsningar på 58 miljoner kronor. Genomförande av åtgärder i Handlingsplan för utveckling av svenskt vattenbruk var en av de satsningarna till vilken man avsatt 14 miljoner kronor. Den 23 mars 2017 beslutades åtgärds paket 2 som även den innehåller satsningar på svenskt vattenbruk. Ytterligare 21 miljoner kronor har avsatts för avelsarbete, musselkontroll och koordinering av insatser inom vattenbrukssektorn. Den 20 december 2019 publicerade regeringen Livsmedelsstrategins handlingsplan del 2: En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet. Handlingsplanen innehåller satsningar för att vidareutveckla främjandearbetet av vattenbruket genom koordinering av den svenska vattenbruksnäringen för att skapa en långsiktigt hållbar och konkurrenskraftig livsmedelskedja. Vidareutvecklingen ska särskilt beakta förädlings- och innovationsmöjligheter för vattenbruksnäringen samt främja regelförenkling, teknikutveckling och samverkan.

Maritima strategin

Den maritima strategin (Regeringen, 2015) är ett inriktningsdokument för en såväl socialt och miljömässigt som ekonomiskt hållbar utveckling för maritima näringar²⁸ och innehåller, utöver vision och inriktning för arbetet, en struktur för uppföljning. Regeringen har tagit ett helhetsperspektiv för att främja de maritima näringarna och har lagts fast följande vision för det fortsatta arbetet:

”Konkurrenskraftiga, innovativa och hållbara maritima näringar som kan bidra till ökad sysselsättning, minskad miljöbelastning och en attraktiv livsmiljö”.

Genom fokus på hållbarhet, innovation och utveckling bidrar strategin även till att främja Sverige bilden i utlandet. Strategin har också kopplingar till regeringens arbete med särskilda strategier för export, nyindustrialisering och livsmedel. Genom dialog med berörda aktörer har regeringen identifierat områden där åtgärder behövs för att nå visionen. Strategin för de maritima näringarna anger riktningen för hur visionen ska nås och är en process snarare än en slutprodukt. Ett av åtgärdsområdena i strategin är ”Förutsättningar för näringslivet och branschspecifika åtgärder” där havet som naturresurs och marina livsmedel från bl.a. vattenbruk ingår.

One-stop-myndighetshop

En del av Tillväxtverkets uppdrag inom livsmedelsstrategin är att stärka genomförandet av strategin och verka för att strategins mål uppnås genom att samordna och främja samverkan mellan alla aktörer i livsmedelskedjan. Innovation har pekats ut som en

27 En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet (Regeringen, 2017)

28 Den maritima strategin sträcker sig över flera områden såsom närings-, arbetsmarknad-, kultur-, miljö-, energi-, transport-, turist-, fiske-, folkhälso- och innovationspolitik.

prioriterad fråga för samverkan. Ett av förslagen som tagits fram inom ramen för det arbetet är prototypen "One-stop-myndighetsshop" som är en myndighetsöverskridande innovationsenhet som ska guida och hantera innovationer. Även om fokus för närvarande är innovativ mat är tanken att prototypen ska kunna få ett bredare tillämpningsområde i framtiden. Prototypen består av tre delar, som något förenklat har beskrivits enligt följande:

- "Systemlots" – en funktion som ska guida och följa innovatören genom hela tillståndsprocessen.
- "Myndighetsöverskridande taskforce" – en grupp av representanter från olika myndigheter, vars sammansättning beror på det enskilda ärendet, som ska se till att det går snabbare från ansökan till beslut och besked. De ska identifiera hindrande regelverk och tolkningar och rapportera det till "mission board".
- "Mission board" – en styrgrupp med ansvar att utreda och agera på det som rapporteras från "taskforce", samt ge förslag kring regel-utveckling, tolkningar och att ge ut vägledningar för tolkning av regelverk.

Under våren 2022 testades prototypen avgränsat till endast den del som Tillväxtverket benämnt "taskforce". Tre olika innovatörer som stött på hinder i processen med att starta sin verksamhet deltog i testet, varav ett var ett algföretag. Genom nya arbetssätt och samverkan mellan myndigheterna fick innovatörerna hjälp med en frågeställning där man utforskade regeltolkning, bemötande samt svarstider och innehållet i svaren. Under år 2024 ska prototypen testas i större skala, där alla delar av prototypen ska testas i skarpt läge. Syftet är att utforska fler aspekter av samverkan mellan myndigheter och att lära för implementering och vidare uppskalning.

En av projektets utmaningar har varit att få med ett aktivt deltagande av andra berörda myndigheter i samarbetet, Havs- och vattenmyndigheten samt Naturvårdsverket. Jordbruksverket har med denna anledning dragit sig ur samarbetet i projektet i september 2024.

Bilaga 2

Nationell reglering som styr bedrivandet av en algodling

Denna bilaga innehåller en kortfattad redogörelse för vilka tillstånd, godkännanden och registreringar som krävs när en vattenbrukare vill starta en odling av alger. För mer detaljerade beskrivning hänvisar vi till delbetänkandet av Fiske- och vattenbruksutredningen²⁹ som i kapitel 5 kartlägger den lagstiftning som styr bedrivandet av bland annat algodling.

Mark- och miljörettsliga tillstånd och dispenser

Beroende på omständigheterna i det enskilda fallet kan flera olika tillstånd eller dispenser enligt de mark- och miljörettsliga regleringarna behövas för att en odling ska kunna starta. I vissa fall krävs även att verksamheten anmäls.

En grundläggande förutsättning vid vattenverksamhet är att den som ska bedriva verksamheten ska ha rådighet över vattnet inom det område som verksamheten ska bedrivas.

Miljöbedömning

Den som vill starta en vattenbruksverksamhet som innebär en tillståndspliktig vattenverksamhet behöver som utgångspunkt undersöka om verksamheten kan antas medföra en betydande miljöpåverkan innan en ansökan om tillstånd görs. Detta görs genom ett undersökningssamråd. Vattenbrukaren behöver i en sådan situation ta fram ett samrådsunderlag. Samråd ska hållas i frågan om betydande miljöpåverkan samt i fråga om miljökonsekvensbeskrivningens innehåll och utformning. Samrådet ska ske med länsstyrelsen, tillsynsmyndigheten och de enskilda som kan antas bli särskilt berörda. Vattenbrukaren ska sedan lämna ett samrådsunderlag till länsstyrelsen som, när samrådet genomförts, ska fatta beslut i frågan om verksamheten kan antas medföra en betydande miljöpåverkan. Sådant beslut ska enligt huvudregeln meddelas så snart som möjligt och senast 60 dagar efter att länsstyrelsen har fått samrådsredogörelsen. Om betydande miljöpåverkan kan antas ska en specifik miljöbedömning göras.

När samrådet har avslutats ska vattenbrukaren ta fram en miljökonsekvensbeskrivning.

Om betydande miljöpåverkan inte kan antas ska en så kallad liten miljökonsekvensbeskrivning tas fram.

²⁹ Förenklade förutsättningar för ett hållbart vattenbruk, SOU 2023:74

Ansökan och prövning

Mål om tillstånd till vattenverksamhet är ansökningsmål hos mark- och miljödomstolarna. I 22 kap. 1 och 1 a §§ miljöbalken regleras vad en ansökan om tillstånd till vattenverksamhet ska innehålla.

Tas en ansökan upp till prövning ska ansökan kungöras, se 22 kap. 3 § miljöbalken. Kungörelsen ska även skickas till vissa utpekade subjekt och i vissa fall ska även ansökan skickas med. Naturvårdsverket, Havs- och vattenmyndigheten, Kammarkollegiet, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och länsstyrelsen ska när det behövs föra talan i målet för att tillvarata miljöintressen och andra allmänna intressen. En kommun har också möjlighet att föra talan för att tillvarata miljöintressen och andra allmänna intressen inom kommunen.

Tillstånd att inrätta sjösäkerhetsanordning

Vattenbrukare som planerar att förlägga en algodling i ett vattenområde som kan utgöra hinder eller fara för sjötrafiken, kan behöva ansöka hos Transportstyrelsen om tillstånd att inrätta en så kallad sjösäkerhetsanordning (SSA). En ansökan om tillstånd prövas av Transportstyrelsen efter samråd med Sjöfartsverket och får förenas med villkor. För sjösäkerhetsanordningar med radiosändare, så kallade AIS, finns bestämmelser om krav på tillstånd i lagen (2022:482) om elektronisk kommunikation och i förordningen (2022:511) om elektronisk kommunikation.

Registrering av livsmedelsanläggningar

Syftet med att livsmedelsanläggningar ska registreras är att kontrollmyndigheten ska få kännedom om vilken typ av verksamhet en livsmedelsföretagare bedriver i en viss anläggning och var anläggningen är belägen, så att myndigheten kan utföra offentlig kontroll.

Livsmedelsföretagare

För att en vattenbrukare som ska starta en algodling ska anses ha den organisation och kontinuitet som krävs för att klassas som en livsmedelsföretagare krävs, enligt Livsmedelsverkets bedömning, att denne planerar att på marknaden släppa ut mer än 1 000 kg odlade alger per år. För andra organismer får en bedömning i det enskilda fallet göras av den aktuella myndigheten.

Registrering i primärproduktion

Vattenbrukare som uppfyller kraven för att anses vara en livsmedelsföretagare och som bedriver primärproduktion av livsmedel, t.ex. odling av alger, ska registrera alla de livsmedelsanläggningar som denne ansvarar för hos länsstyrelsen i det län där produktionen i huvudsak bedrivs. Vattenbrukaren kan registrera alla olika verksamheter som denne bedriver som primärproducent och i samband med registreringen kan vattenbrukaren även fylla i om denne avser att sälja "små mängder" livsmedel.

Registrering i senare led

Vidare gäller kraven på registrering av livsmedelsanläggningar i senare led om livsmedelsföretaget avser att ha hantering som inte omfattas av primärproduktion. Det kan till exempel vara torkning och paketering av alger.

Leverans av små mängder primärprodukter

Undantag från registrering hos kommunen gäller för primärproducenters direktförsäljning av små mängder alger direkt till slutkonsument eller till lokala detaljhandelsanläggningar som levererar till slutkonsument. Det saknas dock detaljerade bestämmelser om vilka mängder som avses med små mängder. Vad som är "små mängder" får därmed bedömas i varje enskilt fall. Enligt Livsmedelsverket bör bedömningen vara riskbaserad och ta hänsyn till vilken primärprodukt vattenbrukare planerar att sälja, hur stor mängd det handlar om, vilka risker som är förknippade med produktionen, om produkterna är ätbara eller kommer att konsumeras obearbetade eller om de i regel kommer att tillagas eller bearbetas på annat sätt samt hur många konsumenter som kan komma att beröras. Vidare anser Livsmedelsverket att begreppet "lokal detaljhandelsanläggning" bör tolkas som anläggningar som levererar direkt till slutkonsumenter och som ligger i samma eller angränsande län som primärproducentens anläggning. Tillämpningen blir då den samma som för de animaliska primärprodukterna som är reglerade i LIVSFS 2005:20. Vid leverans av små mängder ska de allmänna hygienkraven i förordning (EG) nr 852/2004 vara uppfyllda.

Godkännande av livsmedelsanläggningar

Kraven på att vissa livsmedelsanläggningar ska godkännas gäller för anläggningar som hanterar animaliska livsmedel. Det krävs således inget godkännande av livsmedelsanläggningar som endast hanterar alger och andra icke-animaliska organismer.

Godkännande för produktion av nya livsmedel

Många algarter betraktas som nya livsmedel. Nya livsmedel måste vara godkända för att få släppas ut på marknaden inom EU. Om ett nytt livsmedel inte redan är godkänt i EU måste företag som vill sälja livsmedlet ansöka om godkännande i enlighet med Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 2015/2283 av den 25 november 2015 om nya livsmedel och om ändring av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 1169/2011 och upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 258/97 och kommissionens förordning (EG) nr 1852/2001 med tillhörande genomförandeakter. Om vattenbrukaren är osäker på om ett livsmedel är nytt, har denne möjlighet att begära samråd med Livsmedelsverket. För att ett livsmedel ska definieras som nytt krävs att livsmedlet inte har ätits som mat i någon större omfattning inom EU före den 15 maj 1997. Livsmedel av djur och växter som inte har ätits i stor omfattning inom EU kan ha ätits i länder utanför EU. Sådana livsmedel kallas traditionella livsmedel från tredjeland och är en typ av nytt livsmedel. Traditionella livsmedel från tredjeland måste också godkännas innan de får säljas i EU. Det sker efter en anmälan, där vattenbrukaren som anmäler bl.a. visar att livsmedlet har ätits i minst 25 år av en stor del av befolkningen utan att ha orsakat skada. Traditionella livsmedel från tredjeland kan bara vara primärprodukter, alltså djur eller växter som är producerade, uppfödda, odlade eller tagna från naturen (jakt, fiske, vilda växter) utan vidare bearbetning.

Tillstånd enligt rådets förordning (EG) nr 708/2007

Vattenbruksoperatörer som avser att introducera en främmande art eller flytta en lokalt frånvarande art som inte omfattas av artikel 2.5 i förordningen ska ansöka om tillstånd hos den behöriga myndigheten i den mottagande medlemsstaten enligt artikel 6 i förordningen. För odling av alger krävs endast delvis samma tillstånd, godkännanden och registreringar som gäller för uppfödning av djur. Detta eftersom vissa regelverk tar särskilt sikte på hantering av djur. I den mån samma krav på tillstånd m.m. gäller för odling av icke-animaliska organismer kan gränserna för när tillstånd krävs och när undantag är tillämpliga skilja sig från vad som gäller för uppfödning av djur.

Odling av alger i vattenområden kan kräva tillstånd eller anmälan för vattenverksamhet enligt 11 kap. miljöbalken.

Bilaga 3

Tångodling i Östersjön

En bedömning av kunskapsläget, möjliga hinder och framtidsutsikter



- Tångodling har stor potential att bidra till hållbar ekonomisk utveckling och blå tillväxt. Trots det återstår utmaningar, särskilt i Östersjöregionen, där flera faktorer begränsar storskalig odling och kräver innovativa tillvägagångssätt, strategisk planering och tvärvetenskapliga samarbeten för att driva tångindustrin framåt.
- Det växande intresset för tångodling i Östersjön har lett till att många start-up företag söker robusta odlingsprotokoll, vetenskapliga samarbeten och juridiskt stöd för att utveckla kommersiellt hållbara odlingsmetoder.
- Etableringen av en hållbar tångindustri i Östersjön kräver solid tvärvetenskaplig forskning, där olika vetenskapliga områden integreras för att hantera de utmaningar som klimatförändringar och utvecklingen av akvakulturteknologier medför.

Det finns ett växande intresse för odling av alger, både i Sverige samt Europa. Odling av makroalger pekas ofta ut som ett miljövänligt sätt att öka produktionen av livsmedel. I Sverige odlas mest den stora brunalgen sockertare, *Saccharina latissima*, men finns också intresse och försök att odla grönalgen havssallat, *Ulva fenestrata*, och andra arter. EU har identifierat algodling som en betydelsefull näring som kan bidra till grön omställning. Därför identifiera rapporten möjligheter och potential för produktion av alger i Östersjön.

Författare

Sophie Steinhagen

Gunilla Toth

Sammanfattning

Odling av makroalger (tång) i Östersjön är ett lovande område för utnyttjande av marina resurser, med potentiellt viktiga bidrag till hållbar livsmedelsproduktion och miljöförvaltning. Denna rapport presenterar en heltäckande bedömning av möjligheter och risker med tångodling i Östersjöområdet och omfattar nuvarande kunskapsläge och praxis, potentiella hinder, samt framtidsutsikter för denna föränderliga sektor. Med ett ökat intresse och erkännande på både nationell och europeisk nivå är en noggrann genomgång nödvändig för att reda ut vilka vetenskapliga detaljer, tekniska framsteg och ekologiska konsekvenser som ligger till grund för lönsamheten och utmaningarna för tångodling i Östersjön. Denna rapport syftar till att ge en fokuserad och noggrann genomgång av olika aspekter av tångodling och kan förhoppningsvis erbjuda insikter som bidrar till en nyanserad förståelse för potentialen, begränsningarna och framtidsutsikterna för tångodling i Östersjön.

Summary

The cultivation of macroalgae (seaweed) in the Baltic Sea has emerged as a promising frontier in marine resource utilization, offering potential contributions to sustainable food production and environmental stewardship. This report presents a comprehensive assessment of seaweed farming in the wider Baltic Sea area, encompassing state-of-the-art conditions and practices, current obstacles, and future horizons shaping this evolving sector. With heightened interest and recognition at both national and European levels, a rigorous examination is essential to unravel the scientific intricacies, technological advancements, and ecological implications underpinning the viability and challenges of seaweed farming in the Baltic Sea. Employing a focused lens, this report aims to provide a meticulous exploration of the multifaceted landscape, offering insights that contribute to a nuanced understanding of the potential, limitations, and prospective trajectories within the domain of Baltic Sea seaweed cultivation.

1. Inledning

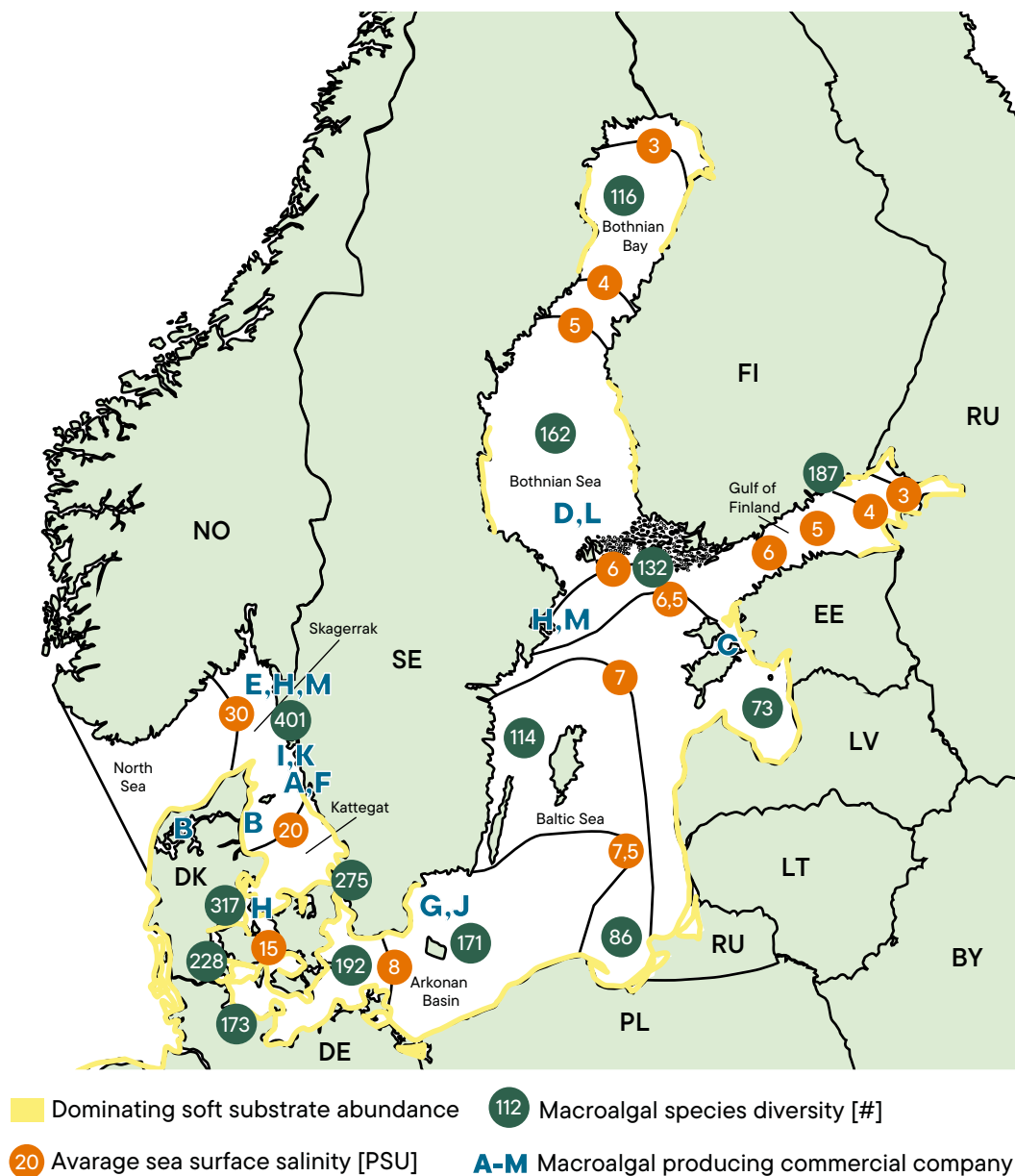
År 2050 förväntas världens befolkning uppgå till 9,9 miljarder (Population Reference Bureau, 2020) och livsmedelsbristen inom jordbruket förutspås öka på grund av klimatförändringar som begränsar naturresurser som sötvatten och jordbruksmark. Att garantera resurssäkerhet har därför blivit en global angelägenhet och havet kommer att spela en allt viktigare roll i denna process (FAO, 2020).

Det ökande intresset för odling av mikroalger (encelliga alger) och makroalger (flercelliga alger och synonymt med tång) både i Sverige och i Europa återspeglar ett erkännande av tångodling som en ekologiskt sund metod för att öka produktionen av förnybara resurser samtidigt som naturliga tångbestånd skyddas. Tångodling har flera fördelar jämfört med till exempel landbaserade odlingssystem eftersom odlingen inte kräver åkermark samtidigt som den minskar behovet av sötvatten, bekämpningsmedel och gödningsmedel till ett minimum (Duarte et al., 2017). Under optimala förhållanden växer tång snabbare än landbaserade växter (Stévant et al., 2018) och producerar mer torr biomassa per ytenhet än snabbväxande landbaserade grödor som sockerrör (Gao & McKinley, 1994). Tång kan också bidra till ett minskat utsläpp av växthusgaser genom att ersätta produkter med högre koldioxidavtryck, till exempel livsmedel, foder, biomaterial, biobränsle, gödselmedel och läkemedel (Troell et al., 2023).

Stödet till tångodling som en del i en hållbar blå ekonomi drivs dels av ett behov att säkra Europeiska unionens (EU:s) ekonomiska oberoende och tillväxt, dels av att tångodling bidrar med ekosystemtjänster i form av till exempel nya livsmedelskällor, kolbindning, biosanering samt etablering av habitat (Hasselström et al., 2018). Trots detta är produktionen av tång i Europa nästan försumbar och bidrar endast med 0,1 % till den globala tångproduktionen. EU har erkänt tångodling som en viktig industri och har understrukit dess betydelse i flera nyligen publicerade strategidokument. Den europeiska tångindustrin anses kunna bidra till den europeiska utvecklingen av en cirkulär ekonomi (European Commission, 2020a), kommissionens Green Deal och EU:s mål att bli klimatneutralt senast 2050, till skyddet av biologisk mångfald genom EU:s strategi för biologisk mångfald för 2030 (European Commission, 2020b), och till strategin från jord till bord för hållbar livsmedelsproduktion och användning (European Commission, 2020c).

Sveriges kustlinje sträcker sig över 3 000 km, men trots det är kommersiell tångodling begränsad till de sträckor som kännetecknas av högre salthalt, främst längs Sveriges västkust. Odlingen är inriktad på några få arter som sockertång (*Saccharina latissima*) och havsallat (*Ulva fenestrata*), medan andra arter som dulse (*Palmaria palmata*) och rörhinna (*Ulva intestinalis*) är centrala arter i pågående utvecklingsprojekt. Östersjöns bräckta vatten (genomsnittlig salthalt under 8 PSU), som gränsar till nio länder, är för närvarande underutnyttjat för tångodling, samtidigt som det finns en stor potential att utveckla en blå ekonomi genom odling av vissa tångarter. Med ett ökat intresse på både svensk och europeisk nivå är en noggrann genomgång nödvändig för att reda ut vilka vetenskapliga detaljer, tekniska framsteg och ekologiska konsekvenser som ligger till grund för lönsamhet och utmaningar för tångodling i Östersjön. Denna rapport syftar till att ge en noggrann genomgång av olika aspekter av tångodling och kan förhoppningsvis erbjuda insikter som bidrar till en fokuserad och nyanserad förståelse av potentialen, begränsningarna och framtidsutsikterna för tångodling i Östersjön.

2. Kunskapsläget



Figur 1. Översikt över Östersjöregionen, inklusive Skagerrak och Kattegatt, med information om tångens biologiska mångfald [antal registrerade arter] vid olika salthalter, samt tillgången på mjuka substrat och kommersiella makroalgsproducenter i området [se även [tabell 1](#) för respektive företagsnamn]. Modifierad från Rönnbäck et al (2007) och Weinberger et al (2020).

2.1. Naturlig förekomst och utbredning av tångarter i Östersjön

Den uttalade salthaltsgradienten och tillgängligheten på lämpligt substrat strukturerar den biologiska mångfalden av tång i Östersjön (Reusch et al., 2018). Östersjöregionen kännetecknas av en stark salthaltsgradient som sträcker sig från helt marina förhållanden i Skagerrak (28–32 PSU) till nästan sötvatten i Bottenviken (2–0 PSU) (Figur 1; Helcom, 2018). I samband med minskningen av den genomsnittliga ytsalthalten från helt marina förhållanden i Skagerrak-regionen till inloppet av inre Östersjön efter Darss Sill (8 PSU) minskar tångens biologiska mångfald drastiskt med 50 respektive 75% (Weinberger et al., 2020) (Figur 1). Förutom salthaltsgradientens direkta påverkan på förekomst och mängd av respektive tångart, har den också beskrivits som orsak till minskad tillväxthastighet och dvärgformade eller avvikande morfologier (Russell 1988; Steinhagen et al. 2019a,b,c, 2023). Dessutom har Östersjökusterna i Polen och Lettland en brist på hårda substrat och anmärkningsvärt låg artmångfald (Figur 1). Däremot har majoriteten av de andra Östersjökusterna mer gynnsamma substrat. Berggrund är vanligt förekommande längs kusterna i Sverige, Finland och Estland, liksom på den danska ön Bornholm, vilket gynnar tångtillväxt (Weinberger et al., 2020) (Figur 1). Dessutom finns mindre hårda substrat som småsten, stenar eller block ofta blandade med mjuka bottenar i återstående områden. Förutom salthalt och tillgång på lämpligt substrat är tångvegetationen också starkt säsongsberoende. Vegetationstoppen för de flesta arter ligger under sen vår till midsommar, men under vintern orsakar till exempel istäckning och isskrapning ogynnsamma förhållanden och lägre tångdiversitet i norra Östersjön (Kovtun et al., 2009).

Trots att den biologiska mångfalden av tång minskar med sjunkande salthalt, återfinns vissa arter över nästan hela Östersjön (Schories et al., 2009a,b; Weinberger et al. 2020; Steinhagen et al. 2023). De mest framträdande tångarterna som också har ekonomisk relevans är *Fucus* spp, *Ulva* spp och *Furcellaria lumbricalis*. Dessutom utgör vissa opportunistiska arter av släktena *Ceramium*, *Vertebrata*, *Cladophora*, *Pylaiella* och *Ulva* den huvudsakliga biomassaresursen i tångvallar, som för närvarande ökar i Östersjöregionen (Ronnberg & Bonsdorf, 2004; Weinberger et al., 2013) och som skulle kunna utgöra en potentiell framtida bioresurs (Yohannes, 2015; Weinberger et al., 2020). Även om förekomsten av tångdominerade stränder är ett naturligt fenomen i hela Östersjöområdet, har förekomsten av opportunistiska tångarter ökat under senare år i till exempel södra och sydöstra Sverige (Malm et al., 2004; Bucholc et al, 2014; Risén 2014), sydvästra Finland (Vahteri et al. 2000) och Ålands skärgård (Berglund et al. 2003), Polen (Filipkowska et al. 2009, Bucholc et al. 2014), Estland (Paalme et al. 2004) och Tyskland (Weinberger et al., 2013; Steinhagen et al. 2019a). Tångvallar har tidigare utforskats som en hållbar bioresurs (Kirkman & Kendrick, 1997) inom till exempel byggindustrin som

isoleringsmaterial eller som gödselmedel och för att förbättra jorden (Chubarenko et al., 2021; Rudovika et al., 2021). Att särskilt Östersjökusten i södra Sverige skulle kunna dra nytta av att vidareutveckla affärgrenar som utnyttjar tångvallar understryks av uppskattningarna från Blidberg & Gröndahl (2012) som anger att cirka 60 000 ton torrvikt av tång strandsätts varje år. Särskilt den svenska ön Öland nämndes för sina enorma mängder tångvallar som, under högsäsongen i september, varierade från 4000 till 12 000 m³ km⁻¹ kustlinje (Malm et al., 2004). På samma sätt är ökningen av massförekomster av grönalger av släktet *Ulva* - så kallade "green tides" - i Östersjön ett vanligt förekommande fenomen och deras potentiella kommersiella användning har undersökts i andra vattenområden (Yang et al., 2018). Möjligheter och begränsningar för ekonomiskt utnyttjande och användning av tångvallar beskrivs närmare i [kapitel 2.2](#).

Förutom opportunistiska arter som anses vara inhemska i den relativt unga Östersjön (ca 8 000 år gammal) ses en ökande förekomst av invasiva, och potentiellt ekosystemhotande arter (Leppäkoski et al., 2002; Olenina et al., 2010; Weiberger et al., 2008; Steinhagen et al. 2019a,b,c, 2023). Som en följd av den lägre salthalten och Östersjöns låga geologiska ålder möter främmande arter i allmänhet färre konkurrerande eller antagonistiska arter än i mer marina förhållanden. Även om en arts invasiva framgång och ekologiska påverkan i en ny miljö inte kan förutsägas med säkerhet (Boudouresque & Verlaque 2002), kräver den snabbt framväxande blå ekonomin i regionen att flera nya introducerade arter i Östersjön övervakas. Historiskt sett har vattenbruk orsakat både avsiktliga och oavsiktliga introduktioner av invasiva arter, inklusive tångarter (Hewitt et al., 2007). Idag är vattenbruk en av de snabbast växande sektorerna för odling av nya livsmedelsarter (Garlock et al., 2020) och samtidigt som intresset för att använda Östersjön som framtida odlingsområde för extraktivt vattenbruk ökar, bör hanteringen av utbredningen av invasiva arter och deras respektive ekologiska egenskaper vara en central punkt i framtida odling som hanterar till exempel *Ulva*. Detta bidrar till att säkerställa miljömässigt hållbar och ekosystemvänlig tångodling i Östersjön och kan mildra oavsiktlig spridning av främmande arter. Frågan om artspecifika odlingsstrategier för att undvika spridning av invasiva arter, skyddet av inhemska genetiska resurser, samt behovet av att diversifiera paletten av odlade algar kommer att diskuteras ytterligare i [kapitel 3.3](#).

2.2. Marknad, efterfrågan och tillämpningar

"Blå tillväxt" är ett initiativ som syftar till att underlätta en hållbar expansion och användning av vattenresurser, i enlighet med FAO:s (Food and Agriculture Organization, 2018) och World Commission on Environment and Development:s (1987) riktlinjer. Eftersom tångbiomassa har tillämpningar inom olika sektorer, kan tångodling kan bli mycket lovande för en hållbar blå ekonomisk utveckling. Tångodling har dessutom positiva miljöeffekter, såsom koldioxidbindning och näringsupptag, vilket ytterligare understryker dess betydelse i en blå ekonomi (FAO, 2018). Nya trender och en ökad efterfrågan på naturliga ingredienser, som t.ex. intresset för naturliga komponenter inom hudvård (Drăgan & Petrescu, 2013) och gröna proteinkällor (Njakou Djomo et al., 2020), framhåller tångens potential att fungera som en hållbar och mångsidig biomassa med tillämpningar som spänner över olika sektorer. Det finns också ett växande intresse för hälsosam kost och en ökande förekomst av vegetariska och veganska livsstilar (Cramer et al., 2017), där tångens näringsprofil skulle kunna vara intressant (FAO, 2018).



Figur 2. Översikt över tångodlingsaktiviteter i Östersjöregionen. A-C) Ett klassiskt långlinesystem för odling av till exempel *Ulva fenestrata* och *Saccharina latissima*. D.) Tankodling av *Ulva* i ett växthus. E.) *Ulva intestinalis*, en lovande framtida gröda i Östersjöregionen. F-I.) olika planteringsmetoder under utveckling. J-K.) Tångodling till havs i Östersjön kan ske i vindkraftsparker som till exempel vid den tyska off-shore forskningsplattformen FINO2. L.) *U. intestinalis* har utvärderats som en lämplig framtida gröda för odling i Östersjön.

Tabell 1. Kommersiella företag som producerar tång i Östersjöregionen, inklusive Skagerrak och Kattegatt (data från 2023; N/A = otillgänglig information; om företag för närvarande befinner sig i uppstartsfasen läggs en motsvarande anmärkning till).

Företagets namn	Land	Produktionsplats	År för grundande	Producerade tångarter	Phaeophyta [P], Rhodophyta [R], Chlorophyta [C]	Årlig mängd bearbetad biomassa (vätvikt, 2023, [kg])	Huvudsaklig användning av biomassa [t.ex. livsmedel, foder, biokemikalier, byggnadsmaterial]	Vild skörd [W] eller odling [C]	Havsbaserad [HB] eller landbaserad [LB] odling	Salthalt på odlingsplatsen [PSU]	Ekologiskt certifierad	Bokstav i karta (figur 1)
BlueFields ^{1,3}	Sverige	Glommen, Falkenberg	2021	Saccharina latissima	P	N/A	Mat	C	HB	18	Nej	A
Dansk Tang ⁴	Danmark	Danmark	2016	Chondrus crispus, Chorda filum, Dumontia contorta, Saccharina latissima, Ulva sp., Fucus sp., Gracilaria sp., Laminaria digitata, Vertebrata sp.	P, R, C	N/A	Mat	W	N/A	15-33	N/A	B
Estager ⁴	Estland	Saare, Kärla	1966	Furcellaria lumbicalis	R	N/A	Biokemikalier, livsmedel och foder, läkemedel, kosmetika, bioplaster	W	N/A	6-7	N/A	C
Nemo Seafarms ^{1,3}	Finland	Åland	2021	Fucus vesiculosus, Ulva sp. [framtida satsningar]	P, C	N/A	Mat	C [under utveckling]	HB, LB [under utveckling]	5-6	Nej	D
Nordic Seafarm ³	Sverige	Bohuslän, Tanum	2016	Saccharina latissima, Ulva fenestrata	P, C	70 000	Mat	C	HB	28-30	Ja	E
Kaira Nordic ^{1,3}	Sverige	Hallands län	2021	Saccharina latissima	P	N/A	Mat	C	HB	18-20	Nej	F
Kivik Tång ⁴	Sverige	Skåne län, Kivik	2022	Ulva intestinalis	C	N/A	Mat	W	N/A	7.5-8	N/A	G
Koastal ³	Sverige, Danmark, Norge [från 2025]	Bohuslän [SE], [Stockholm, SE; [Storebaelt, DK år 2024]	2022	Saccharina latissima, Ulva fenestrata	P, C	3 000	Mat	C	HB	20-25 Bohuslän; 5 Stockholm	Nej	H

Företagets namn	Land	Produktionsplats	År för grundande	Producerade tångarter	Phaeophyta [P], Rhodophyta [R], Chlorophyta [C]	Årlig mängd bearbetad biomassa (våtvikt, 2023, [kg])	Huvudsaklig användning av biomassa [t.ex. livsmedel, foder, biokemikalier, byggnadsmaterial]	Vild skörd [W] eller odling [C]	Havsbaserad [HB] eller landbaserad [LB] odling	Salthalt på odlingsplatsen [PSU]	Ekologiskt certifierad	Bokstav i karta (figur 1)
Kobb ³	Sverige	Bohuslän, Hakefjorden	2017	<i>Saccharina latissima</i>	P	10 000	Mat	C	HB	25-28	Nej	I
Souto Ocean Culture ^{1,3}	Sverige	Vik, Skåne	2022	Under utveckling:								
<i>Ulva</i> sp., Monostroma sp.												
<i>Fucus vesiculosus</i>	P, C	N/A	Mat	C	HB	7-8	Nej	J				
Ten Island seafarm ³	Sverige	Bohuslän, Göteborgs skärgård (Hälsö, Öckerö)	2020	<i>Saccharina latissima</i>	P	1 000	Livsmedel, kosmetika	C	HB	25-28	Nej	K
UnderYtan ³	Finland	Åland	2022	<i>Fucus</i> sp., <i>Ulva</i> sp., <i>Polysiphonia</i> sp.	P, R, C	35	Mat	W [under utveckling]	N/A	5-6	Nej	L
Volta Greentech ³	Sverige	Stockholm och Bohuslän, Lysekil	2018	<i>Asparagopsis armata</i> *, <i>Asparagopsis taxiformis</i> *	R	2 000	Foder	C	LB	30-33	Nej	M

1 ingen betydande produktion under 2023

2 Inte inhemsk i regionen, förädrabestånd importerat för efterföljande landbaserad odling

3 Information vänligen tillhandahållen av respektive företag

4 Information hämtad från respektive webbkälla [Danskt Tang, 2024, <https://www.dansktang.dk/>; Estagar, 2024, <https://estagar.es/>; Kivik Tång, 2024, <https://www.kiviktang.se/>; Alla webbsidor har senast besökts den 11.02.2024]

Även om marknadsapplikationer snabbt kan utvecklas för tångbiomassa är Europas bidrag till den globala tångproduktionen minimal och uppgick till mindre än < 1 % år 2016. Den största delen av denna produktion (98 %) förlitar sig på skörd av vilda bestånd (Araújo et al., 2019; Araújo et al., 2021). Den globala tångproduktionen domineras däremot av odling och stod för 97 % av den totala produktionen 2016 (Araújo et al., 2019, Araújo et al., 2021). Växande oro för miljöpåverkan från skörd av vilda bestånd har drivit på en snabb ökning av europeiska företag som engagerar sig i vattenbruksbaserade initiativ och produkter (Araújo et al., 2021). Trots denna kraftiga ökning är europeisk tångodling fortfarande i ett tidigt utvecklingsstadium och för att säkra en hög och hållbar produktion kräver en expansion av tångodling nya odlingsområden och nya arter (Kotta et al., 2022).

För närvarande inte finns några storskaliga kommersiella makroalgsodlare i Östersjön (Weinberger et al., 2020; tabell 1, figur 1). Däremot är Skagerrak, Kattegatt och delar av Kielbukten och Arkonabassängen, som kännetecknas av mer gynnsamma salthaltsnivåer för konventionella tånggrödor, lämpliga miljöer för utvecklingen av storskalig tångodling (se även tabell 1, figur 1). Dessa ansträngningar är särskilt inriktade på att odla några av de mest använda tånggrödorna i Europa, såsom kelp (till exempel *Saccharina latissima*) (Tabell 1). Utbredningsgränsen för *S. latissima* ligger dock runt den danska ön Bornholm och för närvarande odlas denna kelpart endast vid årliga genomsnittliga salthalter i havsytan på >16 PSU (Møller Nielsen et al., 2016). *S. latissima* uppvisar reducerad tillväxt i lägre salthalter och maximal avkastning kan endast erhållas under helt marina förhållanden (Bartsch et al., 2008), vilket gör en livskraftig industri vid de lägre salthaltsgränserna för denna växtart mycket utmanande.

Även om odling av tång fortfarande är begränsad i Östersjöområdet har flera kommersiella (nystartade) företag för närvarande etablerat sig och syftar till att snabbt driva tångindustrin i regionen (se tabell 1). De flesta kommersiella företag i Östersjöregionen finns längs den svenska västkusten och fokuserar på odling av kelp, men även vild, skördad tång säljs eller används för extraktion av värdefulla ämnen (tabell 1). Sveriges för närvarande största producent av tång, Nordic Seafarm, grundades som ett spin-off-företag från ett forskningsprojekt, vilket understryker vikten av grundforskning som en drivkraft för att utveckla den blå ekonomin. Särskilt diversifieringen av odlingsbara och ekonomiskt relevanta tångarter är för närvarande en central punkt i den växande tångodlingssektorn. Till exempel har försöken att utveckla storskaliga odlingstekniker för norra halvklottets havssallad, *Ulva fenestrata* (Figur 2 B & D), resulterat i en framgångsrik tillämpning av både svenska tankodlingar på land (Toth et al. 2020) och i havsbaserade odlingssystem utanför kusten (Steinhagen et al., 2021, 2022a,b) och den utvecklade tekniken används nu kommersiellt av företaget Nordic Seafarm (Tabell 1, Figur 2B). Liknande projekt utvecklas för närvarande i Danmark och Sverige för dulse, *Palmaria palmata* (Nielsen et al., 2019; Schmedes & Nielsen, 2020). *U. fenestrata* och *P. palmata* odlas dock främst i regioner med en salthalt på >20 PSU och deras naturliga utbredning tillåter ingen odling vid lägre salthalter (Bak, 2014; Steinhagen et al. 2023).

Förutom den nuvarande utvecklingen inom tångodling har insamling av vilda bestånd, t.ex. av rödalgen *Furcellaria lumbricalis*, en lång tradition i Östersjön. *F. lumbricalis* uppvisar två distinkt olika ekotypformer: en fastsittande och en drivande form (Kersen, 2013; Weinberger 2020). Industriell exploatering av den drivande formen inleddes i mitten av 1940-talet och sträckte sig till mitten av 1960-talet i t.ex. danska vatten i centrala Kattegatt (Schramm 1998; Weinberger et al., 2020). En detaljerad beskrivning av den historiska användningen

av *F. lumbricalis*, biomassans tillgänglighet över tid och artens tillbakagång på grund av eutrofieringen i Östersjön finns i Weiberger et al (2020). För närvarande är stora biomassabestånd av *F. lumbricalis* i Östersjön begränsade till halvexponerade miljöer med mjukbotten i det västestniska skärgårdshavsområdet (Martin et al. 2013).

Kommersiella utnyttjande av de drivande bestånden av *F. lumbricalis* (liksom *Coccolytus truncatus*) i den estniska Kassari Bay inleddes 1966 genom det lokala företaget ESTAGAR (ESTAGAR 2024; Weinberger 2020; Tabell 1). Huvudfokus har varit att utvinna furcellaran, en mångsidig förening som i stor utsträckning används som stabilisator, förtjockningsmedel och geleringsmedel inom livsmedels-, läkemedels-, kosmetika- och jordbruksindustrin (ESTAGAR, 2024; Weinberger 2020). Furcellaraner från *F. lumbricalis* i Östersjön har en särpräglad och ekonomiskt gångbar kemisk sammansättning och utgör en hybrid av κ - och β -karragenan (Tuvikene et al. 2006). Nuvarande forskning är inriktad på att utvinna det röda pigmentet R-fucoerythrin, en förening med olika bioaktiva egenskaper som lämpar sig för tillämpningar inom livsmedelsindustrin, medicin och kosmetika (Kersen et al. 2017). Regelbunden ekologisk övervakning och officiella skördebegränsningar har införts för att säkerställa en varaktig och miljömässigt ansvarsfull användning av det unika rödalgssamhället (Martin et al. 1996). Bottentråkning är begränsad till en årlig gräns på 2000 ton våt vikt (Paalme 2017). Sådana mätningar och begränsningar är viktiga för att på ett hållbart sätt använda och upprätthålla denna värdefulla naturliga bioresurs (Weinberger et al., 2020). Trots detta har den intensiva skörden av vilda bestånd minskat *Furcellaria* populationerna avsevärt i centrala Kattegatt från 1950-talet till 1970-talet (Lund och Christensen 1969, Schramm 1998, Pedersen och Snoeijs 2001), vilket gör forskning om hur man kan odla denna art ytterst viktig. I Estland har olika pilotinitiativ, med ekonomiskt stöd från Estonian Environmental Investment Centre och Europeiska havs- och fiskerifonden, lanserats. Dessa projekt syftar till att utveckla odlingstekniker för både lösa och fastsittande former av *F. lumbricalis* och för att bedöma de miljömässiga konsekvenserna av olika odlingsmetoder (Weinberger et al., 2020).

Förutom att bedöma odlingsbarheten hos *F. lumbricalis* är vetenskapliga forskningsprojekt och nystartade företag i Östersjön (tabell 1) inriktade på att odla tångarter som är anpassade till lägre salthalter (< 16 PSU). Här ligger tonvikten på en släkting till havssallad, *Ulva intestinalis* (t.ex. i det EU-finansierade ULTFARMS-projektet, kompletterande tabell S1; figur 2) och arter av blåstång, *Fucus* (t.ex. i det DBU-finansierade projektet "Climate-Friendly Offshore Production of Algal Biomass, CliPA", kompletterande tabell S1). Dessa initiativ drivs av en kombination av ekologiska hållbarhetsmål och utforskandet av ekonomisk lönsamhet i regionen och ett centralt mål är tångodling i havsbaserade vindkraftsparker. Vetenskapliga forskningsprojekt spelar en avgörande roll för att öka förståelsen för tillväxtdynamiken och de ekologiska effekterna av dessa tångarter i Östersjön. Samtidigt utnyttjar forskare och nystartade företag denna kunskap för att utveckla skalbara och kommersiellt gångbara odlingsmetoder. Odlingen av *Ulva intestinalis* och *Fucus* spp. återspeglar en samlad insats för att skapa en hållbar tångindustri i Östersjön (figur 2), där vetenskaplig expertis blandas med innovation.

Användningen av odlad tångbiomassa i Östersjöregionen omfattar olika tillämpningar, men baserat på de relativt höga marknadspriserna ligger huvudvikten för närvarande på livsmedel och biokemikalier som utvinns för livsmedelsindustrin (tabell 1). Dessutom blir bioaktiva foderingsredienser (t.ex. för att kontrollera metanutsläpp hos idisslare) från landbaserade odlingar en drivkraft för tångsektorn i regionen (Volta Greentech, tabell

1). Även om *Ulva* främst används för livsmedelsändamål ökar odlingen av *Ulva* för sin mångsidighet inom olika sektorer, särskilt när man fokuserar på en cirkulär ekonomi som syftar till att använda sidoströmmar som uppstår t.ex. under proteinextraktionsprocesser (Harrysson, 2019; Trigo et al., 2021). Utöver dess tillämpning inom den kulinariska sfären omfattar pågående utforskning dess användning som foder, en källa till bioenergi och utvinning av kolhydrater från sidoströmmar. *Fucus*, en annan viktig nyckelart i Östersjöregionen, används som bioaktiv förening i livsmedel samt inom den nutraceutiska och farmaceutiska sektorn. *Fucus* är känd för sina rika pigment, såsom fucoxanthin, och är lovande för sina potentiella bidrag till hälsorelaterade produkter och farmaceutiska formuleringar, vilket exemplifierar de mångfacetterade tillämpningarna av odlad algbiomassa i Östersjöregionen. Pågående forskning inom dessa områden syftar till att ytterligare frigöra den ekonomiska och ekologiska potentialen hos dessa odlade marina resurser.

2.3. Odlingstekniker

Tångodlingen i Östersjöregionen använder sig av olika tekniker som är anpassade till de unika miljöförhållandena i respektive område (Figur 2). Valet av odlingsmetod beror på faktorer som vattendjup, strömstyrka och den specifika tångart som ska odlas. Eftersom tångodlingsindustrin fortsätter att utvecklas i Östersjöregionen, syftar pågående forskning till att optimera dessa tekniker för en hållbar och effektiv produktion.

Havsbaserade odlingsmetoder omfattar vanliga odlingstekniker till exempel konventionella odlingsmetoder med långa linor som innebär att tångplantor (eller sporer) hängs upp på horisontella linor eller rep (Figur 2 A-C). Dessa linor är vanligtvis förankrade i havsbotten och lämnas att flyta nära vattenytan, fixerade på plats av till exempel flytande anordningar som bojar. Denna metod har visat sig vara väl lämpad för arter som kelp och havssallad och kan anpassas till olika djup. Vid flottodling används i stället flytande strukturer, där tången fästs vid linor under flotten (Figur 2 H-I). Denna teknik är särskilt användbar i områden med betydande vattenrörelser och variationer i vattendjup. Tång kan odlas på olika substrat som nät, ramar eller vävstrukturer. Dessa substrat är vanligtvis fastsatta på havsbotten och ger en stabil miljö för tångtillväxt. Denna metod är lämplig för både fastsittande och icke fastsittande arter. Vissa tångarter kan odlas direkt på havsbotten, i så kallade havsbottenodlingar. Denna metod innebär att tången fästs på botten med ankare eller andra strukturer, eller att odling av lösliggande tång i skyddade vikar främjas. Det är särskilt relevant för arter som inte sitter fast och som trivs i grunda, sedimentrika områden. Flytande odlingar är relevanta i områden med låg vågenergi och minimal tidvattenpåverkan. Tången är fäst vid flytande strukturer på vattenytan, vilket gör att den kan växa utan att vara i direkt kontakt med havsbotten. Detta kan vara i burar som är fästa vid pontoner eller olika typer av slang- eller rörsystem.

Odling av tång till havs (Figur 2 J-K) röner stort intresse inom den framväxande tångindustrin i Östersjön på grund av flera faktorer. En viktig fördel är överflödet av öppna havsområden, vilket ger expansiva och resursrika miljöer för storskalig odling. Förutom i havsområden utanför Atlanten har Östersjön relativt höga näringsbelastningar, vilket lämpar sig för odling av tång till havs (Kotta et al., 2022). Odling till havs minimerar dessutom konkurrensen om utrymme med andra kustaktiviteter (t.ex. turistdrivna företag) och möjliggör en effektiv användning av stora havsområden. Dessutom visar

samutnyttjandet av havsområden för flera ändamål, t.ex. integrering av tångodling med befintlig infrastruktur som vindkraftsparker, branschens engagemang för hållbara metoder. Tångodling i närheten av vindkraftsparker maximerar inte bara utnyttjandet av tillgängligt utrymme, utan erbjuder också potentiella synergier genom att tillhandahålla ytterligare ekosystemtjänster, såsom ökad biologisk mångfald och näringsupptag.

Förutom havsbaserade odlingsmetoder har odlingsystem på land (Figur 2 D) för tång i Östersjön vuxit fram som ett lovande sätt att hantera miljöutmaningar, särskilt de som rör obalanser i salthalt och näringsämnen och utmanande temperaturregimer (Toth et al., 2020). Dessa system omfattar kontrollerad odling av tång i landbaserade anläggningar, vilket ger ett effektivt sätt att kontrollera odlingsparametrar och utnyttja till exempel tångens förmåga att absorbera näringsämnen (Lüning, 2023). Ett slående exempel är det svenska företaget Volta Greentech, som fokuserar på att utveckla ett "skalbart, hållbart och automatiserat landbaserat odlingsystem för rödalger" (VoltaGreentech, 2024), särskilt anpassat för viktiga ingredienser i deras huvudgröda, *Asparagopsis taxiformis*. Den landbaserade fabriken möjliggör optimal kontroll över temperatur, ljus och näringsämnen för att maximera tillväxttakten för tången (VoltaGreentech, 2024).

Särskilt grundläggande och tillämpad forskning utgör grunden för sådana kommersiella företag i Östersjöregionen och sedan 2016 tillhandahåller t.ex. Göteborgs universitet en unik forskningsinfrastruktur för odling av tång på land i ett "algväxthus", som tillhandahåller bassänger och tankar samt anordningar för att manipulera miljöfaktorer (VanderLoos et al., 2024). Ett annat exempel på hållbart landbaserat jordbruk är recirkulerande vattenbrukssystem (RAS), som dessutom kan kombineras med integrerade multitrofiska vattenbruksmetoder (IMTA). Forskare från Aarhus universitet och Köpenhamns universitet, i samarbete med flera företag, genomför SeaFree-projektet³⁰. Detta initiativ fokuserar på att etablera ett slutet, hållbart kretslopp på land genom att använda näringsrester och CO₂ från RAS för odling av räkor, fisk och tång. Projektet syftar till att utnyttja tångproduktion för att absorbera och omvandla utsläpp från landbaserat vattenbruk till värdefulla produkter. IMTA har använts i både landbaserade och havsbaserade odlingsystem och innebär att flera arter från olika trofnivåer odlas i samma vattenbrukssystem för att förbättra den övergripande hållbarheten.

Dessa exempel visar de olika insatserna och forskningsinitiativen i Östersjöregionen, och belyser hur olika metoder för tångodling kan anpassas till de unika förhållandena i området. Pågående projekt bidrar med värdefulla insikter för utvecklingen av en hållbar tångodlingsindustri i regionen.

30 <https://seafree.org/>; tilläggsstabell S1.

3. Hinder och framtida utveckling

3.1. Utmaningar i Östersjöns unika miljö

Odling av tång i Östersjön stöter på betydande miljöhinder som, om de inte åtgärdas och förebyggs, kan hindra dess fortsatta utveckling. Östersjöns naturligt låga salthalt, som beror på inflöde av sötvatten och begränsat utbyte med Nordsjön, begränsar lämpligheten hos traditionella tångarter som är anpassade till högre salthalter. Denna skillnad nödvändiggör forskning om salthaltstoleranta stammar eller innovativa odlingstekniker. Som tidigare beskrivits anpassar industrin i området för närvarande sin odlingsportfölj till rådande låga och fluktuerande salthalter genom att undersöka olika tångarter för den framväxande blå ekonomin.

Att utveckla nya tånggrödor för Östersjön möter dock ett betydande hinder i sig, som härrör från den dominerande klonala karaktären hos många arter, som främst förökar sig asexuellt. Sådan klonal förökning av Östersjöarter är ett allmänt känt fenomen och har studerats i detalj hos *Fucus* spp. (Johannesson et al., 2006; 2011a,b). Förekomsten av asexuell reproduktion begränsar den genetiska mångfalden inom populationer, vilket hindrar tångens anpassningsförmåga och motståndskraft mot förändrade miljöförhållanden (Johannesson et al. 2011b). För att övervinna detta hinder krävs en omfattande förståelse av de genetiska och fysiologiska egenskaper som är förknippade med klonal reproduktion, tillsammans med riktade avelsinsatser och utforskning av nya odlingstekniker för att öka den genetiska mångfalden och främja utvecklingen av robusta och anpassningsbara tånggrödor som är skraddarsyddade för de specifika utmaningarna i Östersjön.

En annan utmaning för tångodling är regionens omfattande istäcke under vintermånaderna, vilket innebär risker för odlingsinfrastrukturen, stör tillväxtmönstren och komplicerar utplaceringsstrategierna. Vanliga tillväxt- och odlingsfönster för havsbaserade tång på norra halvklotet börjar med att tången planteras ut på hösten när vattentemperaturen sjunker under 15 °C, vilket sammanfaller med minskat etableringstryck från påväxtorganismer (t.ex. trådformiga alger, kiselalger, havstulpaner, musslor, *Ciona* spp.). Tångplantorna växer vanligtvis under gynnsamma vattenförhållanden på vintern och tidigt på våren och skördas på senvåren (Visch et al., 2020; Steinhagen et al., 2021,2022a) Östersjöns kust utsätts dock för massiv istäckning under vintern och våren, vilket förmodligen gör det möjligt att ändra odlingsmetoder, tidsintervaller och arter för att klara av eller kringgå destruktiva istäckningsperioder.

Eftersom kustnära områden ofta används i turist- och rekreationssyfte och vattenbruksinfrastrukturen ibland anses estetiskt icke-tilltalande, kan det bli nödvändigt att odla tång längre ut till havs, s.k. offshore-odling. Dock kan kraftiga vindar och hög vågenergi innebära utmaningar för stabiliteten och integriteten hos infrastrukturen för offshore-odling. Dessa extrema förhållanden kan leda till fysiska skador, förflyttning eller förlust av tånggrödor, vilket äventyrar hållbarheten och den ekonomiska bärkraften för offshore-odling. För att övervinna dessa hinder krävs innovativa tekniska lösningar, t.ex. utformning av robusta odlingsystem som klarar de dynamiska och turbulenta förhållanden

som råder i Östersjön. Dessutom är omfattande riskbedömningar och strategiska platsval avgörande för att säkerställa framgång för offshore-odling av tång i denna utmanande marina miljö. Kustområden som är turistmål och kännetecknas av ökad mänsklig aktivitet kan dessutom innebära ökade föroreningar, fysiska störningar och restriktioner för tillgång till odlingsplatser vilket i sig kan vara ett hinder för expansion av tångodling i kustnära områden (diskuteras i detalj under 3.2).

Tungmetallföroreningar i Östersjön kan utgöra en betydande utmaning för utvecklingen av ekonomisk odling av tång (Krek et al., 2019). Tång har kapacitet att ackumulera tungmetaller, vilket gör dem lämpliga för bioremediering, och tångbiomassa har därför framstått som en hållbar lösning för miljövänlig produktion av adsorbenter (Znad et al., 2022). Tångens förmåga att ackumulera tungmetaller väcker dock farhågor om huruvida biomassan är säker för mänsklig konsumtion och understryker vikten av att övervaka både av både vatten- och biomassakvalitet i Östersjön.

För att övervinna dessa utmaningar är ett holistiskt tillvägagångssätt som omfattar tekniska framsteg, val av tångart, integrerad kustförvaltning och turismstrategier avgörande för att frigöra tångodlingens fulla potential i Östersjön. Vindkraftsparker erbjuder redan befintlig infrastruktur, vilket ger stöd för förankring och potentiellt kan mildra några av de utmaningar som är förknippade med högenergimiljöer. Samutnyttjande av havsområden möjliggör dessutom en mer effektiv användning av marina resurser samtidigt som visuella störningar i kustnära turistområden minimeras. En sådan innovativ integration ger möjlighet att ta hänsyn till både miljömässiga och ekonomiska aspekter, vilket underlättar en hållbar expansion av tångodling i Östersjön.

3.2. Regler, socioekonomisk uppfattning och acceptans

3.2.1. Komplexa regelverk och långsamma tillståndsprocesser

Den långa tiden från första ansökan till tillstånd för tångodling understryker behovet av en mer tillförlitlig process och förlängda ansökningsperioder. Denna justering skulle ge potentiella tångodlare tillräckligt med tid för att säkra havsområden, eftersom tillstånd i Sverige för närvarande är begränsade till en giltighetstid på högst 10 år (svensk miljölagstiftning, Miljöbalk 24 kap 10 §). Vidare omfattar rekommendationerna att skapa riktlinjer för att effektivisera introduktionsprocessen för nya aktörer, främja en mer stödjande miljö för odlingsinsatser och skapa en central kontaktpunkt. Bristen på försäkringsmekanismer, som exemplifieras av avsaknaden av täckning för negativa extrema väderförhållanden som leder till missväxt, särskilt för tångodlare i motsats till deras landbaserade motsvarigheter, understryker en förhöjd riskexponering inom tångodlingssektorn. Det är absolut nödvändigt att inrätta skraddarsydda försäkringsramar som är anpassade till de särskilda sårbarheterna för tångodling för att förbättra den förhöjda riskprofil som är förknippad med denna akvatiska jordbruksmetod.

3.2.2. Regelefterlevnad och säkerhetsåtgärder

Avsaknaden av ett tydligt och "lättnavigerat" regelverk som är särskilt anpassat för tångodlare i Östersjön innebär en betydande utmaning och lämnar aktörer inom branschen med ett stort mått av eget ansvar. Livsmedelsverkets föreskrifter, särskilt de som rör gränsvärden för tungmetaller, är viktiga att överväga i ett framtida regelverk. Analyser av tungmetaller eller allergener (t.ex. från kräftdjur) kan vara kostsamma och subventionerade analyser skulle kunna förbättra säkerhetsrutinerna för tångodling och samtidigt utgöra standardrutiner för tångodlare. Ett fokus på regelefterlevnad skulle också se till att branschen uppfyller säkerhetsstandarderna.

Införandet av ett certifieringssystem kan komma att bli en viktig komponent för att hantera problemen med livsmedelssäkerhet inom tångodlingsindustrin. Importcertifikat spelar en avgörande roll för att förmedla till konsumenterna och tillsynsmyndigheter inom landbaserade livsmedel att den producerade biomassan uppfyller stränga säkerhetsåtgärder och bestämmelser. Sådana certifikat fungerar inte bara som konkreta bevis på att etablerade standarder följs, utan ingjuter också förtroende hos konsumenterna när det gäller produktens kvalitet och säkerhet. Med tanke på tångbranschens ständiga utveckling, som kännetecknas av tekniska framsteg och nya regelverk, bör ett certifieringssystem vara ett anpassningsbart verktyg. Det fungerar inte bara som ett sätt att hålla sig à jour med förändrade säkerhetsprotokoll utan visar också branschens engagemang för att säkerställa de högsta säkerhetsstandarderna. Dessutom kan effekten av detta certifieringssystem bero på robusta marknadsförings- och PR-insatser som genomförs av både branschens intressenter och centrala enheter. En väl kommunicerad certifiering ökar inte bara marknaden transparens utan bidrar också till tångodlingens övergripande anpassningsförmåga och långsiktiga framgång, främjar konsumenternas förtroende och säkrar en hållbar framtid för industrin i Östersjön.

3.2.3. Åtgärda centrala informationsbrister

Bristen på ett centraliserat administrativt organ för tångodling, både på nationell och internationell nivå (t.ex. EU), leder till betydande kommunikationsbrister, vilket hindrar en snabb hantering av producenternas förfrågningar. Inrättandet av ett centralt, ansvarigt kontor framstår som en nödvändig lösning för att rätta till denna brist. Ett sådant kontor skulle fungera som en kontaktpunkt för att sprida korrekt och aktuell information och säkerställa snabba svar på tångodlarnas frågor. Avsaknaden av ett centraliserat nav leder för närvarande till osäkerhet och förseningar när det gäller att ta itu med kritiska frågor som branschen och entusiastiska nystartade företag står inför. Genom att konsolidera relevant information och expertis inom en centraliserad enhet skulle informationsflödet strömlinjeformas och därigenom förbättra kommunikationseffektiviteten. Detta centraliserade nav skulle inte bara fungera som en samlingsplats för uppdateringar av regelverk, odlingsriktlinjer och säkerhetsprotokoll utan också underlätta samarbetet mellan intressenter.

3.2.4. Nationella samarbetsramar och internationellt samarbete

För att driva på utvecklingen av tångodling i Östersjön är det en grundläggande förutsättning att etablera kommunikationskanaler mellan olika nationella myndigheter men

även med myndigheter inom EU genom formulering av internationella regler. Initiativ som främjar nationellt samarbete mellan myndigheter (i Sverige t.ex. mellan Livsmedelsverket och Jordbruksverket) är oundgängliga för att skapa ett enhetligt regelverk. Dessutom är det av största vikt att förespråka internationellt samarbete inom EU för att anpassa olika regelverk och bidra till harmonisering av standarder. För att underlätta sådana samordnade insatser föreslås inrättandet av en central enhet för tångodling (se även ovan). Samarbetsramar, både på nationell och internationell nivå, stärker inte bara enhetligheten i lagstiftningen utan driver också tångodlingen mot en framgångsrik och hållbar integration i Östersjöns miljömässiga och ekonomiska landskap.

3.2.5. Synergier inom turism och marknadsexpansion

Närvaro av infrastruktur för tångodling kan uppfattas som störande och kan potentiellt påverka den kustnära turismen. Det är dock viktigt att inse att turism och odling av tång också innebär viktiga möjligheter till synergier. Strategisk planering och estetiskt tilltalande design av infrastruktur kan minimera visuella påverkan av tångodling och främja en harmonisk samexistens mellan tångodlare och turism i kustnära områden. Denna samexistens erbjuder också en unik plattform för att skapa medvetenhet och marknadsföra den producerade tången. Samexistensen mellan turism och odling av tång kan underlätta utvecklingen av effektiva marknadsföringsstrategier och spelar en avgörande roll för att utöka marknadens räckvidd och öka konsumenternas medvetenhet. Genom att utnyttja den inneboende kopplingen mellan tångodling och kustmiljön kan branschen omvandla potentiella utmaningar till möjligheter att främja den socioekonomiska lönsamheten för tångodling i Östersjön. Om placeringen av odlingsplatser är noga genomtänkt har tångodling potential att fungera som verktyg för utbildning och marknadsföring, vilket ökar allmänhetens förståelse för de ekologiska fördelarna och den ekonomiska potentialen i hållbar odling av tång.

Gemensamma odlingsprojekt (t.ex. det som drivs av projektet "Blue community gardens" vid Göteborgs universitet i centrala Göteborg och av det danska informationscentret Havhøst) i anslutning till odlingsplatser eller i närheten av städer kan spela en avgörande roll för att skapa värde och nå ut med information. Genom att involvera det lokala samhället i odlingsprocessen främjar dessa projekt en känsla av ägande och samhörighet, vilket uppmuntrar allmänhetens deltagande och medvetenhet. De gemensamma odlingarna fungerar inte bara som praktiska exempel på hållbar odling av tång, utan också som dynamiska platser för utbildningsprogram och marknadsföringsaktiviteter. Detta mångfacetterade tillvägagångssätt bidrar till det bredare målet att främja ekologisk förståelse och förverkliga den ekonomiska potentialen i hållbar odling av tång på samhällsnivå.

Den nuvarande europeiska marknaden för biomassa från tång och produkter som härrör från tång kännetecknas av begränsad medvetenhet bland slutkonsumenterna om potentiella hälsofördelar. Vissa tångarter är rika på essentiella näringsämnen, grönt protein, bioaktiva föreningar och omega-3-fettsyror, och kan ha betydande hälsofördelar som konsumenterna fortfarande inte uppskattarfullt ut. Ett sätt att kommunicera dessa fördelar till slutkonsumenterna är att etablera uppsökande program och effektiva marknadsföringsstrategier. Genom att sprida vetenskapligt underbyggd information om tångens näringsinnehåll och hälsofrämjande egenskaper kan branschen överbygga

kunskapsklyftan och öka konsumenternas medvetenhet. Denna strategiska kommunikation främjar inte bara de näringsmässiga fördelarna utan positionerar också tångbiomassa som ett framåtblickande och miljömedvetet val, vilket bidrar till expansionen av den europeiska marknaden för tång.

3.3. En kritisk syn på en växande tångodling i Östersjön

Tångodling är utbredd i Asien och för att tillgodose framtida resursbehov har ett växande intresse för odling av tång även i Europa, inklusive Östersjöområdet, vuxit fram. För att kunna odla och etablera tång i Östersjöregionen är det absolut nödvändigt att noggrant väga miljörisiker med potentiella fördelar och se till att ekosystemets bärkraft inte överskrids och att bevarandemål inte äventyras. Som Campbell et al. (2019) diskuterar krävs det grundläggande övervakningsmetoder för de förväntade ekosystemförändringar som är kopplade till en växande vattenbruksindustrin för tång. Identifierade miljöförändringar av yttersta vikt omfattar spridning av sjukdomar, förändring av populationsgenetisk struktur och ändringar av den lokala fysikalisk-kemiska miljön (Campbell et al., 2019). Med tanke på den stora osäkerheten kring omfattningen av dessa miljöförändringar föreslås ett försiktigt tillvägagångssätt genom ekosystemspecifik risk-klassificering (Campbell et al., 2019). Det har föreslagits att nuvarande småskaliga odlingsinsatser anses vara "låg risk", medan den tänkta expansionen av branschen, särskilt omfattande "storskalig" odling, kräver en ökad förståelse för skalberoende förändringar (Campbell et al., 2019). Att skapa en sådan omfattande förståelse är avgörande för att hitta en nyanserad balans mellan miljörisiker och de många fördelar som tångodling potentiellt kan ge. Enskilda risker lyfts fram och diskuteras nedan.

3.3.1. Skuggeffekter och absorption av ljus

Konkurrens om ljus är en avgörande faktor för tillväxt av marina autotrofa organismer och är väldokumenterat i algsamhällen som skuggas av naturliga kelpbäddar (Benes & Carpenter, 2015). Odlade tånghabitat skiljer sig dock från naturliga algsamhällen eftersom de huvudsakligen odlas på ytan och inte på botten. Även om inga tydliga skadliga skuggeffekter på autotrofa organismer under tångodlingar har avslöjats hittills kan en potentiell uppskalning av odlingsytan ha en negativ effekt på naturliga algsamhällen. Utveckling av storskalig tångodling kräver därför en modulär strategi (Campbell et al. 2019), som tar hänsyn till tekniska utmaningar i både grunda och djupa vattenmiljöer. En potentiell skada på nyckelarter som är avgörande för att upprätthålla den ekologiska balansen i Östersjön, såsom blåstång (*Fucus vesiculosus*) eller sjögräs (*Zostera marina*), väcker farhågor om negativa effekter av storskalig tångodling. Tidigare studier betonar till exempel att sjögräsängar bör undvikas när man överväger möjliga platser för odling av tång, eftersom de har en hög skyddsnivå i Europa och kan vara känsliga för skuggning och störningar (t.ex. av förtöjningsinfrastruktur) (Wilson et al., 2004; Campbell et al. 2019). Vanligtvis odlas dock tång på djupare vatten och överlappar därför sällan känsliga bentiska miljöer. Skuggningen kan dock ha konsekvenser för pelagiska samhällen och påverka mängden fytoplankton och trofiska flöden. Storskaliga tångodlingar i Kina har visat sig kunna hämma förekomsten av växtplankton under den högsta tillväxtperioden (Xing et al., 2015), vilket understryker behovet av en nyanserad förståelse av orsakerna

till, och konsekvenserna av, förändringar i växtplanktonsamhällen. Det är dock osannolikt att skuggning orsakar betydande negativa miljöeffekter vid små och medelstora odlingsanläggningar eftersom vattenrörelser gör att växtplanktonsamhällen endast kommer att uppleva skuggning under den tid det tar att färdas genom odlingsplatsen (Campbell et al., 2019). Varje vattenförekomst är dessutom unik och har olika vattenkemi, och oceanografiska förhållanden, vilket understryker den inneboende variationen mellan ekosystem och den försiktighet som krävs vid extrapolering av data från ett system till ett annat. Sammantaget kommer skuggning och absorption av ljus att vara starkt beroende av den vilka tångarter som odlas, de rådande biotiska och abiotiska förhållandena, och ännu viktigare, odlingsens storlek.

3.3.2. Ackumulering, absorption och dynamik av näringsämnen

Kustnära hav tar emot näringsämnen från olika marina och atmosfäriska källor, inklusive både naturliga och antropogena bidrag. Östersjön är en eutrofierad (övergödd) vattenförekomst som påverkas starkt av antropogena näringsbelastningar (HELCOM, 2018). Över 97% av Östersjön kategoriseras för närvarande som degraderad på grund av övergödning, vilket främst beror på den bestående närvaron av kväve och fosfor (HELCOM, 2018; Kotta et al., 2022). Paradoxalt nog utgör den uttalade övergödningen i Östersjön en riklig och kostnadseffektiv reservoar av näringsämnen för odling av tång. I detta sammanhang kan tångodling få en positiv inverkan på Östersjöns miljö genom att avlägsna näringsämnen, och skörden av internt producerade tångbiomassa har en betydande potential för effektiv återcirkulation av näringsämnen från havet till land (Kotta et al., 2022). Det krävs dock noggranna överväganden för att undvika att näringskoncentrationerna sjunker under de naturliga primärproduktionsnivåerna. Storskaliga odlingsystem, särskilt de som påverkar den lokala hydrodynamiken, kan förändra vattenflödet och tillgången på näringsämnen, vilket kan begränsa växtplanktonbiomassan (Campbell et al., 2019). Realistiskt sett är sådana frågor inte relevanta i den näringsrika Östersjön för närvarande, men framtida scenarier under en växande utvinningsindustri bör noggrant övervakas. För att optimera hanteringen av näringsämnen och skala upp odlingsprojekt är det viktigt att utveckla kopplade hydrodynamiska-biologiska modeller vid realistiska tätheter. Utmaningar inkluderar potentiell konkurrens mellan odlad tång och växtplankton, vilket kräver plats-specifik modellering och övervakning för evidensbaserat beslutsfattande (Campbell et al., 2019).

3.3.3. Blue Carbon - ackumulering och bindning av kol

Den globala bindningen av stora mängder kol i träd på land har lett till att man börjat fundera på om tång kan spela en liknande roll för kolbindningen i haven. Storskaligt vattenbruk av ryggradslösa djur och tång har tidigare bedömts ha kapacitet att binda stora mängder kol från kustmiljön, vilket utgör en alternativ koldioxidsnål källa för bioresurser som livsmedel och energi om det hanteras effektivt (Hughes et al., 2012). Därför har strategier som innebär avsiktlig expansion av naturliga tångbäddar och vattenbrukssystem, inklusive begreppet skogsplantering i havet, föreslagits för att öka kolbindningen för användning i system för handel med, och kompensation för, koldioxid.

Att verifiera om koldioxid som fixeras av tång genom fotosyntes översätts till effektiv kolbindning är dock mer komplicerat i den marina miljön jämfört med terrestra system

(Hurd et al., 2022). Denna komplexitet beror på att kolet i tångbiomassa omsätts snabbt, samt att det är svårt att spåra kolflödet genom marina näringsvävar och utbytet av koldioxid mellan atmosfär och hav (Hurd et al., 2022). Därför är tångodlingens inverkan på kolcykeln fortfarande dåligt känd och kräver ytterligare forskning, särskilt i miljöer med starka årliga och dagliga skiftningar i abiotiska faktorer, som i Östersjön. Vidare kan tångbiomassa som förloras från odlingar bidra till kolbindning när tången begravs i sediment eller exporteras till djuphavet (Duarte et al., 2017). För att ta itu med dessa utmaningar föreslog Hurd et al (2022) en strategi för rättsmedicinsk koldioxidredovisning. Detta tillvägagångssätt innebär en omfattande analys av kolflöden och underlättar en bedömning av storleken på hur mycket koldioxid som binds i tången. Trots svårigheter med att beräkna hur mycket tångodling kan bidra till kolbindning i den marina miljön anses tångodling som ett lovande alternativ för begränsning av, och anpassning till, klimatförändringar.

3.3.4. Kusthydrologi och kinetisk energidynamik

Beroende på tångodlingarnas storlek kan de påverka tidvatten- och vågenergi, förändra flödesförhållanden och kusthydrologi. Studier av vilda kelpbäddar visade att de minskar strömhastigheten och skapar mikroklimat (Jackson & Winant, 1983; Campbell et al., 2019). Simuleringar i en storskalig kinesisk kelpodling visade minskat flöde på grund av ökad friktion på havsbotten. Suspenderade odlingssystem påverkar också tidvattenströmmarnas vertikala struktur (Fan et al., 2009). Förändrat vattenflöde kan påverka näringsutbytet och därmed odlingskapaciteten (Shi et al., 2011; Campbell et al., 2019). Storskaliga projekt kan därför kräva en detaljerad hydrodynamisk bedömning, och strategisk lokalisering och modellering är avgörande för att tillståndsmyndigheter ska kunna fatta välgrundade beslut om var storskaliga tångodlingar placeras.

3.3.5. Effekter av konstgjorda material och bullerpåverkan

Kommersiell odling av tång kräver användning av artificiella strukturer, och odlingssystem som används i Europa omfattar olika konfigurationer av förtöjningar, linor och flottar. Det dominerande materialet, rep av syntetiska polymerer som polypropen, är utformat för hållbarhet i marin miljö, men felaktig hantering kan bidra till föroreningar (Campbell et al., 2019). Precis som inom yrkesfisket utgör förlust av infrastruktur ett hot mot marin megafauna genom intrassling, särskilt med förtöjningar och linor med låg spänning (MacFadyen et al., 2009).

Dessutom medför odlingsaktiviteter fartygstrafik och maskinbuller under installation, underhåll, sådd och skörd (Campbell et al., 2019). Påverkan på lokala bullernivåer är skalberoende, med fartygsmotorer som en potentiell källa till antropogent buller. Marina arters känslighet för buller från små fartyg är sannolikt låg. I små till medelstora tångodlingar är ökningen av fartygstrafiken minimal och medför begränsade ekologiska effekter om odlingen placeras på avstånd från känsliga områden (Campbell et al., 2019). Men långsamt växande marin megafauna i Östersjön står inför kritiska bevarandeutmaningar (Benke et al., 2014), vilket understryker behovet av väl utformade odlingsaktiviteter och strategisk placering för att undvika negativa miljöinteraktioner orsakade av storskaliga tångodlingsanläggningar.

3.3.6. Dynamik i organiskt material

Tång frigör organiskt material i form av partikulärt organiskt material (POM) och löst organiskt material (DOM). Vanligtvis genererar vågverkan och nedbrytning av tångbiomassa POM, som svävar i vattnet innan det sedimenterar till botten (Chen et al., 2020). Storskalig odling i Sanggou Bay hade en säsongsbunden förlust av tång som påverkades av mängden biomassa och tillväxtstadium, vilket ledde till betydande utsläpp av POM (Zhang et al., 2011). Flytförmågan hos förlorad vävnad kan leda till att den färdas långa sträckor och påverkar bentisk mikrobiell metabolism och makrobenthisk samhällsstruktur (Campbell et al., 2019) långt från odlingen. Detta understryker behovet av att förstå miljöpåverkan i slutna vattensamlingar, såsom Östersjön och vetenskapliga undersökningar är avgörande för att bedöma omfattningen och konsekvenserna av POM-utsläpp från tångodling.

En betydande del av DOM som frigörs av tång består av kolhydrater (Hulatt et al., 2009). Denna frigjorda DOM hamnar i havets pool av upplöst organiskt kol (DOC), där en viss del är refraktivt DOC (rDOC) och kan finnas kvar i tusentals år (Wada et al., 2008; Campbell et al., 2019). Även om de långsiktiga konsekvenserna av rDOC är indirekta, innebär utsläpp av DOM direkta kortsiktiga effekter som ändringar i ljusförhållanden och sammansättningen av den lokala mikrobiella floran (Wada et al., 2008; Campbell et al., 2019). Omfattningen och de bredare ekologiska konsekvenserna av POM- och DOM-utsläpp från storskaliga tångodlingar är dock fortfarande okända, men beror troligtvis på platsens hydrodynamik och säsongsvariationer.

3.3.7. Invasiva arter och genetisk förorening genom domesticerade stammar

Icke-inhemiska arter, som oavsiktligt eller avsiktligt introduceras utanför sitt ursprungliga utbredningsområde på grund av mänskliga aktiviteter utgör potentiella ekologiska hot och ekonomiska förluster, särskilt inom marina industrier som vattenbruk (Hewitt et al., 2007). När främmande arter med negativa effekter väl har etablerat sig kallas de "invasiva" och är svåra att utrota (Giakoumi et al., 2019). Den europeiska havsförvaltningspolitiken fokuserar på att förhindra introduktioner och har fastställt strikta regler för hantering och spridning av främmande arter [Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 1143/2014 om förebyggande och hantering av introduktion och spridning av invasiva främmande arter]. Produktion av tång, som historiskt sett förknippats med artintroduktioner (Hewitt et al., 2007; Campbell et al., 2019), kommer kanske inte att tillåta introduktioner utanför inhemska utbredningsområden i ett europeiskt sammanhang. Tydlighet kring tillåtna målarter för odling är avgörande för konsekventa tillvägagångssätt i olika länder. Särskilt odling av sorter i en definierad "lokal" miljö kan bli en framtida praxis, vilket kräver överväganden om genetisk variation och förbud mot genetisk förorening av naturliga populationer.

Tidigare avelsarbete med till exempel kelp har framgångsrikt tagit fram förbättrade sorter med värdefulla kommersiella egenskaper, som i stor utsträckning används i odlings (Li et al., 2016). Konsekvenserna av att odla genetiskt och fenotypiskt distinkta sorter som skiljer sig från naturliga populationer är dock okända, vilket innebär potentiella miljörisker genom konkurrens och /eller hybridisering med vilda populationer (Valero et al., 2017). Odlingsmetoder, även med lokalt framtagna sorter, har potential att genetiskt

påverka naturliga populationer genom genflödet "från gröda till vildmark" (Valero et al., 2017). Uppfödare måste fokusera på strategier som balanserar urvalet av önskvärda egenskaper och samtidigt bevarar den evolutionära potentialen hos domesticerade arter för optimal avkastning under varierande miljöförhållanden, vilket minimerar påverkan på naturliga populationer. Detta kräver ett paradigmskifte i avelsstrategierna, där man upprätthåller en mångsidig pool av lokalt framtagna sorter som är optimerade för lämplig genetisk variation. Effekter av genflöde från odlade tångarter är fortfarande osäkra. Det krävs rigorösa övervaknings- och forskningsinsatser för att förstå variationen i naturliga populationer och effekterna av odlade domesticerade arter på naturliga populationers hälsa och kondition och på ekosystemen (Valero et al., 2017). Produktion av sterila sorter kan vara en genomförbar strategi för att mildra gendepressionseffekter och introducera icke-inhemska sorter och arter. Dessutom rekommenderas inrättandet av nationella fröbanker för att säkerställa lämpliga avelsstrategier som minimerar negativ miljöpåverkan (Campbell et al., 2019).

3.4. Behov av grundläggande forskning för en hållbar framtida tångindustri i Östersjön

En framgångsrik etablering av en hållbar och livskraftig tångindustri i Östersjön kräver ett paradigmskifte mot tvärvetenskaplig forskning som överskrider traditionella disciplin-gränser. Komplexiteten i Östersjöns ekosystem, i kombination med de mångfacetterade utmaningar som klimatförändringar och ny teknik för vattenbruk innebär, understryker vikten av samarbete mellan olika vetenskapliga områden. Olika discipliner måste samordna sin expertis för att hantera det komplicerade samspelet mellan faktorer som påverkar tångodling och möjliggöra övervakning av ekosystemet. Grundforskning, som omfattar kontrollerade livscyklar, optimala odlingsmetoder, biokemiska analyser och innovativa strategier för rumsligt utnyttjande, kräver en helhetssyn som förenar insikter från biologi, kemi, miljövetenskap, teknik, samt social- och rättsvetenskap, och marknadsföring. Ett sådant tvärvetenskapligt samarbete är nödvändigt för att utveckla robusta lösningar på de komplicerade utmaningar som är förknippade med låga salthalter, föränderliga temperaturer, exponering för tungmetaller och integrering av tångodling i olika miljöer, samt för att utveckla en marknad för den producerade biomassan. Endast genom att integrera olika perspektiv och expertis kan vi frigöra den fulla potentialen hos tångodling för en hållbar och motståndskraftig framtid i Östersjön.

Referenser

Araújo, R., Vázquez Calderón, F., Sánchez López, J., Azevedo, I. C., Bruhn, A., Fluch, S., Garcia Tasende, M., Ghaderiardakani, F., Ilmjärv, T., Laurans, M., Mac Monagail, M., Mangini, S., Peteiro, C., Rebours, C., Stefansson, T., & Ullmann, J. (2021). Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. 7.

Araújo, R., Lusser, M., Sanchez Lopez, J., and Avraamides, M. (2019a). Brief on Algae Biomass Production. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Bartsch, I., C. Wiencke, K. Bischof, C.M. Buchholz, B.H. Buck, A. Eggert, P. Feuerpfeil, D. Hanelt, S. Jacobsen, R. Karez, U. Karsten, M. Molis, M.Y. Roleda, H. Schubert, R. Schumann, K. Valentin, F. Weinberger and J. Wiese. 2008. The genus *Laminaria* sensu lato: recent insights and developments. *Eur. J. Phycol.* 43: 1–86.

Bak, U. G. (2014). Suitable cultivation areas for *Palmaria palmata* (Rhodophyta) and *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) in the inner Danish waters in relation to variations in light, temperature and salinity. Roskilde University. Roskilde University.

Benes, K. M., and Carpenter, R. C. (2015). Kelp canopy facilitates understory algal assemblage via competitive release during early stages of secondary succession. *Ecology* 96, 241–251. doi: 10.1890/14-0076.1

Benke, H., Bräger, S., Dähne, M., Gallus, A., Hansen, S., Honnef, C. G., ... & Verfuß, U. K. (2014). Baltic Sea harbour porpoise populations: status and conservation needs derived from recent survey results. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 275-290.

Berglund, J., Mattila, J., Rönnerberg, O., Heikkilä, J., & Bonsdorff, E. (2003). Seasonal and inter-annual variation in occurrence and biomass of rooted macrophytes and drift algae in shallow bays. *Estuarine, coastal and shelf science*, 56(5–6), 1167-1175.

Blidberg, E. and F. Gröndahl. 2012. Macroalgae harvesting and cultivation. In: (A. Schultz-Zehden and M. Matczak, eds) *SUBMARINER compendium: an assessment of innovative and sustainable uses of baltic marine resources*. Maritime Institute, Gdansk. pp. 49–76.

Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2002, November). Assessing scale and impact of ship-transported alien macrophytes in the Mediterranean Sea. In *CIESM Workshop Monographs* (Vol. 2, pp. 53–61).

Bucholc, K., M. Szymczak-Żyła, L. Lubecki, A. Zamojska, P. Hapter, E. Tjernström and G. Kowalewska. 2014. Nutrient content in macrophyta collected from southern Baltic Sea beaches in relation to eutrophication and biogas production. *Sci. Tot. Env.* 473–474: 298–307.10.1016/j.scitotenv.2013.12.044

Campbell, I., Macleod, A., Sahlmann, C., Neves, L., Funderud, J., Øverland, M., ... & Stanley, M. (2019). The environmental risks associated with the development of seaweed farming in Europe—prioritizing key knowledge gaps. *Frontiers in Marine Science*, 6, 107.

- Chen, S., Xu, K., Ji, D., Wang, W., Xu, Y., Chen, C., & Xie, C. (2020). Release of dissolved and particulate organic matter by marine macroalgae and its biogeochemical implications. *Algal Research*, 52, 102096.
- Chubarenko, B., Woelfel, J., Hofmann, J., Aldag, S., Beldowski, J., Burlakovs, J., ... & Schubert, H. (2021). Converting beach wrack into a resource as a challenge for the Baltic Sea (an overview). *Ocean & Coastal Management*, 200, 105413.
- Cramer, H., Kessler, C. S., Sundberg, T., Leach, M. J., Schumann, D., Adams, J., & Lauche, R. (2017). Characteristics of Americans choosing vegetarian and vegan diets for health reasons. *Journal of nutrition education and behavior*, 49(7), 561-567.
- Drăgan, A. A., & Petrescu, D. C. (2013). Consumer behaviour towards organic, natural and conventional skin care products: A pilot study. *Advances in Environmental Sciences*, 5(3), 274-286.
- Duarte, C. M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A., and Krause-Jensen, D. (2017). Can seaweed farming play a role in climate change mitigation and adaptation? *Front. Mar. Sci.* 4:100. doi: 10.3389/fmars.2017.00100
- European Commission (2020a). "Commission regulation (EC) No COM(2020)98, For a cleaner and more competitive Europe. European Commission (EC): Brussels, Belgium, 28.
- European Commission (2020b). Commission regulation (EC) No COM (2020) 640 "The European Green Deal(ed.) European Union. (Official Journal of the European Union).
- European Commission (2020c). Commission regulation (EC) No COM(2020) 381. "A Farm to Fork Strategy for a Fair, Healthy and Environmentally-Friendly Food System". (Official Journal of the European Union).
- Estagar, 2024. Webpage: <https://estagar.ee/>. Last accessed: 09.01.2024
- Fan, X., Wei, H., Yuan, Y., and Zhao, L. (2009). Vertical structure of tidal current in a typically coastal raft-culture area. *Cont. Shelf Res.* 29, 2345–2357. doi: 10.1016/j.csr.2009.10.007
- FAO (2018). "The global status of seaweed production, trade and utilization.", in: *Globefish Research Programme*. (Rome).
- FAO (2020). "The State of World Fisheries and Aquaculture 2020", in: *Sustainability in action*. (Rome).
- Filipkowska, A., L. Lubecki, M. Szymczak-Żyła, M. Łotocka and G. Kowalewska. 2009. Factors affecting the occurrence of algae on the Sopot beach (Baltic Sea). *Oceanologia* 51: 233–262.10.5697/oc.51-2.233
- Gao, K., & McKinley, K. R. (1994). Use of macroalgae for marine biomass production and CO₂ remediation: a review. *Journal of Applied Phycology*, 6, 45–60.
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Bjørndal, T., Kumar, G., Lorenzen, K., ... & Tveterås, R. (2020). A global blue revolution: aquaculture growth across regions, species, and countries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 107-116.

- Giakoumi, S., Katsanevakis, S., Albano, P. G., Azzurro, E., Cardoso, A. C., Cebrian, E., ... & Sghaier, Y. R. (2019). Management priorities for marine invasive species. *Science of the total environment*, 688, 976–98
- Harrysson, H. (2019). Food ingredients from cultivated seaweeds—Improving storage stability and protein recovery. Chalmers Tekniska Hogskola (Sweden).
- Hasselstrom, L., Visch, W., Grondahl, F., Nylund, G.M., and Pavia, H. (2018). The impact of seaweed cultivation on ecosystem services - a case study from the west coast of Sweden. *Marine Pollution Bulletin* 133, 53–64. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.05.005.
- Helcom, 2018. State of the Baltic Sea—Second HELCOM holistic assessment 2011–2016 *Baltic Sea Environment Proceedings*, 155, Helcom, Helsinki, Finland (2018), pp. 1-155
- Hewitt, C. L., Campbell, M. L., & Schaffelke, B. (2007). Introductions of seaweeds: accidental transfer pathways and mechanisms.
- Hulatt, C. J., Thomas, D. N., Bowers, D. G., Norman, L., and Zhang, C. (2009). Exudation and decomposition of Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) from some temperate macroalgae. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 84, 147–153. doi: 10.1016/j.ecss.2009.06.014
- Hughes, A. D., Black, K. D., Campbell, I., Davidson, K., Kelly, M. S., and Stanley, M. S. (2012a). Does seaweed offer a solution for bioenergy with biological carbon capture and storage? *Greenhouse Gases Sci. Technol.* 2, 402–407. doi: 10.1002/ghg
- Hurd, C. L., Law, C. S., Bach, L. T., Britton, D., Hovenden, M., Paine, E. R., ... & Boyd, P. W. (2022). Forensic carbon accounting: assessing the role of seaweeds for carbon sequestration. *Journal of Phycology*, 58(3), 347–363.
- Jackson, G. A., and Winant, C. D. (1983). Effect of a kelp forest on coastal currents. *Cont. Shelf Res.* 2, 75–80. doi: 10.1016/0278-4343(83)90023-7
- Johannesson, K., & Andre, C. (2006). INVITED REVIEW: Life on the margin: genetic isolation and diversity loss in a peripheral marine ecosystem, the Baltic Sea. *Molecular Ecology*, 15(8), 2013-2029
- Johannesson, K., Johansson, D., Larsson, K. H., Huenchunir, C. J., Perus, J., Forslund, H., ... & Pereyra, R. T. (2011a). Frequent clonality in fucoids (*Fucus radicans* and *Fucus vesiculosus*; Fucales, Phaeophyceae) in the Baltic Sea 1. *Journal of Phycology*, 47(5), 990–998.
- Johannesson, K., Smolarz, K., Grahn, M., & André, C. (2011b). The future of Baltic Sea populations: local extinction or evolutionary rescue?. *Ambio*, 40, 179–190.
- Kersen, P., T. Paalme, L. Pajusalu and G. Martin. 2017. Biotechnological applications of the red alga *Furcellaria lumbricalis* and its cultivation potential in the Baltic Sea. *Bot. Mar.* 60: 207–218.
- Kersen, P. 2013. Red seaweeds *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus*: community structure, dynamics and growth in the northern Baltic Sea. PhD thesis, Tallinn University, Tallinn. pp. 127.

- Kirkman, H., & Kendrick, G. A. (1997). Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrasses in Australia: a review. *Journal of Applied Phycology*, 9, 311-326.
- Kotta, J., Raudsepp, U., Szava-Kovats, R., Aps, R., Armoskaite, A., Barda, I., ... & Barboza, F. R. (2022). Assessing the potential for sea-based macroalgae cultivation and its application for nutrient removal in the Baltic Sea. *Science of the Total Environment*, 839, 156230.
- Kovtun, A., K. Torn and J. Kotta. 2009. Long-term changes in a northern Baltic macrophyte community. *Estonian J. Ecol.* 58: 270–285.
- Krek, A., Danchenkov, A., Ulyanova, M., & Ryabchuk, D. (2019). Heavy metals contamination of the sediments of the south-eastern Baltic Sea: the impact of economic development. *Baltica*, 32(1).
- Leppäkoski, E., Gollasch, S., Gruszka, P., Ojaveer, H., Olenin, S., & Panov, V. (2002). The Baltic a sea of invaders. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(7), 1175-1188.
- Li, X., Zhang, Z., Qu, S., Liang, G., Sun, J., Zhao, N., et al. (2016). Improving seedless kelp (*Saccharina japonica*) during its domestication by hybridizing gametophytes and seedling-raising from sporophytes. *Sci. Rep.* 6:21255. doi: 10.1038/srep21255
- Lund, S. and J. Christensen. 1969. On the collection of *Furcellaria* in Denmark during the years. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 6: 699–701.
- Lüning, K. (2023). Long-term unialgal seaweed cultivation in artificial seawater without water change. I. Laboratory investigations of *Ulva*. *Botanica Marina*, 66(6), 559-565.
- Macfadyen, G., Huntington, T., & Cappell, R. (2009). Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear (No. 523).
- Malm, T., S. Raberg, S. Fell and P. Carlsson. 2004. Effects of beach cast cleaning on beach quality, microbial food web, and littoral macrofaunal biodiversity. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 60: 339–347.10.1016/j.ecss.2004.01.008
- Martin, G., T. Paalme and H. Kukk. 1996. Long-term dynamics of the commercially usable *Furcellaria lumbricalis*-*Coccotylus truncatus* community in Kassari Bay, West Estonian Archipelago, the Baltic Sea. In: *Proceedings of Polish-Swedish symposium on Baltic Coastal fisheries, resources and management*. Sea Fisheries Institute, Gdynia (Poland). pp. 121-129.
- Martin, G., Kotta, J., Möller, T., & Herkül, K. (2013). Spatial distribution of marine benthic habitats in the Estonian coastal sea, northeastern Baltic Sea. *Estonian Journal of Ecology*, 62(3).
- Møller Nielsen, M., C. Paulino, J. Neiva, D. Krause-Jensen, A. Bruhn and E.A. Serrão. 2016. Genetic diversity of *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) along a salinity gradient in the North Sea–Baltic Sea transition zone. *J. Phycol.* 52: 523–531.

Njakou Djomo, S., Knudsen, M. T., Martinsen, L., Andersen, M. S., Ambye-Jensen, M., Møller, H. B., & Hermansen, J. E. (2020). Green proteins: An energy-efficient solution for increased self-sufficiency in protein in Europe. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 14(3), 605–619.

Nielsen, M. M., & Schmedes, P. S. (2019). *Palmaria palmata* (Dulse) cultivation in Denmark—new strategies for hatchery optimization. In 23rd International Seaweed Symposium.

Olenina, I., Wasmund, N., Hajdu, S., Jurgensone, I., Gromisz, S., Kownacka, J., ... & Olenin, S. (2010). Assessing impacts of invasive phytoplankton: the Baltic Sea case. *Marine Pollution Bulletin*, 60(10), 1691-1700.

Paalme, T. 2017. Estimations on the commercial red algal stock in Kassari Bay. Project report LLTMI17261, University of Tartu, Estonia. (in Estonian).

Paalme, T., G. Martin, J. Kotta, H. Kukk and K. Kaljurand. 2004. Distribution and dynamics of drifting macroalgal mats in Estonian coastal waters during 1995–2003. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol.* 53: 260–268.

Pedersen, M. and P. Snoeijjs. 2001. Patterns of macroalgal diversity, community composition and long-term changes along the Swedish west coast. *Hydrobiologia* 459: 83–102.

Population Reference Bureau, P. (2020). World Population Data Sheet: <https://www.prb.org/collections/data-sheets/> (last accessed 10/04/2024).

Reusch, T. B. H., Dierking, J., Andersson, H. C., Bonsdorff, E., Carstensen, J., Casini, M., ... & Zandersen, M. (2018). The Baltic Sea as a time machine for the future coastal ocean, *Sci. Adv.*, 4, eaar8195.

Risén, E. 2014. Sustainability aspects of bioenergy and nutrient recovery from marine biomass – Baltic Sea case studies. PhD thesis, KTH – Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. pp. 57.

Rönnbäck, P., N. Kautsky, L. Pihl, M. Troell, T. Soerqvist and H. Wennhage. 2007. Ecosystem goods and services from Swedish coastal habitats: identification, valuation, and implications of ecosystem shifts. *Ambio* 36: 534–544.

Ronnberg, C. and E. Bonsdorff. 2004. Baltic Sea eutrophication: area-specific ecological consequences. *Hydrobiologia* 514: 227–241.

Rudovica, V., Rotter, A., Gaudêncio, S. P., Novoveská, L., Akgül, F., Akslen-Hoel, L. K., ... & Burlakovs, J. (2021). Valorization of marine waste: use of industrial by-products and beach wrack towards the production of high added-value products. *Frontiers in Marine Science*, 8, 723333.

Russell, G. 1988. The seaweed flora of a young semi-enclosed sea: the Baltic. Salinity as a possible agent of flora divergence. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 42: 243–250.

Schmedes, P. S., & Nielsen, M. M. (2020). Productivity and growth rate in *Palmaria palmata* affected by salinity, irradiance, and nutrient availability—the use of nutrient pulses and interventional cultivation. *Journal of Applied Phycology*, 32(6), 4099–4111.

- Schories, D., C. Pehlke and U Selig. 2009a. Depth distributions of *Fucus vesiculosus* L. and *Zostera marina* L. as classification parameters for implementing the European Water Framework Directive on the German Baltic coast. *Ecol. Indicators* 9: 670–680.10.1016/j.ecolind.2008.08.010
- Schories, D., U. Selig and H. Schubert. 2009b. Species and synonym list of the German marine macroalgae based on historical and recent records. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 21: 7–135.
- Schramm, W. 1998. Seaweed resources of the Baltic Sea and the German coasts of the North Sea. In: (A.T. Critchley and H. Ohno, eds) *Seaweed resources of the World*. Japan International Collaboration Agency. pp. 226–232.
- Shi, J., Wei, H., Zhao, L., Yuan, Y., Fang, J., and Zhang, J. (2011). A physical–biological coupled aquaculture model for a suspended aquaculture area of China. *Aquaculture* 318, 412–424. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.05.048
- Steinhagen, S., Hoffmann, S., Pavia, H., & Toth, G. B. (2023). Molecular identification of the ubiquitous green algae *Ulva* reveals high biodiversity, crypticity, and invasive species in the Atlantic–Baltic Sea region. *Algal Research*, 103132.
- Steinhagen, S., Enge, S., Cervin, G., Larsson, K., Edlund, U., Schmidt, A.E.M., et al. (2022a). Harvest Time Can Affect the Optimal Yield and Quality of Sea Lettuce (*Ulva fenestrata*) in a Sustainable Sea-Based Cultivation. *Frontiers in Marine Science* 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.816890>.
- Steinhagen, S., Larsson, K., Olsson, J., Albers, E., Undeland, I., Pavia, H., & Toth, G. B. (2022b). Closed life-cycle aquaculture of sea lettuce (*Ulva fenestrata*): performance and biochemical profile differ in early developmental stages. *Frontiers in Marine Science*, 9, 942679.
- Steinhagen, S., Enge, S., Larsson, K., Olsson, J., Nylund, G.M., Albers, E., et al. (2021). Sustainable Large-Scale Aquaculture of the Northern Hemisphere Sea Lettuce, *Ulva fenestrata*, in an Off-Shore Seafarm. *Journal of Marine Science and Engineering* 9(6), 615. doi: <https://doi.org/10.3390/jmse9060615>.
- Steinhagen, S., Karez, R., & Weinberger, F. (2019a). Cryptic, alien and lost species: molecular diversity of *Ulva sensu lato* along the German coasts of the North and Baltic Seas. *European Journal of Phycology*, 54(3), 466–483.
- Steinhagen, S., Weinberger, F., & Karez, R. (2019d). Molecular analysis of *Ulva compressa* (Chlorophyta, Ulvales) reveals its morphological plasticity, distribution and potential invasiveness on German North Sea and Baltic Sea coasts. *European Journal of Phycology*, 54(1), 102–114.
- Steinhagen, S., Karez, R., & Weinberger, F. (2019c). Surveying seaweeds from the Ulvales and Fucales in the world's most frequently used artificial waterway, the Kiel Canal. *Botanica marina*, 62(1), 51–61.

Stévant, P., Marfaing, H., Duinker, A., Fleurence, J., Rustad, T., Sandbakken, I., et al. (2018). Biomass soaking treatments to reduce potentially undesirable compounds in the edible seaweeds sugar kelp (*Saccharina latissima*) and winged kelp (*Alaria esculenta*) and health risk estimation for human consumption. *Journal of Applied Phycology* 30(3), 2047-2060. doi: 10.1007/s10811-017-1343-8.

Toth, G.B., Harrysson, H., Wahlstrom, N., Olsson, J., Oerbekke, A., Steinhagen, S., et al. (2020). Effects of irradiance, temperature, nutrients, and pCO₂ on the growth and biochemical composition of cultivated *Ulva fenestrata*. *Journal of Applied Phycology*, 3243-3254. doi: 10.1007/s10811-020-02155-8.

Trigo, J.P., Engström, N., Steinhagen, S., Juul, L., Harrysson, H., Toth, G.B., et al. (2021). In vitro digestibility and Caco-2 cell bioavailability of sea lettuce (*Ulva fenestrata*) proteins extracted using pH-shift processing. *Food Chemistry* 356, 129683. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129683.

Troell, M., Henriksson, P. J., Buschmann, A. H., Chopin, T., & Quahe, S. (2023). Farming the ocean-seaweeds as a quick fix for the climate?. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 31(3), 285-295.

Tuvikene, R., Truus, K., Vaher, M., Kailas, T., Martin, G., & Kersen, P. (2006, March). Extraction and quantification of hybrid carrageenans from the biomass of the red algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus*. In *Proceedings-Estonian Academy of Sciences Chemistry* (Vol. 55, No. 1, p. 40). Truekitud Ou.

Vahteri, P., Mäkinen, A., Salovius, S., & Vuorinen, I. (2000). Are drifting algal mats conquering the bottom of the Archipelago Sea, SW Finland?. *AMBIO: a Journal of the Human Environment*, 29(6), 338-343.

Van der Loos, L., De Wilde, C., Willems, A., De Clerck, O., Steinhagen, S. (2024). The cultivated sea lettuce (*Ulva*) microbiome: successional and seasonal dynamics. *Aquaculture*.

Valero, M., Guillemin, M.-L., Destombe, C., Jacquemin, B., Gachon, C. M. M., Badis, Y., et al. (2017). Perspectives on domestication research for sustainable seaweed aquaculture. *Perspect. Phycol.* 4, 33-46. doi: 10.1127/pip/2017/0066

Visch, W., Nylund, G. M., & Pavia, H. (2020). Growth and biofouling in kelp aquaculture (*Saccharina latissima*): the effect of location and wave exposure. *Journal of Applied Phycology*, 32, 3199-3209.

Volta Greentech, 2024. Webpage: <https://www.voltagreentech.com/> (last accessed, 11.04.2024).

Wada, S., Aoki, M. N., Mikami, A., Komatsu, T., Tsuchiya, Y., Sato, T., et al. (2008). Bioavailability of macroalgal dissolved organic matter in seawater. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 370, 33-44. doi: 10.3354/meps07645

- Weinberger, F., M. Hammann, M. Griem and D. Siedentopp. 2013. Ostsee-Makroalgenblüten. Forschungsbericht zur Einschätzung der möglichen künftigen Ausbildung von Makroalgenblüten an der deutschen Ostseeküste. Project report, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel. pp. 143 (in German)
- Weinberger, F., Buchholz, B., Karez, R., & Wahl, M. (2008). The invasive red alga *Gracilaria vermiculophylla* in the Baltic Sea: adaptation to brackish water may compensate for light limitation. *Aquatic Biology*, 3(3), 251-264.
- Weinberger, F., Paalme, T., & Wikström, S. A. (2020). Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts. *Botanica marina*, 63(1), 61-72.
- Wilson, S., Blake, C., Berges, J. A., and Maggs, C. A. (2004). Environmental tolerances of free-living coralline algae (maerl): implications for European marine conservation. *Biol. Conserv.* 120, 279–289. doi: 10.1016/j.biocon.2004.03.001
- World Commission on Environment and Development (1987). World commission on environment and development reportt. *Our common future*, 17(1), 1-91.
- Xing, Q., Hu, C., Tang, D., Tian, L., Tang, S., Wang, X. H., ... & Gao, X. (2015). World's largest macroalgal blooms altered phytoplankton biomass in summer in the Yellow Sea: satellite observations. *Remote Sensing*, 7(9), 12297-12313.
- Yang, Y., Boncoeur, J., Liu, S., & Nyvall-Collen, P. (2018). Economic assessment and environmental management of green tides in the Chinese Yellow Sea. *Ocean & Coastal Management*, 161, 20-30.
- Yohannes, M. T. (2015). Bioenergy production from beach-cast macro algae: The West Coast of Sweden.
- Znad, H., Awual, M. R., & Martini, S. (2022). The utilization of algae and seaweed biomass for bioremediation of heavy metal-contaminated wastewater. *Molecules*, 27(4), 1275.
- Zhang, J., Fang, J., Wang, W., Du, M., Gao, Y., and Zhang, M. (2011). Growth and loss of mariculture kelp *Saccharina japonica* in Sungo Bay, China. *J. Appl. Phycol.* 24, 1209–1216. doi: 10.1007/s10811-011-9762-4.



Jordbruksverket

551 82 Jönköping

Tfn 0771-223 223 (vx)

E-post: jordbruksverket@jordbruksverket.se

www.jordbruksverket.se

ISSN 1102-3007