

Sammenfatning af Analyse af cirkulære potentialer i den blå bioøkonomi

- Med fokus på områderne Skive Fjord, Lovns Bredning, Hjarbæk Fjord og Risgårde Bredning



Udarbejdet af **Blue Research** for **Energibyen Skive Kommune**

Projektet er finansieret af Interreg Øresund-Kattegat-Skagerrak projektet CISKA. Projektet skal udvikle cirkulære industrielle symbioseparker i Skandinavien, som navnet også er en forkortelse af. For projektet drejer det sig nærmere betegnet om GreenLab Skive og Esva Miljøpark i Nes Kommune i Norge. **Et af CISKA projektets overordnede mål er desuden at udvikle nye cirkulære forretningsmodeller og denne rapport er med til at danne grundlag for en sådan udvikling.**

Rapport godkendt af Skive Kommune den 30. Juni 2022

Rapporten er udarbejdet af

Per Dolmer

Blue Research ApS
Tværvej 57
DK-2830 Virum



CVR: 41900296
Tlf.: +45 21347781
Per.Dolmer@blueResearch.dk

Kort om forfatteren:

Per Dolmer har omfattende forsknings- og rådgivningserfaring i forhold til bæredygtig etablering og drift af opdræt af muslinger og tang, udvikling af nye havbrugsprojekter, udvikling af projekter om landbaseret fiskeopdræt, udarbejdelse af miljødokumentation i forhold til fiskeri og akvakultur, og udarbejdelse af udviklingsstrategier. PD's forskning og rådgivning har understøttet en udvikling af forvaltning og produktionsmetoder i fiskeri og akvakultur. PD har omfattende kendskab til kystnære økosystemer og har mere end 30 års erfaring med studier af skaldyrs bestandsdynamik, kortlægning af habitattyper, undersøgelser af effekter af muslingefiskeri og udvikling af blå bioøkonomi.

Per Dolmer har været ansat 19 år som forsker og seniorrådgiver hos DTU Aqua samt 8 år som seniorrådgiver hos Orbicon og WSP. PD etablerede i 2020 virksomheden Blue Research ApS, der rådgiver om udvikling af blå bioøkonomi.

RESUME MED UDGANGSPUNKT I SKIVE KOMMUNE

Denne rapport, *Analyse af cirkulære potentialer i den blå bioøkonomi*, omhandler potentialet for udvikling af blå bioøkonomi i med dyrkning eller optagning af blåmuslinger og makroalger samt udplantning af ålegræs. Denne form for bioøkonomi tager udgangspunkt i produktion af lavtrofiske arter og har som udgangspunkt en positiv effekt på flere relevante nationale og internationale politikker der omhandler en bæredygtig udvikling. Opdræt af blåmuslinger og makroalger defineres som en regenerativ produktion, dvs. dyrkningen genskaber nogle af de vigtige funktioner marine økosystemer har i forhold til at fremme biodiversitet, binding af næringsstoffer, binding af kulstof osv.

Adgang til sunde og nærende fødevarer er ligeledes kommet højt på dagsordenen, og muslinger og tang kan produceres uden anvendelse af dyr kunstgødning eller fodermidler, og kan ligeledes produceres med et lavt forbrug af energi. En vækst i fødevareproduktionen kan derfor med fordel planlægges som en produktion på havet.

Rapporten ser på potentialet for at udvikle en bæredygtig udvikling i Skive Fjord, Lovns Bredning, Hjarbæk Fjord og Risgårde Bredning der samlet set udgør 2 kystvandområder: Bjørnholms Bugt, Risgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning (157) og kystvandområdet Hjarbæk Fjord (158). De to vandområder har et vandopland, der dækker hovedparten af den centrale del af Jylland. For Skive Fjord, Risgårde, Lovns Bredning samt Bjørnsholm Bugt er der i vandområdeplanen for 2021-2027 er indsatsbehovet opgjort til 739,5 t N. For Hjarbæk Fjord er reduktionskravet sat til ialt 894,6 t N/år. Reduktionskravene er i vandområdeplanen ikke fuldt implementeret, og ifølge Landbrugsaftalen fra oktober 2021, skal der gennemføres en række yderligere analyser, før den fulde indsats implementeres efter 2024. Forligskredsen har således afsat midler til yderligere analyser af kompenserende marine virkemidler, herunder opdræt af muslinger, dyrkning af tang, og udplantning af ålegræs.



Kort der viser de forskellige områder, der indgår i rapporten.

Der er ikke udarbejdet analyser af landbrugets økonomiske tab og udgifter ved implementering af vandområdeplanerne. Der foreligger således ikke analyser af hverken pris for landbruget eller nedgang i produktion af fødevarer eller antallet af arbejdspladser. Ved implementeringen af marine virkemidler som dyrkning af muslinger og makroalger er der mulighed for både at skabe sunde fødevarer og skabe jobs, og dermed kompenserer for en mulig nedgang i fødevarerproduktionen og beskæftigelsen i landbruget, som følge af vandområdeplanerne.

Muslingeopdræt, tangdyrkning og transplantation af ålegræs er tre forskellige virkemidler, der alle er anvendelige i forhold til fjernelse- eller neutralisering af næringsstoffer i det marine miljø. Den samlede vurdering er at det er muligt at anvende alle tre virkemidler (muslinger, tang, ålegræs) i kystvandet Bjørnholms Bugt, Risgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning, hvorimod ingen af de tre virkemidlerne er anvendelige i Hjarbæk Fjord.

Nærværende rapport vil kunne bidrage til et vidensgrundlag, der er relevant i forhold til at have blik på kystvandområderne i forhold til at afprøve nye forvaltningsmetode, herunder at teste de supplerende marine virkemidler, som produktion af muslinger, tang og ålegræs, der kan give en hurtig forbedring af vandkvaliteten i fjorden, og som derfor kan være et vigtigt supplement til landbaserede virkemidler, hvor effekten generelt først vil indtræde fuldt ud fra 5-10 år efter iværksættelse og op til flere årtier, og således sandsynligvis ikke inden for den kommende vandplansperiode.

Dyrkning af blåmuslinger

Blåmuslinger kan både dyrkes og fiskes. Ved en dyrkning kan muslingerne dyrkes på langliner, på net eller som bundkultur. Blåmuslinger er meget effektive til at rense vand ved deres filtration. Muslingerne bidrager i forhold til Vandrammedirektivet både i forhold til at øge vandets klarhed, og til at binde næringsstoffer, der fjernes fra det marine miljø, når muslingerne høstes. Blåmuslingerne betragtes som en "ingeniør-art" idet den opretter habitater og dermed skaber levested for en række andre arter, og dermed fremmer en høj biodiversitet

Med Bekendtgørelse om opdræt af muslinger og østers i vandsøjlen er det ikke muligt at ansøge om nye områder til opdræt af muslinger og østers i vandsøjlen. Et tilsvarende stop for ansøgninger er indført for kulturbankedyrkning af muslinger. Mulighederne for at søge nye tilladelser blev besluttet pga uklarhed over hvilken effekt etableringen af muslingeopdræt har på økosystemet, herunder effekter af det enkelte muslingeopdræt og en kumuleret effekt af flere muslingeopdræt på Natura 2000 områder. I Skive Fjord er der tidligere søgt om 9 nye muslingeopdræt ud over de 9 muslingeopdræt der er i forvejen. I området er der endvidere 4 bundkulturer og et omplantningsområde. De 9 ansøgninger er under sagsbehandling, og undersøgelser viser, at 4 ud af de 9 ansøgninger ikke har negative effekter på Natura 2000 områder eller forekomst af ålegræs og stenrev. Der er således ikke naturmæssige forhold, der kan hindre, at der gives tilladelse til muslingeopdræt i disse fire områder. Denne vurdering understøttes af, at sedimentspredningen pga. de hydrografiske forhold i Skive Fjord er meget lokal omkring muslingeopdrættene i forhold til ved muslingeopdræt andre steder i Limfjorden.

I det Marine Virkemiddelkatalog fra 2020 angives det, at den maksimale produktion i et produktionsområde på 250x750 m på langliner er 1800 t ved en afhøstning i november. Dette svarer til en fjernelse af 0,7-1,4 t N/ha og 0,06-0,09 t P/ha. De tilsvarende værdier er for produktion på net en maksimal produktion på 4.000 t per anlæg og en fjernelse af 1,6-3,0 t N/ha og 0,10-0,17 t P/ha. Prisen for fjernelse af N med muslingeopdræt på net i Skive Fjord vil udgøre 48-64 DKK/kg N. Med etablering af 13 muslingeopdræt, kan der således produceres op til 52.000 t blåmuslinger. Med denne produktion vil der fjernes 731 t N. denne fjernelse svarer

til indsatsbehovet i udkastet til vandplanen for 2021-2027 for kystvandet Bjørnsholm Bugt, Risgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning.

Produktion af blåmuslinger bidrager til en øget biodiversitet på flere måder. Hvis vi ser på effekten i et vandområde, en fjord eller en vig, så fjerner muslingerne næringsstoffer og øger vandets klarhed. Begge disse effekter bidrager til at forbedre levevilkårene for havets planter, makroalger og ålegræs. De dyrkede muslinger, hvad enten det er flydende opdræt eller bundkulturer, danner levested for en række arter, der finder skjul eller føde mellem muslingerne. Biodiversiteten i en muslingeproduktion er selvfølgelig påvirket af, at muslingerne regelmæssigt afhøstes, hvorved biodiversiteten nulstilles. Under muslingeopdræt vil der være et nedfald af fækalier og organisk materiale fra muslingerne, og derfor vil man ofte opleve, at der umiddelbart under muslingeopdrættet er en meget lav biodiversitet, og en dominans af arter, der er tilpasset et liv på en bund der er stærkt påvirket af næringsstoffer fra muslingeopdrættet.

Når blåmuslinger vokser, sker der en skaldannelse, hvorved CO₂ bindes og mineraliseres til calciumkarbonat (CaCO₃). Mineralisering af kulstof til fast calciumkarbonat er den mest stabile form for lagring og i modsætning til f.eks. skov vil kulstoffet ikke blive frigivet igen, hvis skallerne opbevares hensigtsmæssigt eller nyttiggøres ved f.eks. indstøbning i beton.

En produktion af blåmuslinger kan anvendes til fødevarer eller til foderproduktion. Hvis muslingerne er af høj kvalitet, vil den bedste pris kunne opnås på et fødevaremarked, hvorimod muslinger der ikke kan sælges som fødevarer kan afsættes som foderprodukt, anvendes til bundkultur, eller udlægges til habitatrestaurering ved gendannelse af naturlige muslingebanker og som biofiltre, alt efter markedets betalingsvilje. Da de sidstnævnte anvendelsesmetoder har stigende efterspørgsel, er der usikkerhed for, om der inden for en kortere årrække vil blive etableret en kommerciel forarbejdning af muslinger til foder.

Muslinger har ligeledes anden anvendelse. De filtrerende muslinger kan anvendes til forbedring af badevandskvalitet, muslingeskallerne kan anvendes til byggeprojekter, klimaprojekter, vandbehandling, eller til udvinding af calcium. Blåmuslingernes fasthæftelse med byssus til sten og skaller i et vandigt miljø har igangsat udviklingen af lim, der kan hæftevåde flader. Muslinger, der anvendes til rensning af badevand -eller til vandbehandling vil ikke kunne anvendes til fødevarer eller foder.

Der er i 2021 lavet en vidensyntese om muslingeopdræt, og her fremhæves lokal modstand mod visuelle effekter fra muslingeopdræt, samt uklarhed om negative miljømæssige effekter af muslingeopdræt som at være væsentlige barrierer. De fire muslingeopdræt der er ansøgt i Skive fjord, og hvor der ikke vurderes at være negative effekter på naturforhold, er for produktionsformer, hvor muslingeopdrættet undersænkes, således at der ej heller vil være væsentlige visuelle effekter.

Teknologien til muslingeproduktion er veludviklet for en række danske områder. Der arbejdes med udvikling af undersænket muslingeopdræt, og denne teknologi vurderes at være moden inden for to år. Prædation fra edderfugl er et voksende problem, og der bør igangsættes en udvikling af løsninger med henblik på at afværge tab af muslingeproduktion.

Dyrkning af makroalger

Makroalger er de marine planter som også kaldes tang. Makroalger vokser ved vandoverfladen og ned til ca. 30 meters dybde i danske farvande, alt efter havvandets klarhed og dermed hvor langt ned sollyset kan trænge. En af de arter der hyppigst dyrkes i danske farvande, er sukkertang. Ved en dyrkning af sukkertang skal der etableres sporeliner, der kan udhænges i havet, hvor planterne vokser i vinterperioden, og tangen skal høstes i det sene forår, inden andre arter etablerer sig på planterne og forringer kvaliteten. Sporelinerne produceres i et klækkeri. En mulig metode er at indsamle planter, der manipuleres med lys, hvorved deres

kønsprodukter modnes og frigives. Sporerne opsamles på liner, der efter en vækstperiode på typisk 6-8 uger i klækkeriet kan udhænges i dyrkningssystemet i havet.

Makroalger kan ligeledes høstes og i forhold til Skive Fjord er det specielt relevant at se på høst af søsalat og blæretang.

Der er ifølge det Marine Virkemiddelkatalog lavet forsøg med dyrkning af sukkertang i Limfjorden, og der kan fjernes henholdsvis 29,3 kg N/ha. I forhold til fosfor fjernes der 3,91 kg P/ha, Prisen for at opsamle kvælstof med dyrkning af sukkertang udgøre fra 3.241 til 7.718 DKK/kg N

eDNA analyser viser at dyrkning af sukkertang har en lille positiv effekt på biodiversiteten. Det er ligeledes uklart i hvilket omfang dyrkning af makroalger har en klimaforbedrende effekt. Ved dyrkningen optages der CO₂, og dermed kan dyrkningen hæve pH, og dermed lokalt modvirke en klimabetinget forsurening. Ved dyrkning af makroalger formes der ikke en permanent biomasse, og der vil således ikke ske en vedvarende opsamling af CO₂.

Makroalger er i Skandinavien en ny fødevarer, men den har også en række andre anvendelsesmuligheder. Der udvikles på at udnytte makroalger til foder, til bioraffinering, og til isolering af særlige kemiske stoffer. Makroalger indeholder en række værdifulde stoffer herunder bioaktive stoffer, der har forskellige positive effekter på den menneskelige sundhed bla med anti-tumor effekter, antibakterielle effekter, reduktion i kolesterol, forhøjet blodtryk, anti-diabetes, antiviral effekt. Makroalger er ligeledes interessante som foderingrediens, og der er vist reduceret udledning af klimagassen metan hos køer, der fodres med makroalger.

Teknologien til dyrkning af sukkertang er moden både i forhold til processerne med produktion af sporeliner, klækkeriet og med produktion af biomasse i havet på liner. I forhold til at producere sukkertang til foder eller bioraffinering er der behov for en effektivisering af produktionen, således at flere processer automatiseres.

Der er i 2021 lavet en vidensyntese om opdræt af sukkertang, og her fremhæves bla muligheder for at få tilladelser til opdræt, mangel kvalificeret arbejdskraft, og sikker leverance af sporeliner som en barriere for branchen. Modstand mod udlægning af havområder til private producenter fremhæves ligeledes som en barriere.

Etablering af ålegræs

Ålegræs er en blomsterplante, der har tilpasset sig til livet i saltvand. Planten er afhængig af sollys, og er derfor følsom over for stor produktion af planteplankton eller begroning af hurtigvoksende alger. Pga. plantens følsomhed over for eutrofiering er ålegræs valgt som en indikator for vandkvaliteten i implementeringen af vandrammedirektivet. Der er i disse år stor fokus på at gendanne ålegræsenge i danske kystområder. Ålegræsbede er vigtige økosystemer, der tilbyder en række økosystemtjenester, der har stor betydning for både havet og menneskenes interaktion med havet.

Ålegræsbede binder og tilbageholder næringsstoffer (N, P) og binder ligeledes kulstof. Ålegræs er således effektivt til at binde en del af de næringsstoffer der kommer fra land, samt det kulstof der bidrager til klimaændringer. Ålegræs virker også som et filter, idet vandets hastighed sænkes ved passage gennem et ålegræsbed og derved sedimenteres partikler. Effekten har betydning i forhold til at give klarere vand og mindske kysterosion. Ålegræsbede har en høj biodiversitet idet de er levested for en lang række dyr og planter.

Gendannelse af ålegræsenge kan ske ved udplantning af indsamlede planter eller ved indsamling og udsåning af frø. Metoden med udplantning af indsamlede planter er bedst dokumenteret, men metoden er besværlig og krævende i forhold til højt tidsforbrug.

Ved udplantning af ålegræs sker der en permanent immobilisering af 146 kg N/år og 32 kg P/år per hektar. Prisen for etablering af en hektar ålegræsbed er angivet til 249.086 DKK. Hvis en investering skal afskrives inden for en vandplansperiode, dvs. frem til 2027, vil den årlige udgift til fjernelse af 146 kg N/ha være ca. 50.000 DKK., svarende til en pris på 342 DKK/kg N. Den tilsvarende pris for P er 1562 DKK/kg P.

Ålegræs er et vigtigt levested for en række organismer, herunder yngel for flere fiskearter.

Binding af kulstof, og dermed modvirkning af klimaeffekter af høj koncentration af klimagasser er en vigtig faktor i vurderingen af effekten af nedgangen af vores naturlige ålegræsenge, og af effekten af at gendanne ålegræsenge. Undersøgelser i danske og finske farvande af ålegræssets binding af kulstof viser årlige akkumuleringen af kulstof på mellem 7,7 til 102 t C/ha. undersøgelser i Horsens Fjord af gendannet ålegræseng viser, at der permanent immobiliseres 822 kg C/ha per år fordelt på 527 kg i rodnettet og 355 kg i sedimentet. Dette svarer til en immobilisering af ca. 3 t CO₂/ha per år.

Ålegræs anvendes dag til en række forskellige formål, herunder akustik-bats i byggeriet og til forskellige former for tekstiler.

Sammenligning af virkemidler

Der er stor forskel på pris for næringsstoffjernelse ved dyrkning af blåmuslinger og tang og fra udplantet ålegræs. Dyrkning af blåmuslinger er det billigste virkemiddel med en pris på 48-64 DKK/kg N, hvor fjernelse af kvælstof koster 3.241 til 7.718 DKK/kg N ved dyrkning af sukkertang, og 342 DKK/kg N ved etablering af ålegræsområder.

Hvis vi ser på produktionsmetodernes arealeffektivitet, ikke blot i forhold til fjernelse af kvælstof, men også i forhold til binding af CO₂, og produktion af fødevarer (protein, fedt, kulhydrat) så er muslingeopdræt 25-500 gange mere effektivt end dyrkning af sukkertang, og muslingerne er 4-25 gange mere effektive end udplantet ålegræs. Der skal således anvendes et betydeligt mindre areal ved anvendelse af dyrkning af muslinger til produktion af fødevarer eller til fjernelse af næringsstoffer.

Det er vigtigt at se på interaktionerne mellem de forskellige virkemidler. De tre marine virkemidler skal dog ikke ses som alternative løsninger, men som virkemidler, der kan supplere hinanden. Dyrkning af sukkertang kan således kobles til muslingeopdræt, og dermed opsamle den ammonium, der frigives fra muslingerne. Ligeledes kan muslingernes filtration give klarere vand for makroalgerne, og dermed sikre en hurtigere vækst af disse. Ligeledes kan udlægning af muslinger fremme gendannelse af ålegræsenge.