

Vejledning til naturgenopretning af stenrev



**Center for Marin
Naturgenopretning**

Kolofon

Titel: Vejledning til naturgenopretning af stenrev

Forfattere: Karsten Dahl¹, Peter A.U. Stæhr¹, Cordula Göke¹, Jon Christian Svendsen², Rune Christian Husted Steinfurth³ og Torben Bramming Jørgensen⁴

¹Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, sektion for marin biodiversitet og eksperimentel økologi, ²DTU Aqua, ³Biologisk Institut, Syddansk Universitet og ⁴Limfjordsrådet, Aalborg Kommune

Bedes citeret: Dahl, K., Stæhr P.A.U., Göke, C., Svendsen J.C., Steinfurth, R.C.H og Jørgensen T.B. (2024) Vejledning til naturgenopretning af stenrev. Videnskabelig rapport fra Nationalt Center for Marin Naturgenopretning. – 2024.

Udgivet: 2024

Faglig kvalitetskontrol: Jens Kjærulf Petersen (DTU aqua), Mogens Flint (SDU)

DCE kvalitetskontrol: Anja Skjoldborg Hansen, DCE, AU

Ekstern kommentering: Miljøstyrelsen og Kystdirektoratet

Finansieret af: Miljøministeriet & Velux Fonden

Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på <https://marinnatur.dk/forskning-og-publikationer/>

ISBN:

Forsidefoto: Udlægning af brudsten fra Norge ved etablering af stenrevet ud for Livø i Limfjorden. Foto: Torben Bramming Jørgensen.

Udgivet af:



Sammenfatning: Denne rapport præciserer, hvad naturgenopretning af stenrev omfatter, og beskriver den anbefalede proces til udpegning og gennemførelse af genopretningsprojekter. Rapporten giver også en oversigt over relevante regler, tilladelser og myndigheder i forhold til genopretning af stenrev i danske kystnære farvande. Der gives også anbefalinger omkring overvågning af revenes udvikling samt eksempler på design af stenrev og omkostninger forbundet med naturgenopretning af stenrev.

Indhold

Forord	5
Sammenfatning.....	6
1. Indledning	7
2. Genopretning af stenrev	8
Definition på stenrev.....	8
Stenfiskeri	8
Definitioner på naturgenopretning af stenrev	9
Interesse og forpligtigelser for genopretning af stenrev	10
3. Faser i et genopretningsprojekt.....	11
Fase 1 Screening af egnede områder	11
Formulering af projektets mål.....	11
Afgrænsning af screeningsområde	13
Analyse af sedimenter, dybdeforhold og stenfiskeri	13
Indledende analyse baseret på viden om sedimenter, dybdeforhold og evt. stenfiskeri.....	17
Analyse af økologiske rammevilkår.....	18
Indledende konfliktanalyse.....	18
Samlet første vurdering (screening).....	19
Fase 2: Forundersøgelser	20
Geomorfologiske undersøgelser	20
Biologisk baseline undersøgelse.....	20
Kulturarvs undersøgelse	21
Fase 3: Detailprojektering.....	21
Materiale til konstruktion af stenrev	22
Design og detailplan	23
Fase 4 Myndighedsansøgning og -godkendelse	25
Fase 5: Etablering af revet	26
7. Økonomi	31
8. Anlægsfasen.....	32
Anskaffelse og udlægning af stenmateriale	32
Arbejdsområde – afmærkning og forbud	32
Tilsyn.....	32
Søopmåling og sejladsikkerhed ved projektets afslutning	32
9. Dokumentation/overvågning af et stenrevsprojekt.....	33
10. Forvaltning	34
11. Borgerinddragelse og vidensdeling	35
12. Gennemførte stenrevsprojekter	36
13. Referencer	37

14.	Bilag.....	40
	Bilag 1: Eksempel på afgrænsning af naturtypen "Rev"	40
	Bilag 2: Eksempel på design af et stenrev	41

Forord

Naturgenopretning af stenrev i danske farvande har fået stor opmærksomhed de senere år. Der er genoprettet enkelte rev, og der er mange genopretningsprojekter undervejs. For at fremme sandsynligheden for, at kommende projekter bliver en succes og understøtter ambitionerne om at genoprette stenrev i områder, hvor rev er påvirket af tidligere tiders råstofindvinding, er dette en grundig vejledning (best practice), som det anbefales at følge.

Rapporten har været til faglig høring hos Kystdirektoratet og Miljøstyrelsen. Kystdirektoratet har alene foretaget en faglig kontrol af oplysninger om direktoratets praksis.

Sammenfatning

Rapporten beskriver 6 faser, som bør indgå i en udpegning af områder egnet til naturgenopretning af stenrev. Indledende bør man gennemføre en screening (Fase 1), som omfatter: a) Afklaring af formål med valg af lokalitet; b) Afgrænsning af et indledende screeningsområde; c) Analyse af sedimenter, dybdeforhold og historisk stenfiskeri; d) Indledende konflikt analyse; e) Analyse af økologiske rammevilkår. Baseret på en samlet vurdering af disse 6 forhold, gennemføres en første udpegning af et overordnet projektområde. Den indledende screening bør understøttes af forundersøgelser af bundens bæreevne samt biologiske og kulturhistoriske forhold (Fase 2) ud fra hvilken en detailprojektering (Fase 3) udarbejdes med valg af udlægningsmateriale og indsendes til Myndigheds godkendelse (Fase 4). Når der er opnået tilladelse, skal revet etableres (Fase 5) og endelig skal der gennemføres en grundig dokumentation (Fase 6) af om udlægningsplanen er fulgt og det anbefales at dokumentere den biologiske udvikling på revet i fht. opstillede formål med genopretningen. Rapporten giver en opdateret oversigt over relevante regler, data, behov for tilladelser og myndigheder i forhold til naturgenopretning af stenrev i danske kystnære farvande. Der gives også anbefalinger omkring overvågning af revenes udvikling samt eksempler på design og omkostninger forbundet med naturgenopretning af stenrev.

1. Indledning

Denne rapport henvender sig til kommuner og interesseorganisationer som har interesse i at genoprette stenrev.

Rapporten præciserer, hvad naturgenopretning af stenrev omfatter, og beskriver den anbefalede proces til udpegning og gennemførelse af genopretningsprojekter. Anbefalingerne bygger på erfaringer fra en række genopretningsprojekter samt et indgående kendskab til forekomst af naturlige stenrev, som ikke har været udsat for stenfiskeri. Rapporten beskriver også, hvilke myndigheder som bliver involveret i ansøgningerne.

Vejledningen gennemgår de forskellige praktiske og forvaltningsmæssige overvejelser, man bør gøre sig ved naturgenopretning af stenrev i danske farvande. Sideløbende med vejledningen er der udarbejdet en rapport "Forhold af betydning for naturgenopretning af stenrev" (Stæhr et al 2024a), der mere detaljeret beskriver de biologiske forhold og miljøforhold, der bør medtages i betragtninger i forbindelse med et genopretningsprojekt.

Rapportens formål er at:

- Beskrive de forskellige faser i udpegning af områder som er egnet til naturgenopretning af stenrev.
- Give en oversigt over relevante regler, tilladelser og myndigheder i forhold til genopretning af stenrev i Danmark.
- Formidle viden om design, materialevalg og etablering af revene.
- Give anbefalinger omkring overvågning og dokumentation af revenes udvikling.
- Skabe en platform for vidensudveksling og vidensopbygning i takt med, at der indhentes yderligere erfaringer med genopretning af stenrev.

2. Genopretning af stenrev

Definition på stenrev

Miljøministeriet har i relation til udpegning og forvaltning af beskyttede områder under Habitatdirektivet udarbejdet en definition på naturtypen stenrev. Ifølge den definition skal der i et kerneområde være en samling sten med mindst 25 % dækning af havbunden. Er det tilfældet afgrænses revet udadtil, hvor stenenes dækning reduceres til 10 % (Al-Hamdani et al. 2019). Et stenrev er kendetegnet af stabile sten, der kan danne habitat for flerårige organismer der vokser på stenenes overflader. Størrelsen på sten der er stabile, afhænger af det fysiske miljø på lokaliteten. Erfaringsmæssigt vil størrelsen på stabile sten variere mellem 5 og 30 cm.

Stenrev kan opdeles i forskellige geomorfologiske typer. Nogle rev er velafgrænsede enten med skarpe overgange fra sten til sedimentbunde, mens andre har en mere glidende overgang, hvor stenene gradvist bliver sjældnere og typisk mindre. Endelig findes også revområder, hvor stenene er placeret i en mosaik struktur, hvor tættere stenforekomster afløses af bundtyper med finere sedimenter. Hvis der ikke er for langt mellem revstrukturene med 25 % dækning, kortlægges naturtypen rev som hele mosaikområdet inklusiv de sandede partier imellem. Et eksempel på kortlægning af denne type rev kan ses i appendiks 1. En uddybende beskrivelse af faktorer der har betydning for livet på stenrev, kan findes i Stæhr et al. (2024a).

Stenfiskeri

Sten på havbunden er historisk blevet udnyttet til etablering af kystnære anlæg som fæstningsanlæg, havne, diger, kystbeskyttelse og som erosionsbeskyttelse ved andre marine anlægsopgaver. Udnyttelsen af sten langs kyster og på det helt lave vand kan gå tilbage til stenalderens gravmonumenter, men stenalderens mulige påvirkning af dages stenrev er dog begrænset til den sydvestlige del af landet, hvor der ikke efterfølgende er foregået en landhævning.

Behovet for sten voksede markant med udbygningen af den danske kystinfrastruktur gennem 1900-tallet, hvor et meget stort antal havne blev anlagt langs de danske kyster og selv på mindre øer. Senere i 1900-tallet kom yderligere mange lystbådehavne til.

I sidste halvdel af 1900-tallet begyndte man desuden for alvor at indvinde sand og småsten (ral) fra havbunden. Denne form for indvinding foregår med sugning. Størrelsen på de sten der er og bliver fjernet med denne metode er begrænset af sugerørets diameter. I områder beskyttet for bølger og strøm kan ralbanker på havbunden under rolige strøm- og bølgeforhold have samme biologiske funktion som rev bestående af større sten.

Det egentlige stenfiskeri blev forbudt med ændring af råstofloven i 2009, men allerede fra 1999 var erhvervet stærkt reguleret med hensyn til et mindre antal udlagte råstofområder og en begrænsning til kun at udføre reparationsopgaver på eksisterende konstruktioner (Helmig et al. 2020). Opfiskning af sten fra skibe er primært foregået på vanddybder lavere end 10 meter, oftest mellem 4 til 7 meters dybde svarende til brændingszonen i mange områder (Helmig et al. 2020). Stenfiskeriet fandt først sted fra fiskerbåde på det helt lave vand, hvor man kunne se stenene og styre en tang ned fra skibsdækket og gribe om dem. Med det stigende behov for sten blev erhvervet mere specialiseret. Større både kom i anvendelse, mekaniseringen kom til og dykkere blev anvendt til at styre stentangen på havbunden, så man kunne nå sten, som ikke kunne ses eller tages fra overfladen. Brug af dykkere og datidens teknologi satte imidlertid også en begrænsning for, hvor udnyttelsen af sten fandt sted, hvor intensiv udnyttelsen var, hvilke stenstørrelser der blev udnyttet og af, at råstofindvindingen var begrænset til ca. 10 meters dybde.

Måden hvorpå stenfiskeriet blev udført, giver en god indsigt i, hvilke områder der potentielt er udnyttet, og hvordan bunden blev efterladt efter udnyttelsen. De sten som har haft erhvervets interesse, var større sten, som kunne skabe stabile konstruktioner langs kysterne. Man kan lokalt indhente viden om de eftertragtede stenstørrelser ved at kikke på de sten der er brugt til f.eks. havnemoler.

Når stenene skulle tages op, lå skibet for anker, og man kunne kun nå de sten, der lå lige under båden. Når de var taget, eller der ikke var nogle i den rette størrelse, firedes man af på ankeret og prøvede et nyt sted, hvor vind og strøm tog skibet hen. Når ankerlinen var brugt, sejlede man frem og startede på ny. Anvendte man en dykker, gik denne nede på havbunden og skubbede rundt på en meget stor stentang. Også her var der en meget begrænset bevægelighed. Arbejdet med at opfiske sten er fint beskrevet af tidligere stenfiskere. Beskrivelser af stenfiskeri kan findes i bilag B i (Helmig et al, 2020) og høres i et interview af en person som bla. arbejdede med at etablere Hundested Havn. Interviewet kan ses på følgende link: https://www.youtube.com/watch?v=cMQKFE_lwMk

Når man tænker på de udfordringer og begrænsninger, der har været ved det praktiske stenfiskeri, er det rimeligt at antage, at fiskeri efter sten ikke efterlader en lokalitet uden sten. Det er også budskabet i de interviews der findes i Helmig et al, 2020. De befiskede stenrev er derfor blevet forarmet med færre sten og især færre store sten og dets dybdemæssige udbredelse kan være reduceret, da sten på lavere vanddybder var lettest at tage.

Effekten af et forarmet stenrev kan være, at mange af de tilbageværende sten ikke længere ligger stabilt i det gældende fysiske miljø med bølger og strøm. Det vil betyde yderligere erosion af lokaliteten, som det fx var observeret ved Læsø Trindel (Dahl et al 2009). Færre sten vil desuden reducere det samlede stenareal og betyde færre levesteder for fasthæftede dyr og makroalger, hvorved tangskoven bliver tilsvarende forarmet. Ustabile substrater favoriserer opportunistiske algearter og bunddyr, hvilket ikke giver ophav til den samme mængde dyr og planter. Endelig vil en sænkning af revets top betyde en reduktion af tilgængeligt lys og mindske fysisk påvirkning.

Center for Naturgenopretning arbejder med historiske kort og samler oplysninger om stenfiskede lokaliteter for at forbedre viden om stenfiskerilokaliteter. Det bedste overblik i form af kort og data kan pt. findes på https://data.dtu.dk/articles/dataset/Stenrev_som_gyde_og_opv_kst-omr_de_for_fisk_Revfisk_/24117225/1.

Der foreligger i dag oplysninger om mange lokaliteter, hvor der er fisket sten, og i nogle tilfælde også mængder som enkelte skibe har bragt i land. Det forventes, at der løbende vil komme flere oplysninger til, med den interesse restaurering af stenrev har fået, og alle opfordres til at indsende nye oplysningerne til Center for Naturgenopretning. Der er således allerede i dag oplysninger om mange revlokaliteter, man kan gå i gang med at restaurere.

Definitioner på naturgenopretning af stenrev

Ved begrebet naturgenopretning af stenrev forstås restaurering af stenrev, som er dannet ved naturlige processer. Der foreligger desværre ikke historisk viden om, hvor store arealer de enkelte stenrev dækkede, og hvor store og tætte stenforekomsterne var, inden råstofindvindingen tog fart. I nogle tilfælde er det dog sandsynliggjort, at stenfiskeri over årene har sænket vanddybden på en lokalitet. Nøjagtigheden af de oplysninger om stenfiskeri, som er bevaret for eftertiden, er rettet mod et lokalitetsnavn og ikke et specifikt areal. Naturgenopretning af et stenrev skal derfor ses som en genopretning på en lokalitet med stenet havbund, hvor det er sandsynliggjort, at der har fundet stenfiskeri sted. Genopretningen vil tilføre flere sten og større sten til området og evt. genoprette revets historiske dybdespænd.

I det omfang, der kan fremskaffes dokumentation for stenfiskeri på en stenet havbund, vil der være tale om en egentlig restaurering. Den tilgang ligger fint på linje med en nylig EU-beslutning i relation til Havstrategi Direktivet taget i foråret 2023 ([Descriptors under the Marine Strategy Framework Directive \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/da/TXT/?uri=CELEX%3A32023%2F01%2F01%2F01)). Her besluttede man, at man højst vil tillade et tab af de enkelte naturtyper på 2 %, målt ud fra forholdene for årtier siden. Restaurering af rev vil ikke være i modstrid med denne beslutning snarere tværtimod. Etablering af rev på en lokalitet hvor der ikke har forekommet rev tidligere, vil derimod ikke være foreneligt med hensigten af kommissionens beslutning om at bevare oprindelige naturtyper.

Såfremt man ikke kan sandsynliggøre, at der har foregået stenfiskeri i et udpeget område, vil et projekt, som omhandler etablering af stenrev, ikke have karakter af naturgenopretning, men kan kategoriseres som fx ecosystem engineering, et naturvirkemiddel eller et formidlings-/oplevelsesrev (Anon 2023).

Interesse og forpligtigelser for genopretning af stenrev

Siden det første store europæiske marine naturgenopretningsprojekt ved Læsø Trindel, finansieret af Miljøministeriet og EU's Life program, har genopretning af stenrevshabitater i mange år været båret frem af lokale interesser finansieret af private fonde. I de senere år er der imidlertid blevet afsat statslige midler i "natur- og biodiversitetspakken" samt på finansloven til etablering af stenrev. Og senest har genopretning af havet, herunder stenrev, fået opmærksomhed i EU's naturgenopretningsforordning som definerer bindende mål for genopretning af tabt natur til lands og vands.



Dokumentation på udlagte sten ved Læsø Trindel (Blue reef projektet). Foto: Karsten Dahl

3. Faser i et genopretningsprojekt

Genopretning af et stenrev omfatter erfaringsmæssigt forskellige faser, hvor indsamling og tolkning af eksisterende viden, borgerinddragelse, myndighedsbehandling, anlæg og feltbaseret monitoring indgår. Tidsforløbet i et genopretningsprojekt (herefter blot benævnt projektet) og de enkelte elementer er nærmere beskrevet i de følgende afsnit.

Et projekt kan deles op i seks faser:

1. En overordnet udpegning af et potentielt egnet område eller områder (screening) baseret på gennemgang af eksisterende viden.
2. Forundersøgelser mhp. at afgrænse de eksakte områder til udlægning af sten. Dele af undersøgelsen kan med fordel udformes, så den udgør en monitoringsbaseline (punkt 6) til indledende vurdering af de biologiske effekter af projektet og senere sammenligning af de opnåede resultater.
3. Detailprojektering; omfattende design af stenrevets udformning, størrelse, udlægningstidspunkt og valg af sten.
4. Myndigheds ansøgning og godkendelse.
5. Etablering med udlægning af sten.
6. Opfølgende dokumentation af biologiske effekter/økosystemtjenester ved anvendelse af standardiserede monitoringsmetoder.

Under hver fase er der en række delelementer som angivet i tabel 1.

Desuden anbefales det, at der i samarbejde med relevante myndigheder sker en vurdering af, om der er behov for en ændret fremtidig forvaltning af den valgte lokalitet. En stor øget forekomst af f.eks. torsk på et restaureret rev kan føre til et større fiskeritryk og derved ende med en negativ effekt for en art, der i forvejen er meget presset i indre danske farvande. Derfor bør man overveje, om den fremtidige forvaltning af de restaurerede stenrev skal inkludere fiskeribeskyttelse.

Det anbefales at sikre borgerinddragelse gennem hele projektet for dels at sikre lokal opbakning samt for at indhente værdifuld lokal viden. Forløbet af udpegningsprocessen og efterfølgende undersøgelser samt detail planlægning og dokumentation fremgår af tabel 3 og følger de overordnede anbefalinger for naturgenopretningsprojekter beskrevet i Stæhr et al. (2024a).

De første tre faser kan erfaringsmæssigt tage op til et år eller mere, da de omfatter forundersøgelser forud for udlægning af sten. Gode forundersøgelser skaber til gengæld potentiale for succesfuld genskabelse af stenrevshabitater. De seks faser uddybes i den følgende tekst.

Fase 1 Screening af egnede områder

Screeningsdelen kvalificerer, på baggrund af eksisterende viden, udpegning af optimale områder for udlægning af sten så ressourcetunge naturgenopretningsfiaskoer undgås. Den følgende vejledning vil blive opdateret via de erfaringer, som løbende høstes.

Formulering af projektets mål

Det grundlæggende formål er selvfølgelig at lave en restaurering af rev for herved at genskabe den fysiske og biologiske struktur og funktion af et stenrev. Da man imidlertid ikke kan forvente, at kunne fremskaffe detaljeret viden om fortidens stentætheder, præcise oplysninger om stenfiskernes arbejdssteder og måske heller ikke om ændrede bundforhold, så er det nyttigt at formulere et mere specifikt formål med det konkrete projekt, så afgrænsning af screeningsområdet, den konkrete udlægningsplan og økonomi kan optimeres. Opstillede mål bør også have indflydelse på en evt. fremtidig forvaltning samt udarbejdelse af et overvågningsprogram.

Tabel 1. Overblik over det forventede forløb i udpegning (screening), og efterfølgende forundersøgelser, detailprojektering, myndighedsgodkendelse, etablering og afsluttende dokumentation af et stenrevsprojekt.

Faser	Aktiviteter	Relativt tidsforløb					
		1	2	3	4	5	6
1: Screening	Afklaring af formål						
	Afgrænsning af screeningsområde						
	Analyse af sedimenter, dybdeforhold og stenfiskeri						
	Indledende konfliktanalyse						
	Analyse af økologiske rammevilkår						
	Samlet første vurdering og afgrænsning af det overordnede projektområde						
2: Forundersøgelser	Undersøgelse af havbundens sammensætning (stendækning og evt. bæreevne) og dybdeforhold						
	Biologisk baseline undersøgelse						
	Kulturarvs undersøgelse						
3: Detailprojektering	Valg af udlægningsmateriale (søsten, marksten eller brudsten)						
	Udarbejdelse af georefereret detailplan omfattende overordnet projektområde, specifikke arealer med gennemsnitlig stentætheder efter udlægning og mængde estimat samt angivelser af ændrede dybdeforhold						
4: Myndighedsgodkendelse	Indsendelse af ansøgning til Kystdirektoratet						
5: Etablering	Indkøb, transport, udslibning og udlægning af sten						
	Etablering af afmærkning hvis der stilles krav om sådanne						
6: Dokumentation	Søopmåling og anden kontrol af udlægningen						
	Anvendelse af standardiserede monitoringsmetoder til at dokumentere revets udvikling						

Typiske specifikke formål for genetablering af stenrev omfatter:

- Genoprette et revs stabilitet og fysiske kompleksitet
- Genskabe bestemte habitattyper. Det kan være 1) tangskove i den fotiske zone (dvs. hvor der er lys ved havbunden), 2) fauna-dominerede rev på dybder med ingen eller kun lidt lys, eller 3) rev hvor både alger og flora findes.
- I Natura 2000 områder vil genopretning af rev understøtte opnåelse af gunstig bevaringsstatus for naturtypen rev, hvis denne indgår i områdets udpegningsgrundlag.
- Bevare eller restaurere artsrigdommen af tangplanter, bunddyr og fisk.
- Styrkelse af marine fødekæder herunder fisk og havpattedyr.
- Styrke blå korridorer for spredning af organismer mellem områder.
- Socioøkonomiske interesser. Fx at fremme dykker- eller lystfisketurisme eller erhvervsfiskeri ved at ophjælpe lokale fiskebestande.

Det kan være nødvendigt at justere formålet under planlægningsfasen som følge af de informationer og data, man indsamler om lokaliteten og de oprindelige stenrev.

Afgrænsning af screeningsområde

Afgrænsning af et screeningsområde kan betragtes som et første trin med hensyn til at prioritere indsamling af en række tilgængelige data, som kan understøtte udviklingen af et konkret projektforslag. Afgrænsningen af screeningsområdet kan være politisk begrundet eller drevet af lokale interesser for et område. Uanset hvad bør der foreligge en form for faglig dokumentation for behovet for en genopretning af et konkret stenrev. Som eksempler på to vidt forskellige interesseområder kan nævnes genopretning af rev i Øresundsregionen, som blev formuleret af Miljøministeriet som en del af folketingets natur- og biodiversitets pakke og Roskilde Inderbredning formuleret af National Park Skjoldungernes Land.

Analyse af sedimenter, dybdeforhold og stenfiskeri

Et restaureringsprojekt bør omfatte en indledende analyse, hvor man udpeger et potentielt restaureringsområde på baggrund af en gennemgang af tilgængelig viden om havbundens sedimentforhold, dybdeforhold og gamle søkort.

Der er tre forskellige korttyper, der beskriver havbundens sedimentsammensætning. Det ene kort er GEUS's havbundssedimentskort, der giver en overordnet beskrivelse af sedimentforholdene i den øverste ½-1 meters havbund. Dette kort dækker hele det danske havområde. Områder med stenrev eller stenede områder er ikke vist eksplicit, men indgår sammen med sand, grus og ler i en bred type, der rummer moræneaflejringer, som også kan benævnes diamict. Havbundssedimentkortet beror på modellering baseret på tilgængelige punktundersøgelser af sedimenter og forskellige akustiske undersøgelser. Datatætheden varierer betydeligt og i lavvandede kystnære områder er den ofte meget spredt. Denne usikkerhed skal tages med i analysen. Områder vist som moræneaflejringer i havbundssedimentskortet kan være et godt udgangspunkt for indsnævring af et projektområde, men der er og har ikke nødvendigvis været stenrev i området. Omvendt kan der godt være moræneaflejringer i et område, som ikke er kortlagt og som derfor er vist på kortet som sand eller mudder. GEUS's havbundssedimentkort kan tilgås online eller downloades (<https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=marta#baslay=baseMapDa&optlay=&layers=havbundssediment>).

Det andet kortgrundlag er et substrattypekort, som kun beskriver det øverste lag af havbunden (ca. ½-1 meter). Substrattypekortet giver en væsentlig mere detaljeret beskrivelse af substratsammensætningen lige i havbundens overflade. Denne korttype er udarbejdet for Natura 2000 områder, i mange råstofområder og i områder med gennemførte eller potentielle infrastruktur projekter som

vindmølleparker, broer og tunneller. Disse kort er baseret på akustiske undersøgelser og adskillige sediment prøver i udvalgte punkter og beskriver substrattyperne med en stor detaljeringsgrad (tabel 2). Substrattypekort bruges også som udgangspunkt til at beskrive (kortlægge) marine naturtyper som stenrev. Naturtypen stenrev består af substrattype 4 og i tilgift af substrattype 3, men kun hvis substrattype 3 forekommer sammen med substrattype 4.

Tabel 2. Substrattyper som anvendes i substrattypekortet. Substraterne repræsenterer det øverste lag af havbunden (fra overflade til ca. 1 m dybde). Substratkortet anvendes til at beskrive naturtyperne og til kortlægning af råstoffer (se figur 1) (Al-Hamdani et al, 2021.)

Substrattype	Definition
1a. Blødbund	Blødbund Homogen siltet sandbund eller dynd, hvor bunden ikke er dynamisk påvirket, og hvor sedimentet består af silt og siltet sand eller dynd.
1b. Sand	Homogen fast sandbund (sand er defineret som kornstørrelser fra 0,06–2,0 mm) præget af en vis form for dynamik med bølgeribber mm. Denne substrattype kan også have varierende indslag af skaller, grus og silt.
c. Mønstret sandet bund med ler	Områder bestående af ler eller større relikte lerblokke på en siltet til sandet havbund, hvor det høj-reflektive ler giver havbunden et mønstret udseende. Disse ler-mønstre kan have meget markante strømstriber.
2a. Sand, grus og småsten	Meget varierende substrattype, domineret af sand og groft sand med varierende mængder af grus og småsten. Substratet består af en blanding af sand, groft sand og grus med en kornstørrelse på ca. 0,06 - 20 mm og småsten med størrelser på ca. 2 til 10 cm.
2b. Sand, grus og småsten samt bestrøning (< 10 %) med sten >10 cm	Meget varierende substrattype, domineret af sand og groft sand med varierende mængder af grus og småsten samt spredte store sten. Substratet består af en blanding af sand, groft sand og grus med en kornstørrelse på ca. 0,06 - 20 mm og småsten med størrelser ca. 2 til 10 cm. Substrattypen kan også indeholde større sten >10 cm, dog kun op til 10 % dækning.
3. Sand, grus og småsten samt bestrøning (10 - 25 %) med sten >10 cm	Område bestående af blandede substrater med sand, grus og småsten og med bestrøning af større sten >10 cm. Substrattypen indeholder et større antal sten >10 cm, oftest som bestrøning med en dækning på 10 % - 25 %.
4. Sten > 10 cm dækkende >25 %	Område domineret af sten >10 cm, men også med varierende indslag af sand, grus og småsten. Stenene ligger enten spredt på havbunden eller som et tæt lag af sten med en dækning >25 %.

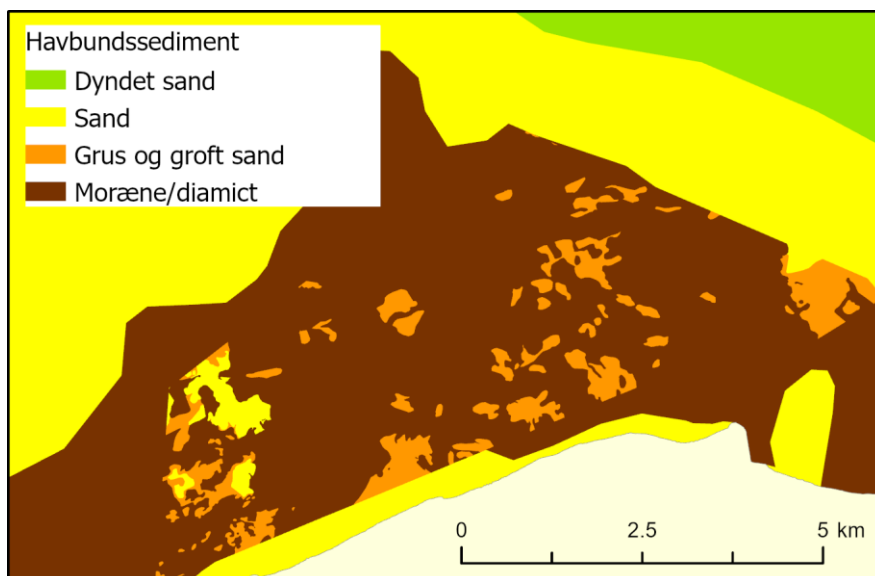
Eksempler på de tre korttyper er vist i figur 1 fra samme område ud for Gilleleje i Nordsjælland. I dette tilfælde er den detaljerede substrattypekortlægning indarbejdet i dele af havbundssedimentkortet. De ydre rammer af fx moræne/diamict klassen afspejler brug af interpolationer med brug af rette linjer.

På lavere vanddybde i kystnære områder kan man anvende georefererede flyfotos (også kaldt ortofotos) til at få en ide om hvorvidt et område er interessant for yderligere undersøgelser. Hvor dybt man kan se på billederne, afhænger af vandets klarhed på tidspunktet, hvor billedet blev taget. Sandede bunde træder tydeligt frem, mens det kan være mere vanskeligt at skelne ålegræs, blåmuslinger og sten fra hinanden. Det er almindeligt, at alle tre typer optræder sammen på en lokalitet. Ortofotos fra foråret kan hentes på dataforsyningen (<https://dataforsyningen.dk/data/981>).

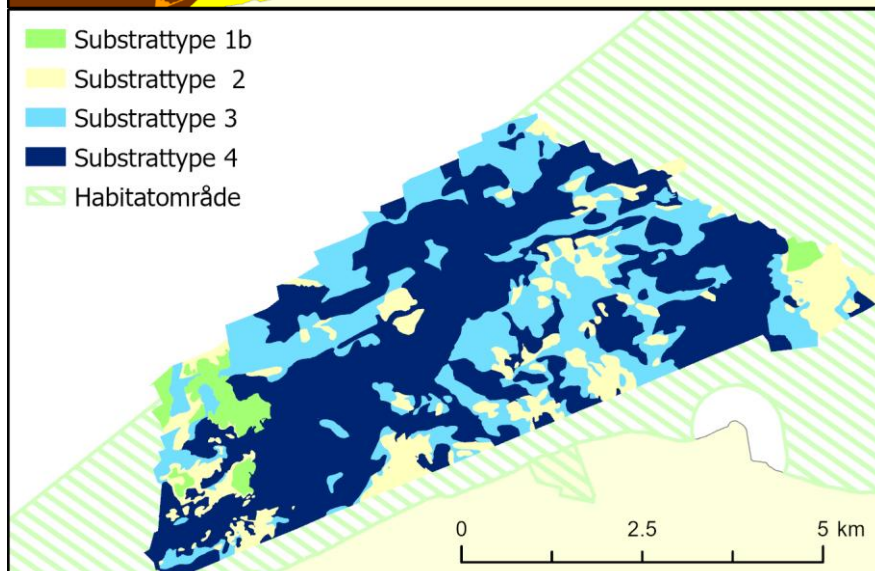
Sommer ortofotos eksisterer også, men de er ikke offentligt tilgængelige. Sommer ortofotos af de kystnære havarealer bliver jævnligt taget med høj dækning, senest i 2012 og 2018. Flyfoto's kan findes for de fleste kystafsnit med mindre præcision tilbage til 1940'erne (<https://maps.flyfotos.dk/>).

Kort over havbundens dybdeforhold kan desuden findes hos Geodatastyrelsen (Geodatastyrelsen, 2022). Kortlægningen langs sejlruiter er meget præcis og udført med multibeam. Grunde områder til fare for sejlads har også haft stor opmærksomhed for søopmålingen tilbage i tiden, men er her udført først med en snor og et lod og senere med ekkolod. I begge tilfælde er der tale om punktopmålinger langs sejllinjer. I lavvandede kystnære områder og områder uden kommerciel interesse er opmålingen ekstensiv og de viste dybdeforhold beror på interpolationer mellem målinger. Det betyder, at kortlægningen sjældent er meget præcis.

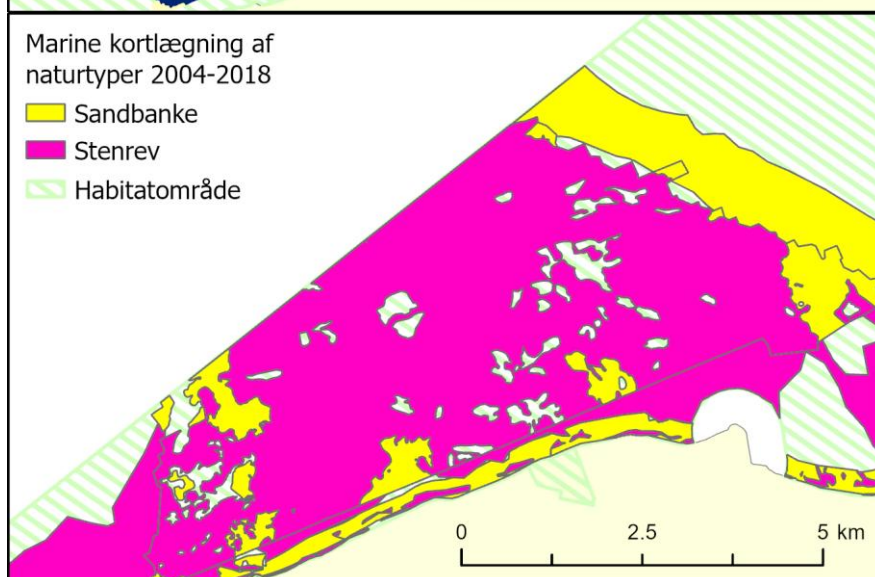
Havbundssedimentkort.
(Leth 2020)



Substrattypekort baseret
på sidescan sonar under-
søgelser. (GEUS pers.
kommunikation)



Naturtypekort baseret på
en tolkning af substrattype
kortet Natura 2000-planer
2022-27, [https://mst.dk/er-
hverv/tilskud-miljoeviden-
og-data/data-og-databa-
ser/miljoegis-data-om-na-
tur-og-miljoepaa-web-
kort/hent-data-udstillet-
paa-miljoegis](https://mst.dk/erhverv/tilskud-miljoeviden-og-data/data-og-databaser/miljoegis-data-om-natur-og-miljoepaa-web-kort/hent-data-udstillet-paa-miljoegis)



Figur 1. Tre typer kortlægning af havbunden i området nord for Gilleleje.

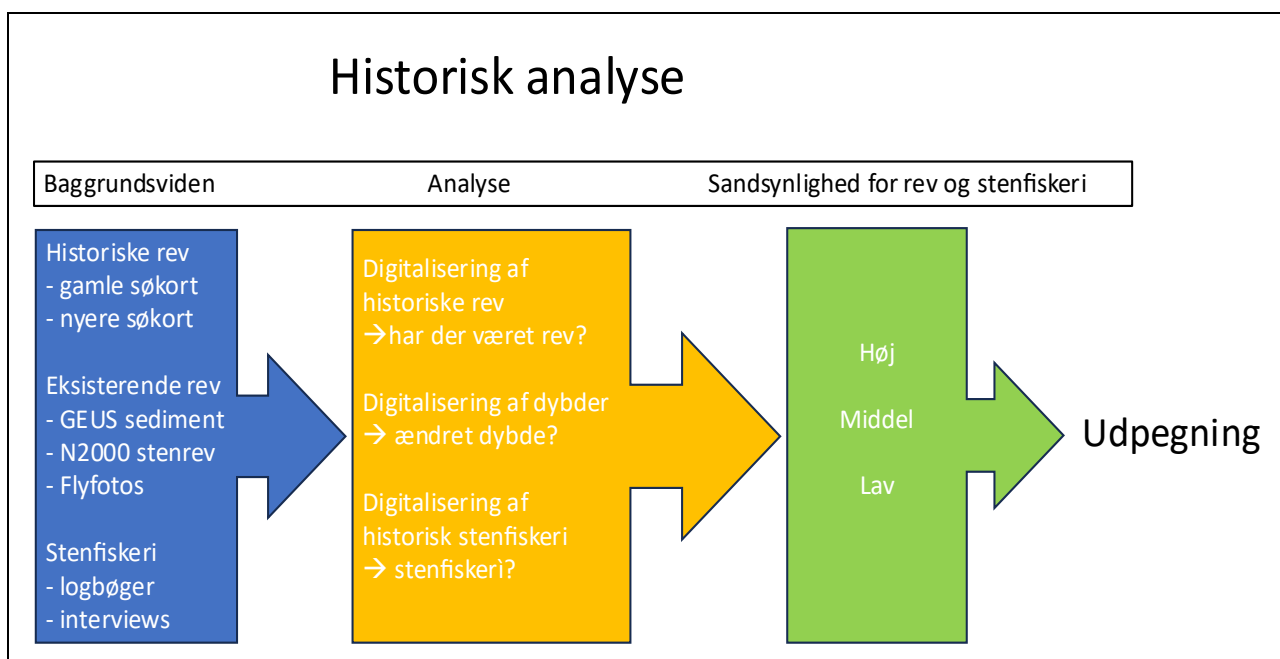
Indledende analyse baseret på viden om sedimenter, dybdeforhold og evt. stenfiskeri

En analyse af områder der er egnet til naturgenopretning af stenrev kan foretages på baggrund af eksisterende data som angivet i (Figur 2). Indledningsvis kan man udelukke områder hvor forekomst af sten og stenrev ikke er sandsynlige. Man kan fx udelukke områder som er kortlagt som rent sand eller mudderbund og helt udelukke områder betydelig dybere end 10 m hvor stenfiskeriet pga. metoderne, ikke har været muligt.

Kortlægning af substrattype 3 og 4 i evt. udarbejdede substrattypekort kombineret med viden om stenfiskeri og evt. ændrede dybdeforhold kan indikere, at området med en høj sikkerhed kan udpeges som et egnet naturgenopretningsområde.

Er der kun et havbundssedimentkort tilgængeligt med oplysninger om moræne/diamict kombineret med oplysninger om stenfiskeri i området, bør sikkerheden for vurderingen af lokalitetens egnethed til naturgenopretning sættes som middel med et klart behov for yderligere kortlægning for at afgrænse et egnet restaureringsområde.

Et eksempel på en vurdering med en lav sikkerhed er en kombination af et havbundssedimentkort med oplysninger om moræne/diamict, manglende oplysninger om stenfiskeri, men dog etablerede havne i nærheden etableret med såkaldte søsten opfisket i havet.



Figur 2. Baggrundsviden som inddrages i en analyse af ændringer i udbredelse af stenrev for at kunne levere historisk dokumentation for stenfiskeri i et lokalområde. Sikkerheden i dokumentationen bidrager til den samlede udpegning af områder egnet til genopretning af stenrev. I mange tilfælde kan det være vanskeligt at fremskaffe al den samlede baggrundsviden.

I tillæg til kort kan man inddrage viden fra logbøger for stenfiskeri (se Helmig et al. 2020), Stenfiskernes logbogsoplysninger er ret overordnede mht. hvor stenene er taget på en given lokalitet, men der kan være angivet mængder, som det pågældende fartøj har opfisket. Logbogsoplysningerne bør betragtes som en sikker indikation på, at der i et område er fisket sten og evt. en minimumsmængde. Lokale borgere kan desuden ligge inde med relevant viden om stenfiskeri. Dette

var f.eks. tilfældet ved udpegning af områder egnet til genopretning af stenrev i Roskilde fjord (Dahl et al. 2019). Ved analyser af historiske søkort er det muligt at identificere steder, hvor der gennem tiderne er observeret sten og stenforekomster. Eventuelle forskelle i lokale dybder i forhold til nutidige kort kan også bidrage med information, som sandsynliggør stenfiskeri, da der historisk har været særlig fokus på opmåling af stenrev der kunne være til fare for sejladsen. Det er også muligt at vurdere behovet for og derved sandsynligheden for, at der i lokalområdet har foregået stenfiskeri ved gennemsyn af afstande til potentielle stenfisker områder i forhold til anlagte havnemoler og kystbeskyttelses anlæg.

I Dahl & Göke (2021) kan ses et eksempel på en analyse af mulige rev genopretningsområder i Øresundsregionen. Analysen kombinerede aktuelle sediment- og bathymetri-kortlægninger med historiske søkort over havdybder med angivelser af navngivne revområder. Forskelle mellem de historiske og nuværende optegnelser blev anvendt til at afgrænse områder med sandsynlighed for stenfiskeri. Selvom tilgangen var ganske grundig, er afgrænsningen imidlertid usikker. Revene kan sagtens have været udbredt over et større område tilbage i tiden. Hovedformålet med søkortene var oprindeligt at kortlægge sejlads sikkerhed. Det var derfor kun de dele af revene, som havde en relevant dybde for skibstrafikken, som blev angivet på kortet med dybder.

Mere detaljerede oplysninger om havbundens kortlægning og forskellige former for punktundersøgelser af havbundens sedimenter kan findes i GEUS's Marta database:

<https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=marta#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=80081.01851851854,5989834.104938271,1034918.9814814815,6460165.895061729>

Analyse af økologiske rammevilkår

En lang række miljøforhold har betydning for udviklingen af livet på og ved udlagte sten, og dermed for hvilke økosystemtjenester og formål et nyt rev kan forventes at opfylde. Miljøforholdene omfatter:

- Lysforhold
- Salinitet
- Temperatur
- Iltforhold
- Fysisk eksponering
- Sedimentstabilitet / udbredelse af større stabile sten

Relevansen af, og minimumskravene for disse miljøforhold for egnetheden af et område til genetablering af stenrev, er beskrevet i Stæhr et al. (2024a). En første udpegning (screening) af områder egnet til stenrev, bør derfor omfatte en gennemgang af eksisterende miljødata. Hvis disse ikke er tilgængelige, bør man foretage indsamling af nye data for lokalområdet.

Betydningen af et nyt stenrev for sammenhængen (konnektiviteten) med den omkringliggende natur bør også overvejes, da genetablerede stenrev i langt højere grad vil kunne fungere som donorområder med potentiale for at fremme arters lokale- og regionale udbredelse.

Indledende konfliktanalyse

Genopretningsaktiviteter i kystzonen bør koordineres og afgrænses i forhold de mange øvrige krav til marin arealanvendelse. Der er fx områder udlagt til sejlrender, militære øvelsesområder, klapning, søkabler, rekreative aktiviteter (fx sejlads) eller allokeret til udvidelse af erhvervs- eller lystbådehavne. Uagtet at der er lagt en plan for en arealanvendelse, kan det ikke udelukkes at flere aktiviteter inkl. restaurering af rev kan forekomme alligevel. Danmarks Havplan (<https://hav->

plan.dk/da/om-havplanen/data-og-gis) giver et godt overblik over både de planlagte anvendelses-zoner og de brugte baggrundsdata, som bliver samlet i det marine Danmarkskort, men der foreligger ikke en portal, hvor alle relevante data er opdaterede, så andre relevante kilder kan bl.a. være kystatlasset (<https://kms.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8669133b3f4842b7a9a19fb24b08ffd5>) eller miljøgis (<https://mst.dk/erhverv/tilskud-miljoeviden-og-data/data-og-databaser/miljoegis-data-om-natur-og-miljoepaa-webkort>).

Særlige forhold kan være knyttet til et potentielt restaureringsområde lokaliseret i et Natura 2000 område. Det giver god mening at restaurere stenrev i Natura 2000 områder, men det kan også medføre meget mere administrativt arbejde fra ansøger, hvis stenrev ikke allerede indgår i udpegningsgrundlaget for det pågældende Natura 2000 område. Indgår rev ikke i det eksisterende udpegningsgrundlag, fordi opfiskning af sten har gjort, at der i dag ikke er områder med 25 % stendække, kan der være en konflikt med andre naturtyper (mest sandsynligt "sandbanker") eller arter, som ligger til grund for udpegningen. Et eksempel på denne problemstilling (paradoks) er beskrevet i et notat for et genopretningsprojekt for Roskilde Fjord i Dahl & Palner (2019).

Oplysninger om hvilke Natura 2000 områder der har stenrev som udpegningsgrundlag og deres beliggenhed, kan findes på Naturstyrelsens hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rig-natur/naturindsatser/natura-2000>. Disse rev har under generelle målsætninger for habitatet, at "Den samlede forekomst af naturtyper, i Natura 2000 området, uanset om de er kortlagt, skal være stabil eller i fremgang". Det gælder også, selv om indsatsprogrammet ikke holder specifikke mål for naturtypen rev.

Som udgangspunkt skal der udarbejdes en væsentlighedsvurdering for alle projekter der laves i eller i umiddelbar nærhed af Natura 2000 områder, uagtet at der er tale om naturgenopretning. Såfremt man ikke kan afvise en væsentlig negativ påvirkning på naturtyper og eller arter der ligger til grund for Natura 2000 udpegningen, skal "bygherre" udarbejde en konsekvensvurdering. Der skal desuden foretages en vurdering af projektets virkning på eventuelle bilag IV arter under habitat direktivet.

Ovenstående udredningsarbejde skal gennemføres, også selv om der kan argumenteres for, at en sådan situation alene skyldes manglende viden om behov for genopretning på udpegningsstidspunktet. Natura 2000 områdernes geografiske placering og deres udpegningsgrundlag i henhold til både habitat og fuglebeskyttelses direktiverne kan findes på Miljøstyrelsens hjemmeside: <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/>

Andre forhold der bør udredes i fase 1 er risikoen for, at et projektområde er sammenfaldende med forekomst af fortidsminder, også betegnet kulturarv eller kabler og rørforbindelser nedlagt på eller i havbunden. Slots- og Kulturstyrelsen vedligeholder en omfattende database om fund og fortidsminder og hjemmeside med information, (Slots- og Kulturstyrelsen, 2022) Det anbefales allerede i fase 1 at undersøge, om der potentielt er et problem og evt. om konflikten kan afgrænses til den del af området der har interesse. Danish Cable Protection Committee (<https://dkcpc.dk/>) samler data om kabler. Yderlige kabler og rørledninger kan være indtegnet i søkortet. Kulturarvs undersøgelser er yderligere beskrevet under fase 2.

Samlet første vurdering (screening)

De centrale elementer (historisk analyse, miljøanalyse, understøtning af natur og marin områdeforvaltning) og evt. screening for eksisterende fund af kulturarv bidrager til en overordnet første vurdering af områdets egnethed til naturgenopretning af stenrev. Samlet udgør disse elementer en screeningsproces, som skal understøttes af en efterfølgende grundig forundersøgelse, hvorefter den konkrete detailprojektering kan gennemføres. Man bør også have opmærksomhed på områder, hvor høje vandtemperaturer kan forekomme. Temperaturer op mod ca. 24 °C er skadelig for

en art som sukkertang og dødelig hvis temperaturen kommer endnu højere op. Tilsvarende kan varmt vand påvirke fiskearter, og der er sandsynligvis også effekter på andre faunaorganismer tilpasset kølige havområder.

Foruden miljøforhold, er der en række andre forhold, som omhandler den eksisterende maritime områdeforvaltning og andre interesser/aktiviteter, som kan være i konflikt med eller skabe synergi/have fordel af genetablering af stenrev i et område. Overlap mellem projektområde og områder med fx sejladsinteresse udelukker ikke nødvendigvis, at et område er egnet til restaurering af stenrev, men kan udløse krav om midlertidig eller permanent afmærkning. Myndighederne kan også stille krav om, at en given minimumsdybde opretholdes efter projektets gennemførelse.

Den samlede første udpegning (prioritering) af områders egnethed til genopretning af stenrev, gennemføres ved at kombinere informationer for de forskellige typer af miljøkrav og arealinteresser med tilgængelige data og kortmateriale. Områder hvor alle minimumskrav opfyldes bør prioriteres højest i den samlede første overordnede udpegning.

Fase 2: Forundersøgelser

Når screeningsprocessen har udpeget et muligt projektområde med høj prioritet, er næste skridt at gennemføre forundersøgelser. En forundersøgelse bør omfatte en geomorfologisk undersøgelse, en undersøgelse af biologiske habitater og en evt. undersøgelse af fortidsminder. Først når alle relevante forundersøgelser er gennemført, kan den endelige detaljerede udpegning finde sted og en egentlig detailplanlægning af naturgenopretningen begynde.

Geomorfologiske undersøgelser

Den geomorfologiske undersøgelse har til formål at godtgøre, at der er tale om en stenet lokalitet og i et vist omfang sandsynliggøre, at bunden kan bære, at der bliver lagt sten ud. En undersøgelse af eksisterende (resterende) stenforekomster kan med stor fordel udføres vha. sidescan sonar og/eller multibeam ekkolod. En kortlægning af eksisterende stenforhold i lavvandede områder kan også foretages ud fra flyfoto, satellitbilleder, vandkikkert, en undervands-robot (ROV) og ved dykning eller en kombination af metoderne. Geofysiske undersøgelser kræver som udgangspunkt en tilladelse, jævnfør Kystbeskyttelsesloven.

Havbundens bæreevne bør undersøges inden udlægningen af stenene foretages. Hvis der under havbundens overfladelag er moræne aflejringer af plastisk ler eller gytje-forekomster er der sandsynligvis problemer. Risikoen er selvfølgelig størst, hvis man lægger mange lag sten ud på en bund der er sænket pga. råstofindvinding og erosion. En detaljeret undersøgelse af bundens bæreevne kræver tolkning af kraftige ekkolod systemer og ekspertviden og det kan gøres sideløbende med en akustisk kortlægning af havbundens overflade. Mere lavpraktisk og usikkert er en vurdering foretaget på baggrund af anvendelse af metallspejls kombineret med tilstedeværelse af store sten på havbunden. Metallspejls kan dog kun bruges i den øverste del af havbunden.

Biologisk baseline undersøgelse

Det er også relevant at beskrive hvilke eksisterende habitater, der er i områder ud over de sten, som stenfiskeriet har efterladt. Det er vigtigt at undersøge om der er ålegræsbede, banker af blåmuslinger, banker af hestemuslinger eller grusede sandede sedimentter mellem de tilbageværende sten, hvor infauna samfund dominerer.

Omfanget og grundigheden af en forundersøgelse kan erfaringsmæssigt variere betydeligt. Ved genetablering af Taarbæk stenrev i Øresund blev der gennemført en detaljeret kortlægning af naturtyper og arter ved anvendelse af undervandsvideo (ROV), dykkerkortlægning (Dahl et al. 2022)

og eDNA (Stæhr et al, 2024b). ROV og evt. dykkerundersøgelser bidrager også med helt nødvendig viden til en akustiske kortlægning af havbundens sedimentforhold. Til sammenligning har borgergruppen bag etablering af Hou Stenrevene ([STENREV-HOU – Projektet](#)) vha. sportsdykkere selv gennemført forundersøgelser ved anvendelse af undervandskameraer til kortlægning af arter og naturtyper. En grundig forundersøgelse kan efterfølgende bruges til at dokumentere restaureringsprojektets biologiske effekter jævnfør kapitel 9.

Ved valg af konkrete restaureringsområder i Roskilde Fjord fravalgte man et område, hvor der var en stor muslingebanke (Dahl et al, 2019). Områder med ålegræs blev så vidt muligt undgået, men ålegræs enge med spredte sten er i dag udbredt i Roskilde Fjord på lavere vanddybde i modsætning til revområder. Resultatet af det gennemførte restaureringsprojekt blev, at der i dag er et mindre lavvandet område med et komplekst habitat bestående af ålegræs og udlagte sten.

Kulturarvs undersøgelse

Slots- og Kulturstyrelsen kan, som ansvarlig myndighed for marine fortidsminder, stille krav om at projektet gennemfører en arkæologisk undersøgelse i forbindelse med myndighedsgodkendelsen, som er beskrevet under fase 4. Er der krav om en arkæologisk undersøgelse skal den betales af den ansvarlige organisation/myndighed for anlægsarbejdet/aktiviteten.

Vedrørende marinarkæologi er Moesgaard Museum kontaktsadresse for Jylland og Fyn, mens Vikingeskibsmuseet dækker Sjælland og Øerne (Slots- og Kulturstyrelsen, 2023a). Slots- og Kulturstyrelsen vurderer sandsynlighed for at påtræffe kulturlevn som høj i de kystnære områder (Slots- og Kulturstyrelsen, 2023b).

Der vil i forbindelse med myndighedsprocessen (fase 4) være en høringsfase hvor Slots- og Kulturstyrelsen skal tage stilling til det konkrete projekt. Hvis der er behov for en undersøgelse og den ikke allerede er gennemført under fase 2, vil det kunne føre til en forsinkelse i anlægsfasen samt medføre omkostninger, som kan påvirke det planlagte og ansøgte projekts omfang.

Fase 3: Detailprojektering

Når alle relevante forundersøgelser er gennemført, kan den endelige detaljerede udpegning finde sted og en egentlig detailplanlægning af naturgenopretningen begynde. Projektbeskrivelsen skal indeholde en redegørelse for projektets planlagte udførelse med tilhørende kortmateriale, metode, mm. Kystdirektoratet står for den primære sagsbehandling og efterfølgende høring af relevante instanser og interessenter. Ansøgningsskema kan rekvireres hos Kystdirektoratet på [kyst.dk](#) ([Ansøg om tilladelse kyst.dk](#)). Det er vigtigt at læse de relevante afsnit i Kystdirektoratets administrationsgrundlag for søterritoriet samt vejledningen til ansøgningsskemaet i forbindelse med udarbejdelse af projektansøgningen. Generelt skal man være opmærksom på, at processen for at opnå de nødvendige tilladelser kan være tidskrævende og tage måneder.

Under detailprojekteringen er der en række risici og mulige gevinster der bør overvejes:

Havbunden

- Det er afgørende, at havbunden kan bære det genoprettede stenrev, så det hverken kolliderer eller graves ned i sedimentet.
- På lokaliteter, hvor der er fjernet sten, kan man med stor sandsynlighed forvente, at bunden kan bære de sten, der bliver udlagt.
- Hvis der er mistanke om kraftig erosion i området, eller hvis der er dokumentation for sand- og ralsugning i området, bør man overveje en geologisk undersøgelse, før der træffes beslutning om genopretning.

Sedimenttransport

- Det genoprettede stenrev kan påvirke strømforhold og derved sedimentation og erosion i området omkring stenrevet. Det bør derfor overvejes, hvorvidt der bør gennemføres modelberegninger der belyser om der er en problemstilling. Problemstillingen formodes at kunne være relevant for rev, der udlægges kystnært og på lavt vand.

Risiko for "iltgrav"

- Etablering eller genetablering af stenrev i brakke miljøer eller på vanddybder med reduceret lys vil tilgodese kolonisering af bundfauna. Hvis revet etableres med det formål at producere ilt i bundvandet vil en dominans af fauna-organismer og ikke en veludviklet makroalge vegetation give det modsatte resultat og resultere i en lokalitet, der har et netto forbrug af ilt. En nøje undersøgelse af saltholdighed, iltindhold og lysniveau ved bunden eller undersøgelse af biologien på eksisterende sten bør gennemføres for at belyse, hvilke organismer der kan forventes på udlagte sten under nuværende forhold.

Effekten af årstid

- Massive nedslag af rurer eller evt. blåmuslinger kan påvirke og forsinke indvandringen af de arter man forventer på et nyetableret stenrev. Man kan fx undersøge om blåmuslinger forekommer talrigt i området og undgå at lægge sten ud i perioden hvor de typisk bundslår.

Materiale til konstruktion af stenrev

Valg af stentype

Natursten skal som udgangspunkt anvendes til naturgenopretning af stenrev (jævnfør også boks 1 under fase 4). Herved sikres en overfladestruktur som bunddyr og alger gennem evolutionen i årtusinder har optimeret deres fastholdelsesstrukturer til.

Der er flere mulige kilder til natursten:

- Genbrug af såkaldte "søsten" fra nedlagte moler i forbindelse med udbygninger af havne er den bedste løsning. Disse sten kommer oprindeligt fra stenrev, er typisk meget afrundede i formerne og har den største grad af oprindelighed. Denne løsning er den optimale (mest oprindelige sten), men muligheden for at finde sådanne sten i større mængde er ofte begrænset.
- "Marksten" eller sten fra infrastrukturprojekter er en anden mulig kilde, som kan skaffes fra anlægsarbejde eller hentes hos landmænd. Disse sten er også typisk noget afrundede i formerne. Denne løsning blev anvendt ved genopretning af rev på to lokaliteter i Roskilde Fjord. Man bør være opmærksom på, at sådanne marksten kan være beskidte og nødvendige at rense. Sten hentet fra bunker samlet gennem årtier fra marker kan desuden udgøre levesteder for firben, slanger mm. på landjorden.
- Det tredje alternativ er anskaffelse af "brudsten" fra stenbrud i fx Sverige eller Norge. Brudsten er ofte kantede og skarpe sammenlignet med søsten og marksten.

Kombinerede løsninger med brudsten udlagt som et bundlag og marksten øverst kan overvejes.

Man bør være opmærksom på kvaliteten af de sten der ønskes udlagt. Der kan være typer af sten som har en begrænset holdbarhed i det marine miljø over tid. Skiffersten består af sammenpressede sedimenter, typisk ler, og er kendt for sin lagdelte struktur. Her kan de individuelle lag evt. adskilles. Kalk og kridt har også en mindre styrke end fx granit. Erfaringer fra NOVANA overvågningsprogrammet viser tydeligt, at særligt kridt ikke er velegnet som substrat for hårdbundsorganismer.

Anvendes marksten i restaureringsprojektet er der tale om stentyper, som også naturligt forekommer på havbunden. Det samme gælder selvsagt for genudlægning af søsten. Man skal imidlertid være opmærksom på, at sprængsten kan have en anden mineralsk sammensætning end de sten der er bragt til Danmark under sidste istid. Man bør i forbindelse med forespørgsler hos stenbrud få oplyst stentypen og herefter søge vejledning hos geologisk ekspertise inden anskaffelse. Man bør have opmærksomhed på evt. behov for afrensning af marksten (jævnfør boks 2)

Valg af stenstørrelse

De anvendte stentørrelser bør afspejle det fysiske miljø men også formål og økonomi.

- Det er vigtigt, at de udlagte sten ligger stabilt. På meget eksponerede lokaliteter kan det være nødvendigt at anvende store sten. I det sydlige Kattegat på eksponerede lokaliteter udgør sten på ca. 30 cm i diameter et stabilt substrat på 4 meters dybde. En god tommelfingerregel er at undersøge størrelsen på de eksisterende stenstørrelser med begroninger, i det dybdeinterval man vil foretage restaureringen på.
- På meget beskyttede lokaliteter kan et stenrev godt være stabilt og fungere som et fortrinligt habitat for hårdbundsorganismer med selv meget små sten ned til 4-5 cm, såfremt lysforholdene kun favoriserer vækst af mindre organismer.
- Huledannende rev på lavere vanddybde med meget lys kan rumme en højere biologisk mangfoldighed, da fauna-organismer kan etablere sig i mørke hulrum, hvor de ikke udkonkurreres af tang. Det er observeret på Læsø Trindel. Der opnås en højere grad af huledannelse ved brug af større sten med samme stenstørrelse, der udlægges helt tæt eller evt. i flere lag. Flerlaget huledannede rev formodes kun at findes naturligt på lokaliteter, hvor sandvandring ikke forekommer som fx på grunde og flak i åbne områder, hvor erosionsprocesser gennem årtusinder har bortvasket sand og grus ud på dybere vand og uden mulighed for at sandvandring har bragt nyt til sidenhen.

Design og detailplan

Det er vigtigt at udarbejde georefererede designplaner. Planerne skal i første omgang bruges i relation til myndighedsbehandlingen, men senere også til brug for den entreprenør, der står for selve anlægsarbejdet. Tegningerne skal angive planlagte udlægningsarealer, højder på de forskellige strukturer og evt. gennemsnitlige udlægningstætheder. Der kan også med fordel etableres en plads på havbunden, der fungerer som sø-depot. I Appendiks 2 er der beskrevet et eksempel på en detailplan for genopretning af Tårnbæk rev. Tænkes der anlagt et sø-depot, kræver det tilladelse jævnfør kystbeskyttelsesloven. Det bør derfor indgå i ansøgningen. Kystdirektoratet kan som udgangspunktet acceptere, at der medregnes bufferarealer, på 20-25 % ekstra i forhold til revets udstrækning inden for projektområdet, i forbindelse med en ansøgning.

I relation til stenrev bør man overveje design af revet for at fremme formålet med revet, da virkninger af stenrev i nogen grad defineres af revets udformning (Wilms et al., 2021). Det er derfor muligt at optimere stenrevsprojekter via fordelagtige revdesign. I det følgende gives nogle eksempler herpå.

Formål: Beskytte eller genskabe en bestemt habitattype som fx tangskove

Generelt er stenrev, som ligger i en vanddybde, hvor sollys har mulighed for at trænge ned (den fotiske zone), og som har en stor overflade et godt habitat for tangskove (makroalger). Det er vigtigt, at stenstørrelsen i toplet afstemmes med den forventede størrelse af de enkelte makroalger, idet for små sten kan blive mobile, når tang vokser på dem. Eksempelvis kan store bladbærende brunalger flytte sten op til 7-10 cm i meget eksponerede områder (Dahl et al, 2009).

Formål: Bevare eller øge biodiversitet og velfungerende fødekæder

Et stenrev med stor biodiversitet skal teoretisk set have mange mikrohabitater, hvor de enkelte arter kan etablere sig. Dette sikres ved at have bundforhold, der veksler mellem forskellige stenstørrelser og grus/sand, og som har en stor vertikal udbredelse (stort dybdespænd). Områder med helt tætte stenforekomster vil sammen med makroalgevegetationen i den fotiske zone skabe sprækker/huler som kan tilgode mange arter af invertebrater (smådyr) og fisk.

Formål: Produktion af føde for fisk

Studier på rev i den fotiske zone har vist en positiv sammenhæng mellem arealet af hård bund og epifauna (dyr der lever på havbunden) generelt og muslinger, snegle og børsteorme specifikt, arter der alle er fødedyr for fisk (Svendsen et al, 2022). Et andet og mere uddybende studium i den fotiske zone på Hatter Barn (Dahl et al, 2015) fandt en positiv sammenhæng mellem tangbiomasser og fastsiddende fauna biomasser generelt, men særligt udtalt mellem rødalgebiomasser og fauna. Her var der også en specifik sammenhæng mellem krebsdyr og rødalgebiomasser. Essensen af disse studier er, at den største fødemængde for mange fiskearter og biomasser af fauna og makroalger generelt opnås ved at udlægge sten, der giver store overfladearealer.

Formål: Genoprette et revs stabilitet

Stabile stenrev er kendetegnet ved et lag af sten, der har en så tilpas stor diameter og tæthed at både de større og mindre sten ligger stabilt selv under ekstreme bølge- og strømhændelser.

Formål: At styrke blå korridorer

En bedre kvalitet af stenrev (større tæthed og evt. vertikal udbredelse af revet) kan styrke spredningspotentialt og dermed også spredningsveje for hårbundsorganismer med pelagiske spredningsstadier. Modelstudier, der kombinerer vandbevægelser med information om pelagiske spredningsdynamikker, kan kvantificere udvekslingen af biologisk materiale mellem forskellige lokaliteter med samme levevilkår (lys, salinitet mm.)

Formål: At forbedre vandkvaliteten

Et stenrev kan have indflydelse på de fysiske forhold såsom strømme, sedimenttransport og turbulens og kan placeres således, at der dannes en lokal "upwelling" (dvs. bundvandet, der ofte er nærringsrigt, tvinges op til overfladen). Er revet placeret i dybder ved grænsefladen til et iltfattigt bundlag, kan revets placering have indflydelse på ilttransport til bundvandet (Stæhr et al. 2024a).

Stenrev med tangskov lokaliseret i bundvand, i områder med hyppig lagdeling af vandsøjlen og problemer med iltvind, kan tilføre bundvandet ilt på kritiske tidspunkter af sensommeren og her ved potentielt mindske frigivelse af næringssalte fra bunden. Der er dog en kritisk balance mellem hvornår et rev samlet set netto er iltforbrugende eller iltproducerende, som bør belyses ved grundige studier inden man vælger en restaurering med denne begrundelse. (Stæhr et al, 2020, Dahl et al, 2020). Ved restaurering af stenrev bindes yderligere noget kvælstof og kulstof i den biomasse af makroalger og bunddyr som opbygges på lokaliteten.

Formål: Ophjælpning af fiskebestande

Generelt tiltrækkes en del fisk af komplekse levesteder, hvor planter eller bundstruktur giver skjul for rovfisk og læ for strøm. De mange nicher på et stenrev kan give plads til mange arter af fisk, hvorfor biodiversitet af fisk ofte er høj (Wilms et al., 2021; Svendsen et al., 2022). Småfisk er vigtige fødeemner for mange fiskearter, herunder de arter som er vigtige kommercielt og rekreativt.

Udover typiske stenrevsfisk (f.eks. havkaruds), der opholder sig i og omkring stenrev, er der ofte forhøjede forekomster af torskefisk ved topografiske variationer (dvs. ujævn) på havbunden (Kristensen et al., 2017; Wilms et al., 2022; Flavio et al., 2023). Stenrev har potentiale til at fremme silds gydning, fordi sild ofte gyder ved sten og vegetation (Svendsen et al., 2022) samt torsks vækst (Schwartzbach et al., 2020).

De største mængder fødeemner for en given mængde sten opnås ved at udlægge sten i et enkelt lag. Huler og sprækker kan opnås ved at lægge sten tæt sammen i områder. I den fotiske (belyste) zone vil makroalgevegetation, som primært vokser på den øvre halvdel af stenene, bidrage til antallet af skjulesteder for fiskene.

Fase 4 Myndighedsansøgning og -godkendelse

I alle sager træffer Kystdirektoratet, ud over afgørelse efter kystbeskyttelseslovens 16 a, også afgørelse efter kysthabitatbekendtgørelsen (654 af 19/05/2020, hvor habitat- og fuglebeskyttelsesdirektiverne er implementeret).

"Administrationsgrundlaget for søterritoriet" danner grundlag for forvaltningen af havet i forhold til anlæg og aktiviteter, som er omfattet af kystbeskyttelseslovens §16a. Herunder hører også naturgenopretningsprojekter. Administrationen varetages af Kystdirektoratet på hvis hjemmeside administrationsgrundlaget kan findes (se [Administrationsgrundlag rk avi tilrettet 23_03_15 ende-lig.indd \(kyst.dk\)](#)). I forbindelse med sagsbehandlingen inddrager Kystdirektoratets en række myndigheder og interessenter oplistet i tabel 3 og ansøgningen offentliggøres på direktoratets hjemmeside. Afhængig af en konkret vurdering i den enkelte sag kan høringskredsen udvides.

Tabel 3. Kystdirektoratets hørings- og orienteringspartnere i relation til naturgenopretning af stenrev

Hørings- og orienteringspartnere
Søfartsstyrelsen
Miljøstyrelsen
Slots- og Kulturstyrelsen
Moesgaard Museum/ Vikingeskibsmuseet
Fiskeristyrelsen
Trafikstyrelsen
Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse
Plan- og Landdistriktsstyrelsen
Kommunerne
Dansk Naturfredningsforening
Dansk Ornitologisk Forening
Friluftsrådet
Ejendom Danmark
Fritidshusejernes Landsforening
Geodatastyrelsen

Der findes et specifikt kapitel om naturgenopretning af stenrev, hvorunder der er udarbejdet tre særskilte afsnit til gavn for både det indledende arbejde og specifikt for udarbejdelse af den konkrete ansøgning.

Det første afsnit (A) definerer og beskriver anlægget (dvs. stenrevet), samt redegør for Kystdirektoratets praksis på området. (Boks 1). Det andet afsnit (B) beskriver hvilke forhold ansøger skal redegøre for i ansøgningen og de krav og betingelser, der er knyttet til et restaureringsprojekt. (Boks 2) og det sidste afsnit (C) beskriver vurderingskriterier som indgår i behandling af ansøgningen (Boks 3)

Bemærk at der i afsnit A) Beskrivelse henvises til eksempler på relevant lovgivning.

Hvad man særlig bør være opmærksom på er, at det i afsnit B fremgår, at "anlægget (dvs. stenrevet) må ikke placeres i marinarkæologiske områder uden samtykke fra Slots- og Kulturstyrelsen". Ligeledes fremgår det i afsnit B, at der som udgangspunkt skal udarbejdes en væsentlighedsvurdering for alle projekter der laves i eller i umiddelbar nærhed af Natura 2000 områder eller hvor der er forekomst af Habitatdirektivets bilag IV arter. Kravet vil blive afgjort på baggrund af en konkret vurdering (screening). Et eksempel på indspil til en sådan screening kan ses i et udarbejdet notat til Miljøstyrelsen for et restaureringsprojekt i Roskilde Fjord (Dahl og Palmer, 2019).

Kystdirektoratet anfører desuden, at en ansøgning også skal indeholde en vurdering af projektet i forhold til påvirkning af det pågældende vandområde (vandrammedirektiv) og havstrategidirektivets forskellige "deskriptorer". I sager om restaurering af stenrev vil Havstrategi direktivets deskriptorer "havbundens integritet" og "biodiversitet" begge blive forbedret og kun i tilfælde hvor man ønsker at udlægge sten på dybder præget af iltvind, vil man kunne forestille sig en negativ effekt på vandområdets tilstand under de nuværende miljøforhold.

Fase 5: Etablering af revet

Når man har fået tilladelse og finansiering til at gennemføre restaurering af et stenrev i et lokalområde, er næste fase at detailplanlægge selve etableringen. Dette munder ud i en detailprojektering, som omfatter en præcisering af det godkendte skitseprojekt til brug for evt. udbudsmateriale til entreprenører med tekniske arbejdsbeskrivelser, målfaste oversigts- og detailkort, tilbudslistes, udbudsbrev samt en tidsplan for anlægsarbejdets udførelse.

Boks 1. Definition og beskrivelse af rev fra Kystdirektoratets administrationsgrundlag, som det er defineret ved denne rapport's udgivelse.

A) Beskrivelse

Kystdirektoratet vil i udgangspunktet alene anerkende sten som materiale i forbindelse med etablering af et rev.

Neddykkede bølgebrydere til kystbeskyttelsesformål, havmøllefundamenter, bropiller, olieplatforme etc. kan have en rev-lignende effekt, men anses ikke som værende rev, idet det primære formål er et andet.

Stenrev kan have mange forskellige udformninger, fra tætte stensamlinger, der rejser sig brat fra havbunden, til mosaikformede stenbanker eller mere diffuse strukturer med spredte sten på en sandet eller gruset havbund. Revet skal ligge på en dybde, så det undgår udtørring, idet revets primære formål anses at være en forøgelse af den marine biodiversitet.

Stenfiskeri har fjernet mange stenrev specielt i de lavvandede og kystnære områder (<10m vanddybde). Her er hele rev eller store dele af dem blevet fisket op og brugt til havnebyggeri og andre anlægsarbejder. Fjernelse af et revs større sten er medvirkende til at gøre det tilbageværende rev ustabil, hvorved erosion kan sprede revets tilbageværende mindre sten ud over området.

Da stenrev er vigtige for den marine biodiversitet, kan naturgenopretning være et vigtigt redskab til bevarelse og udbredelse af de marine dyr og planter. Ved begrebet naturgenopretning forstås genetablering og restaurering af naturligt forekommende stenrev.

Hvor alle sten stort set er fjernet, vil genopretningen have karakter af en genetablering af et stenrevs fysiske og biologiske struktur. Det oprindelige stenrev bør så vidt muligt genskabes i forhold til stentype, stenstørrelse, dybdeforhold mm. Dog kan manglende kendskab til den oprindelige struktur og dybdeforhold eller manglende adgang til specifikke stenmaterialer medføre, at det oprindelige stenrev genetableres med en anden stentype og -størrelse samt et andet dybdeforhold. Hvis der stadig er et eksisterende rev, vil genopretningen have karakter af en restaurering. Her tilføjes flere større sten for at bevare revet mod erosion samt forbedre dets biologiske struktur og funktion.

Rev kan medvirke til at øge biodiversiteten og dermed produktionen af levende marine ressourcer på en lokalitet. Dette kan være til gavn for kommercielle interesser som erhvervsfiskeri eller rekreative interesser som dykning og undervandsjagt. Det kan endvidere have en socioøkonomisk betydning i forhold til turisme.

I forbindelse med etablering af rev har der været overvejelser om, hvorvidt rev kan influere på kvælstofomsætningen i kystvandene. Hvor stor kvælstofeffekten vil være er dog endnu uvist. Det kræver endvidere meget specifikke forhold for at opnå den ønskede effekt, herunder skal revet være placeret under springlaget og der skal være rigeligt lys.

Det skal bemærkes, at der efter etablering af et rev altid skal foretages en opmåling af det berørte område.

Relevant lovgivning som bør overvejes:

- LBK 267 af 11. marts 2009 om kystbeskyttelse
- Bekendtgørelse nr. 874 af 2. september 2008 om administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter for så vidt angår anlæg og udvidelse af havne og kystbeskyttelsesforanstaltninger samt etablering og udvidelse af visse anlæg på søterritoriet.
- Bekendtgørelse nr. 579 af 29. maj 2013 om miljømæssig vurdering af visse anlæg og foranstaltninger på søterritoriet
- Lov nr. 1606 af 26. december 2013 om vandplanlægning
- Lov nr. 522 af 26. maj 2010 om havstrategi
- LBK nr. 963 af 2. juli 2013 om beskyttelse af havmiljøet
- Bekendtgørelse nr. 32 af 7. januar 2011 om dumpning af optaget havbundsmateriale

(klapning)

- LBK nr. 568 af 21. maj 2014 om fiskeri og fiskeopdræt (fiskeriloven)
- LBK nr. 72 af 17. januar 2014 om sikkerhed til søs
- Bekendtgørelse nr. 1351 af 29. november 2013 om sejladsikkerhed ved entreprenørarbejder og andre aktiviteter mv. i danske farvande
- Bekendtgørelse nr. 45 af 22. januar 2015 om farvandsafmærkning i dansk og grønlandsk afmærkningsområde m.v.

1) Kystdirektoratet skal henvise til, at der kan være anden relevant lovgivning, der gør sig gældende på området. Det er ansøgers eget ansvar at gøre sig bekendt med den til enhver tid gældende lovgivning. Kystdirektoratet skal endvidere gøre opmærksom på, at lovgivning ændrer sig over tid. Alt dansk lovgivning kan findes på www.retsinformation.dk.

Boks 2. Beskriver de forhold som en ansøgning om et rev restaureringsprojekt bl.a. skal redegøre for samt de krav og betingelser der som udgangspunkt er forbundet med projektet. Beskrivelsen er gældende ved denne rapports udgivelse.

B) Belysning af forhold

For at Kystdirektoratet kan behandle en ansøgning, skal blandt andet nedenstående forhold være belyst.

Formål:

- Begrundelse for projektet og dets omfang.

Beskrivelse af projektet:

- Revets opbygning skal skitseres og beskrives. Rev skal som udgangspunkt etableres af natursten.
- Beskrivelse af materialer. Herunder angivelse af eksempelvis stenstørrelse.
- Beskrivelse af hvor stenene stammer fra. Anvendes der marksten eller lignende, skal disse renses for eventuelle miljøfarlige stoffer (fx sprøjtemidler) før udlægning.
- Såfremt der er tale om et forskningsprojekt, skal der redegøres for, hvad projektet går ud på. Herunder eventuelle påvirkninger af projektet, og hvilke konklusioner der forventes at kunne drages.
- Beskrivelse af udlægningen. Udlægning af stenene skal ske kontrolleret, så revet kommer til at ligge på den ansøgte lokalitet. Kystdirektoratet skal godkende udlægningsplanen.
- Beskrivelse af forventet anlægsperiode.

Lokalitet:

- Revets lokalitet skal angives i geografiske koordinater angivet i grader, minutter og decimaler af minutter, i datum WGS 84 med 3 decimaler.
- Angivelse af dimensioner af projektområdet.
- Angivelse af vanddybden i projektområdet.
- Der skal foretages en vurdering af iltforhold, lysforhold, temperaturforhold, dybde, saltindhold, næringsstofftilførsel samt strømforhold mv. af den ønskede lokalitet for at belyse om lokaliteten er velegnet til formålet.
- Der skal foretages en vurdering af sedimentforhold, sedimenttransport, havbundens hældning og bæreevne mv. for at belyse om lokaliteten er velegnet til formålet.
- Der skal foretages en kortlægning af den pågældende bundfauna og vegetation i området.
- Hvis formålet med revet er naturgenopretning, skal der foretages en historisk analyse, der bekræfter eller sandsynliggør, at der har ligget et rev på lokaliteten.
 - Kystdirektoratet anerkender, at dette kan være svært at dokumentere og der lægges derfor også vægt på bl.a. bundens bæreevne i Kystdirektoratets vurdering.

Overvejelser om nedenstående forhold bør indgå i valg af lokalitet:

- Revet må ikke placeres inden for et restriktionsområde, f.eks. reservater, skydeområder mv. Officielle danske søkort kan vejlede nærmere om restriktionsområder i danske farvande.
- Revet må ikke placeres inden for en afstand af 500 m eller i områder, som bruges til klapning af sediment eller indvinding af råstoffer. Dette gælder også i områder, hvor firmaer har fået tilladelse til råstofefterforskning.
- Revet skal placeres, så det ikke er til hinder eller gene for allerede etablerede anlæg, såsom broer og fortøjningsanlæg mv. Der skal tages hensyn til afstand til andre anlæg og aktiviteter, herunder

overholdelse af afstandsrestriktioner. Placering af revet må således ikke ske inden for en 200 m radius af kabel- og rørledninger uden samtykke fra kabel- eller ledningsejeren.

- Revet må ikke være til gene for sejlads eller sejladssikkerhed. Ved valg af lokalitet skal der tages hensyn til sejlruiter (herunder hurtigfærger), almindelig skibstrafik og trafiksepareringssystemer. Ønskes revet placeret i områder med megen sejlads, må det forventes at der skal udarbejde en sejladssikkerhedsmæssig risikovurdering.
- Revet skal placeres, så det er til mindst mulig gene for den rekreative benyttelse af søterritoriet, herunder roning, svømning etc.
- Revet skal placeres, så det er til mindst mulig gene for erhvervsfiskeriet. Medfører revet tab for erhvervsfiskeriet, skal der ydes erstatning for den mistede indtjening jf. fiskeriloven.
- Såfremt revet ønskes anlagt i eller i umiddelbar nærhed af et Natura 2000-område og/eller der er forekomst af bilag IV arter, må der forventes krav om udarbejdelse af en konsekvensvurdering. Krav om konsekvensvurdering vil blive afgjort ud fra en konkret vurdering (screening) af, om det ansøgte projekt vil påvirke udpegningsgrundlaget for Natura 2000-området og/eller bilag IV arter væsentligt.
- Revet må ikke placeres i marinarkæologiske områder uden samtykke fra Kulturstyrelsen.

Forankring og afmærkning:

- Eventuel afmærkning skal godkendes af Søfartsstyrelsen, som kan fastsætte krav til yderligere afmærkning efter et individuelt skøn.

Økonomiske forhold:

- Redegørelse for, hvad det skønnes at koste, såfremt revet skal fjernes.

Oplysninger til brug for VVM-screening:

Beskrivelser af anlæggets

- dimensioner,
- kumulation med andre projekter,
- anvendelse af naturressourcer,
- affaldsproduktion, forurening og gener og
- risiko for ulykker, navnlig under hensyn til de anvendte materialer og teknologier.

Beskrivelser af anlæggets betydning for den miljømæssige sårbarhed i området, særligt i forhold til

- nuværende arealanvendelse,
- de tilstedeværende naturressourcers relative rigdom, kvalitet og regenereringskapacitet og
- det naturlige miljøes bæreevne med særlig opmærksomhed på kystområder, områder der er fredet eller omfattet af national og international natur- og miljøbeskyttelse, tætbefolkede områder, områder der er af særlig betydning ud fra et historisk, kulturelt eller arkæologisk synspunkt.

Beskrivelser af anlæggets potentielle påvirkninger, herunder

- påvirkningernes omfang (geografisk område og antal personer der berøres),
- påvirkningernes grænseoverskridende karakter,
- påvirkningsgrader og –kompleksitet,
- påvirkningernes sandsynlighed og
- påvirkningernes varighed, hyppighed og reversibilitet.

Bilag:

- Nyeste søkort i relevant målestok med revets placering og udstrækning markeret.
- Oversigtskort/-foto med revet indtegnet.
- Skitsetegning af revets opbygning.

Boks 3. Beskrivelse af vurderingskriterier Kystdirektoratet inddrager i behandling af en ansøgning om et rev restaureringsprojekt. Beskrivelsen er gældende ved denne rapports udgivelse.

C) Vurderingskriterier

Nedenstående vurderingskriterier vil indgå i Kystdirektoratets behandling af en ansøgning. Der kan være andre kriterier end de nævnte, som ansøger finder vigtige og derfor ønsker at belyse i sin ansøgning.

Kriterierne indgår i Kystdirektoratets helhedsvurdering af det konkrete projekt.

Vurderingskriterier:

- Formål
- Naturgenopretning
- Områdets bæreevne
- Miljøforbedring
- Beskyttede områder og arter
- Forskning og formidling
- Synergier
- Infrastruktur og tilknyttede faciliteter
- Sikkerhed

Kystdirektoratet vil altid vægte genopretning af udsat natur højt. Der vil blive lagt særligt vægt på, at historiske data eller lignende kan dokumentere, at der har forekommet rev på den ønskede lokalitet. Ligeledes vægtes det, at det er tilknyttet biologer eller lignede med viden om de marine økosystemer til projektet.

Også områdets bæreevne vil indgå i vurderingen. Således vil det ikke være hensigtsmæssigt at etablere et rev på en lokalitet, hvor de biologiske og fysiske forhold ikke er optimalt egnede. Herunder også om der findes andre rev i nærheden, hvorfra man kan forvente en indvandring af arter. Der vil blive lagt vægt på revets betydning for havmiljøet i form af øget biodiversitet på og omkring revet.

Der vil blive lagt vægt på, om områdets flora og fauna vil blive påvirket af projektet, herunder om projektet kan gennemføres uden at skade udpegningsgrundlaget for Natura 2000-områder eller yngle- og rasteområder for bilag IV-arter.

Endvidere vil der blive lagt stor vægt på anvendelse af revet til forskning, undervisning og formidling. Projekter med direkte tilknytning til forsknings- og formidlingsinstitutioner vil blive vægtet positivt.

Projektets samspil med øvrige aktiviteter i området vil ligeledes blive vægtet. Der vil her blive lagt positiv vægt på, at ansøger kan sandsynliggøre, at projektet ikke vil være i konflikt med andre rekreative interesser i større omfang.

Der vil også blive lagt vægt på projektets betydning for lokalsamfundet. Her tænkes særligt på betydningen for fiskeriet, idet revet kan være medvirkende til at forekomsten af fisk på og lige omkring revet vil blive øget. Det vil vægtes, at ansøger kan redegøre for den forventede positive effekt for fiskeriet.

Hvis revet ønskes anvendt til dykning, vil infrastrukturen på land ligeledes blive vægtet. Kystdirektoratet vil lade kommunens vurdering af tilkørselsforhold og parkeringsmuligheder indgå i afvejningen af projektet

7. Økonomi

Ved naturgenopretning af stenrev er det erfaringsmæssigt en fordel at inddrage professionel bistand til indkøb, transport, udslibning og udlægning af sten. Når udbudsmaterialet er endeligt, skal der som regel indhentes tilbud hos flere entreprenørfirmaer. Her skal bygherren orientere sig om de udbudsretslige regler for indhentning af tilbud på anlægsarbejder. Når udbuddet er gennemført, skal der laves bindende entreprisekontrakt mellem bygherre og entreprenør.

Tabel 7.1 Eksempler på omkostninger ved at etablere forskellige stenrev. "b", "m" og "s" i kolonnen med udlagt m³ angiver henholdsvis brudsten, marksten og genbrugte søsten.

Projekt	Årstal	Udlagt stenmængde i m ³ eller tons	Udgifter til baseline undersøgelser	Kostpris for sten	Udlægningsudgift *er inkl. sten	Samlet projektkostning
Blue Reef	2008	100.000 tons (b)	1,7 mio. kr.		25,4 mio. kr.*	27,7 mio. Kr.
Livø rev		12.000 m ³ primært "b" og lidt "m"	2,1 mio. kr.	Kr. 400,- pr. m ³ inkl. udlægning	0,4 mio. kr.	5,5 mio.
Roskilde Innerbredning	2022/2023	3250 m ³	0,2 mio. kr.			5,2 mio. kr.
Rev ud for Hundested	2020/2021	4300 m ³				3,9 mio. kr.

8. Anlægsfasen

Anskaffelse og udlægning af stenmateriale

Anskaffelse og udlægning af stenmateriale vil typisk udgøre langt den største udgiftspost i projektet, og tilrettelæggelsen heraf har stor betydning for projektets økonomi og kvaliteten af det genoprettede stenrev.

- Omkostningerne for fragt og udlægning af sten er mindre i vejrmæssigt stille perioder. I åbne eksponerede områder kan det få stor indflydelse på de samlede omkostninger.
- Stenene skal placeres med høj præcision efter den ansøgte plan. Dette kræver brug af et fartøj udrustet til en sådan opgave.
- Anlæg på dybder over ca. 3 meter vil typisk kunne gennemføres ved brug af større pram/skib. Stenrev på helt lavt vand kræver særlig teknik og pram/flåde og måske mulighed for at etablere en del af stenrevet fra landsiden. Generelt vil anlægsomkostningerne på lavt vand sandsynligvis være større pr. m³ end på dybere vand.

Arbejdsområde – afmærkning og forbud

Mens projektet gennemføres, kan det være et krav fra myndighederne eller blot formålstjenesteligt at afmærke arbejdsområdet og indføre forbud mod sejlads og fiskeri.

I forbindelse med kommunikation med interessenterne bør afmærkning og evt. forbud drøftes med alle grupper, og disse forhold bør være kendt, mens man drøfter placering af stenrevet.

Tilsyn

Bygherre bør udføre teknisk tilsyn og kontrol med entreprenørens udførelse af anlægsarbejdet, så det sikres, at godkendelsens vilkår overholdes. I Roskilde Fjord skete det ved besøg på udlægningsfartøjet, anvendelse af drone, fremsendelse af dokumentation for skibets arbejdspositioner samt efterfølgende brug af dykning og ROV.

Søopmåling og sejladssikkerhed ved projektets afslutning

Sten udlagt i lavvandede områder kan give risiko for grundstødninger, hvis vanddybden reduceres betydeligt. Risikoen er størst nær sejlrender og andre trafikerede områder, ligesom man skal være opmærksom på, om der er eventuelle traditionelle ruter for lystsejls.

Det er som udgangspunkt et krav i forbindelse med tilladelsen til genopretningen, at der foretages en afsluttende søopmåling (Boks 1). Søopmålingen foretages umiddelbart efter stenrevsetableringen er afsluttet med henblik på at kunne opdatere søkort. Geodatastyrelsen er myndighed med ansvar for søopmåling og udarbejdelse af søkort. Det kræver en tilladelse at foretage søopmåling og der er særlige krav til levering af data. Relevante informationer kan findes på <https://gst.dk/soe-kort/soeopmaaling/privat-soeopmaaling#fem>

Der er pligt til i god tid forinden at informere om udlægning af stenrev gennem "Efterretninger for Søfarende" (<https://www.soefartsstyrelsen.dk/sikkerhed-til-soes/sejladsinformation>). Ulykker indtruffet uden denne information kan medføre erstatningskrav. Det anbefales desuden at minimere risikoen for grundstødning ved grundig information til bl.a. sejlklubber, dykkerforeninger mm. og gerne over en årrække samt evt. afmærkning af revet.

Ud over ovennævnte forhold gælder der en række regler omkring arbejder i dansk territorialt farvand, forhold omkring udbud, kontraktforhold, Skibe og fartøjers sikkerhed og miljøforhold. mv. En detaljeret gennemgang af disse regler ligger uden for rammerne af denne rapport.

9. Dokumentation/overvågning af et stenrevsprojekt

Man bør fra projektets start prioritere ressourcer til at dokumentere udviklingen af det genoprettede område, så man kan vurdere graden af indfrielse af succeskriterier, som defineres ved projektets start.

Overvågningsprogrammet bør designes således, at resultaterne kan bruges til at evaluere om succeskriterierne har været opfyldt, og om revet har haft den tilsigtede effekt. Overvågningen bør derfor optimalt omfatte en forundersøgelse inden genopretningen, og én til flere undersøgelser efter genopretningen. Det kan anbefales at udpege et kontrolområde som undersøges både før og efter på samme tid som genopretningsområdet, og som kan bruges til at kalibrere resultaterne og tage højde for generelle tendenser, som ikke er tilknyttet alene til effekter af genopretningen. Det kræver der er et egnet revområde, der kan bruges som sådan.

Erfaringerne fra Blue Reef stenrevsprojektet ved Læsø viser, at det kan tage mange år før indvandring af bunddyr og planter på udlagte sten er tilendebragt. For Blue Reef projektet tog processen med indvandring, succession og opbygning af biomasse svarende til et "klimakssamfund" omkring 10 år (Karsten Dahl pers. obs.). Undersøgelser af stenrevs biologiske betydning bør derfor foregå over mange år.

Den indsamlede dokumentation bør ideelt følge NOVANA programmets tekniske anvisninger for stenrev for marin flora og fauna (Dahl og Lundsteen, 2018) for at sikre sammenlignelighed i resultaterne mellem lignende projekter. Der foreligger dog ingen tekniske anvisninger for fiskeundersøgelser for indeværende, men kamera-metoder og kortlægning af bevægelses-mønstre hos individuelle fisk er anvendt i flere restaureringsprojekter. (Wilms et al., 2021, Rhodes et al., 2020, Svendsen, 2022, Kristensen et al., 2017).

10. Forvaltning

Når stenrevet er genoprettet og afsluttet bør de relevante myndigheder tage stilling til den fremtidige forvaltning af stenrevet og dets omgivelser.

Ligger et genoprettet rev inden for et Natura 2000 område, hvor det er en del af udpegningsgrundlaget, vil forvaltning af naturtypen automatisk være en del af myndighedernes opgave.

Det er relevant at overveje, om det genetablerede habitat bør beskyttes imod fiskeri for at understøtte revets økosystemfunktioner. Et forbud mod fiskeri blev iværksat ved Læsø Trindel i forbindelse med restaureringen og det er stadig gældende. Ved revet i Livø Bredning er der også et gældende forbud mod fiskeri af hummer.

11. Borgerinddragelse og vidensdeling

Det er vigtigt at få opbakning fra interessenter til projektets formål og gennemførelse for her igennem at sikre en bred forankring for genopretningen. Lokale beboere, foreninger eller erhvervsinteresser kan bidrage med nyttig viden til projektet omkring identifikation af egnede lokaliteter, design og formål. Typiske interessenter vil være: Lokale myndigheder, erhvervshavne, fiskerierhvervet, fritidsfiskere, sportsdykkere, lystsejlere, lokale natur- og friluftorganisationer samt den lokale turistorganisation.

Det anbefales at nedsætte en følgegruppe blandt de interessenter, som har størst interesse i at følge med og bidrage til projektet fra start til slut. Det bør sikres, at beslutningsprocessen omkring projektet er gennemsigtig, og at alle interessenter har mulighed for at bidrage med deres viden og erfaringer før beslutninger tages.

Det er vigtigt at informere om projektet for at skabe viden om baggrund og formål samt hvor langt man er med projektet. Genopretning af stenrev giver en særlig udfordring, da det foregår ude på havet og under havoverfladen, og derfor ikke umiddelbart er synligt.

Formidlingsaktiviteter kan omfatte offentlige møder, hvor der er mulighed for at indhente relevant viden og drøfte gennemførelse af projektet og evt. høre myndighederne om forvaltningsplaner for det genetablerede stenrev.

Vidensdeling kan omfatte:

- Videnskabelige rapporter
- Hjemmeside, med generel information om projektet, billeder, nyhedstjeneste, udlægning af mødereferater mm.
- Film, f.eks. på Youtube.
- Opdateringer fra influencere.
- Annoncer og artikler i lokale dagblade og ugeblade.
- Nyheder kan også annonceres ved at rette direkte henvendelse til foreninger. Et eksempel kan være lystsejlerforeninger hvor man specifikt gør opmærksom på ændrede sejlads forhold
- Nyhedsbreve, foldere, plakater m.v.
- Lokale radio og TV
- Diverse sociale platforme.

12. Gennemførte stenrevsprojekter

Der er efterhånden gennemført en del stenrevsprojekter (> 40) i danske farvande. De fleste er ganske små, men der er også et par større projekter imellem. Mange af projekterne er defineret som naturgenopretning, men en del har mere karakter af at være formidlingsrev. På hjemmesiden for Center for Marin Naturgenopretning ([Marin natur - Center for Marin Naturgenopretning](#)) vil man kunne finde en liste over gennemførte projekter med relevante henvisninger.



*Fauna i en sprække mellem to store sten 13 år efter restaureringen af stenrevet Læsø Trindel
(Foto: Karsten Dahl)*

13. Referencer

- Al-Hamdani, Z., Owen M., Rödel L.G., Witt, N., Nørgaard-Petersen, N., Bennike, O., Sabra, H., Nygaard Eriksen, L., Kragh, S., Jensen, J.N., Nicolaisen, J., Schmedes, M. L., Nielsen, B., Kjellerup, S., Dons, S., Stæhr, M.W., Gai, F. (2019). Kortlægning af Natura 2000-områder - Marin habitat-kortlægning i Skagerrak og Nordsøen 2017-2018. Miljøstyrelsen ISBN: 978-87-7038-027-0.
<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/01/978-87-7038-027-0.pdf>
- Anon (2023) Begreber i relation til marin naturgenopretning. Center for marin naturgenopretning.
[begreber-i-relation-til-marin-naturgenopretning.pdf \(marinnaturgenopretning.dk\)](https://marinnaturgenopretning.dk/begreber-i-relation-til-marin-naturgenopretning.pdf)
- Dahl K., Göke, C., Lundsteen, S., Carstensen C., Al-Hamdani, Z., Overgård Leth, J., Havesteen, C.W. and von Qualen (2011) Seabed and habitat mappig in the Hatter Barn area - a high risk area for shipping in the Danish Straits - BaltSeaPlan publicationsnr.27
- Dahl K, Al-Hamdani Z, Rasmussen MB, Svendsen JC & Bennike O. 2019. Naturgenopretning af stenrev i Roskilde Fjord. Basisundersøgelse af tre udvalgte lokaliteter. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 53 s. - Videnskabelig rapport nr. 344.
- Dahl, K., Andersen, N.G., Møhlenberg, F., Lundsteen, S., Andersen, O.G.N., Göke, C., Rasmussen, M.B., Stæhr, P.A., og Grønkjær P. (2015). Habitatkvalitet og fødeproduktion. I Stenberg C og Kristensen L.D. (red.) Stenrev som gyde- og opvækstområde for fisk (Revfisk). DTU Aqua, Maj 2015. [file:///C:/Users/au224405/Downloads/294-2015-Stenrev-som-gyde-og-opvaekstomraade-for-fisk%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/au224405/Downloads/294-2015-Stenrev-som-gyde-og-opvaekstomraade-for-fisk%20(2).pdf)
- Dahl, K., Buur, H., Andersen, O.N., Göke, C. & Tonetta, D. 2020. Indvandring og biodiversitet på det nye stenrev ved Livø. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 60 s. - Videnskabelig rapport nr. 405. <http://dce2.au.dk/pub/SR405.pdf>
- Dahl, K. & Göke, C. 2021. Naturgenopretning af stenrev i Øresundsregionen – en identifikation af mulige lokaliteter. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. - Teknisk rapport nr. 200. <http://dce2.au.dk/pub/TR200.pdf>
- Dahl, K. og Lundsteen, S. (2018) Makroalger og hårdbundsfauna på sten- og boblerev Teknisk Anvisning (TA) nr. 14, DCE, Aarhus Universitet https://ecos.au.dk/fileadmin/ecos/Fagdatacentre/Marin/TA_M14_Makroalger_og_bundfauna_paa_sten-og_boblerev_ver1.pdf. <http://dce2.au.dk/pub/SR344.pdf>
- Dahl, K. og Palner, M.K.H. (2019) Naturgenopretning, af stenrev i Roskilde Fjord - er det foreneligt med den historiske udnyttelse og dagens beskyttelse? Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. [Naturgenopretning af stenrev i Roskilde Fjord.pdf \(au.dk\)](https://dce.au.dk/pub/TR200.pdf)
- Dahl, K., Stenberg, C., Lundsteen, S., Støttrup, J., Dolmer, P., & Tendal, O.S. 2009: Ecology of Læsø Trindel - A reef impacted by extraction of boulders. National Environmental Research Institute, Aarhus University. 48 pp. - NERI Technical Report No. 757.
<http://www.dmu.dk/Pub/FR757.pdf>
- Dahl, K., Stæhr, P.A.U., Buur, H. & Göke, C. 2022. Biologiske undersøgelser på Taarbæk Rev. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. - Teknisk rapport nr. 255. <http://dce2.au.dk/pub/TR255.pdf>
- Flávio, H., Seitz, R., Eggleston, D., Svendsen, J. C., & Støttrup, J. (2023). Hard-bottom habitats support commercially important fish species: a systematic review for the North Atlantic Ocean and Baltic Sea. *PeerJ*, 11, e14681. <https://peerj.com/articles/14681/>

Frausing, M. H., Kruse, B. M., Præstbo, N. O., Kristensen, M. L., Baktoft, H., Aarestrup, K., & Svendsen, J. C. (2021). Verdens første smolt-rev skal hjælpe havørreder i Naturpark Lillebælt. DTU Aqua. <https://www.fiskepleje.dk/nyheder/nyhed?id=%7bBB16CFDC-1411-4791-8522-88AD53256D03%7d>

Geodatastyrelsen. (2022). Danmarks Dybdemodell. <https://dataforsyningen.dk/data/4817>

Göke, C. og Dahl, K. 2022. Reetablering af stenrev på Taarbæk Rev. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 22 s. - Teknisk rapport nr. 256
<http://dce2.au.dk/pub/TR256.pdf>

Helmig, S.A., Nielsen, M.M. & Petersen, J.K. (2020). Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer – vurdering af omfanget af stenfiskeri i kystnære marine områder. DTU Aqua-rapport nr. 360-2020. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 24 pp.

Kristensen, L. D., Støttrup, J. G., Svendsen, J. C., Stenberg, C., Højbjerg Hansen, O. K., & Grøn-kjær, P. (2017). Behavioural changes of Atlantic cod (*Gadus morhua*) after marine boulder reef restoration: implications for coastal habitat management and Natura 2000 areas. *Fisheries Management and Ecology*, 24(5), 353-360. .

Leth, JO. 2020. Seabed sediment map of Denmark. <https://data.geus.dk/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/98e75789-2512-4961-8985-e23d91ef4dd7?lang=en>

Rhodes, N., Wilms, T., Baktoft, H., Ramm, G., Bertelsen, J.L., Flávio, H., Støttrup, J.G., Kruse, B.M. and Svendsen, J.C., 2020. Comparing methodologies in marine habitat monitoring research: An assessment of species-habitat relationships as revealed by baited and unbaited remote underwater video systems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 526, p.151315.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022098119301674>

Schwartzbach, A., Behrens, J. W., & Svendsen, J. C. (2020). Atlantic cod *Gadus morhua* save energy on stone reefs: Implications for the attraction versus production debate in relation to reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 635, 81-87. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v635/p81-87/>

Slots- og Kulturstyrelsen (2022) Kulturarvsdatabaser <https://slks.dk/omraader/kulturarv/kulturarvs-databaser>

Slots- og Kulturstyrelsen (2023a). Ansvarsområder og kontakt. <https://slks.dk/omraader/kulturarv/arkaeologi-fortidsminder-og-diger/arkaeologi-under-vand/undersogelser-under-vand/ansvars-omraader-og-kontakt>.

Slots- og Kulturstyrelsen (2023b). Kulturhistoriske interesser på havbunden <https://slks.dk/marinarkaeologisk-vejledning/klassifikation-havbunden>.

Stæhr P.A.U., Canal-Vergés P., Dahl K., Göke C., Holbach A.M., Krause-Jensen D., Steinfurth R.C.H., Svendsen J.C., Jørgensen T.B. (2024a). Forhold af betydning for naturgenopretning af stenrev Videnskabelig rapport fra Nationalt Center for Marin Naturgenopretning. <https://marinnetur.dk/media/72560/forhold-af-betydning-for-naturgenopretning-af-stenrev.pdf>

Stæhr, P.A.U., Buur, H., Dahl, K., Bach, L., Winding, A., Sapkota, R. (2024b). Bentisk biodiversitet ved Taarbæk rev. Forundersøgelse ved dykker, haps og eDNA prøver. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 30 s. - Teknisk rapport nr. 304 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_300-349/TR304.pdf

Stæhr, P.A., Markager, S., Høgslund, S., Hansen, J.W., Tonetta, D., Upadhyay, S. & Nielsen, M.M. 2020. Stenrev som muligt kvælstofvirkemiddel. Vækstbetingelser for bentiske alger og deres betydning for ilt- og næringsstofdynamikken i Limfjorden. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 108 s. - Videnskabelig rapport nr. 394. <http://dce2.au.dk/pub/SR394.pdf>

Svendsen, J. C., Kruse, B. M., Wilms, T., Dahl, K., Buur, H., Andersen, O. G. N., Bertelsen, J. L., & KindtLarsen, L. (2022). The importance of reef habitats for fish, harbor porpoise and fisheries management. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 371-2020. https://www.aqua.dtu.dk/-/media/institut-ter/aqua/publikationer/rapporter352-400/371-2020_the-importance-of-reef-habitats-for-fish-harbor-porpoise-and-fisheries-management.pdf

Wilms, T. J., Norðfoss, P. H., Baktoft, H., Støttrup, J. G., Kruse, B. M., & Svendsen, J. C. (2021). Restoring marine ecosystems: Spatial reef configuration triggers taxon-specific responses among early colonizers. *Journal of Applied Ecology*, 58(12), 2936-2950.

Wilms, T. J., Jacobsen, M. W., Hansen, B. K., Baktoft, H., Bollhorn, J., Scharff-Olsen, C. H., ... & Svendsen, J. C. (2022). Environmental DNA reveals fine-scale habitat associations for sedentary and resident marine species across a coastal mosaic of soft-and hard-bottom habitats. *Environmental Dna*, 4(4), 954-971. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/edn3.312>

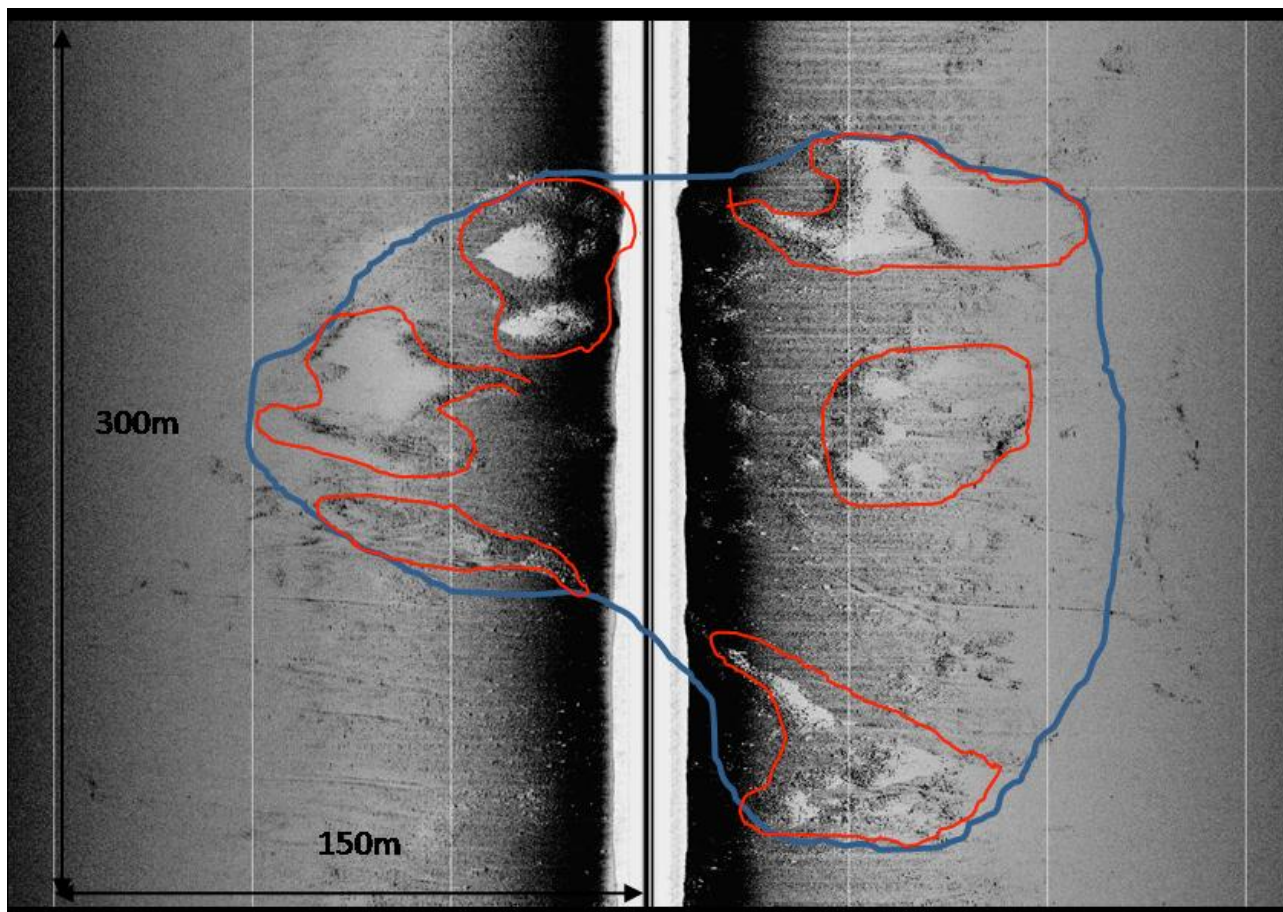
WSP 2022. Geologisk Undersøgelse med henblik på Reetablering af Stenrev ved Taarbæk Rev. Miljøstyrelsen. <https://www.udbud.dk/Hand-lers/File.ashx?fileid=79043>

Al-Hamdani, Z., Lars Ø. Hansen, Ø., Andersen, M.S., Witt, N., Owen, M., Dahlin, A., Rödel, L.G., Ole Bennike, Ernsten, V.B, Jensen, J.B., Nicolaisen, J., Gai F., Jensen D.J., Kjellerup S., Stæhr, M.W. Poulsen L.K. & Schmidt L.B. (2021) Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020 - Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End. Danmarks og Grønlands geologiske undersøgelse rapport 2021/25.

14. Bilag

Bilag 1: Eksempel på afgrænsning af naturtypen "Rev"

En mosaik af rev (hvide pletter) omgivet af en gruset/småstenet havbund. Hvert af de røde områder repræsenterer et rev med >80 % sten. På grund af opløsning af den sidescan baserede havbundsklassifikation er rev mosaikken i kortet slået sammen til et område klassificeret som rev. (fra Dahl et al, 2011).



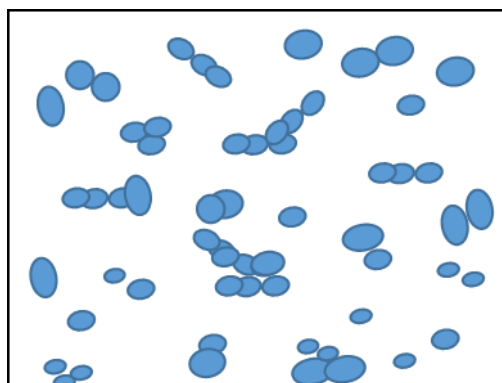
Bilag 2: Eksempel på design af et stenrev

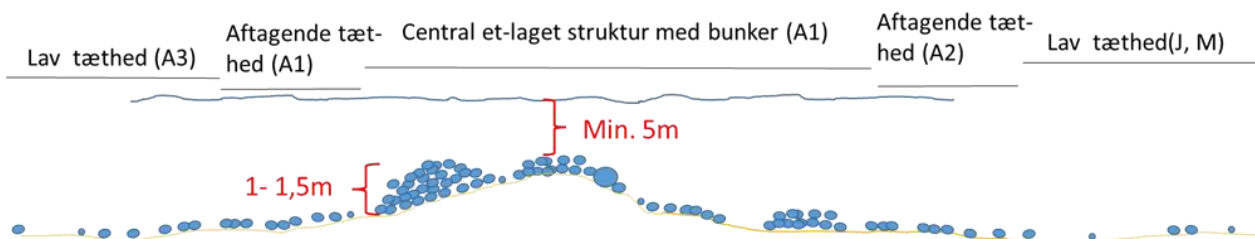
Tårbæk rev i Øresund er et eksempel på et projekt med grundige overvejelser omkring design af et stenrev (Göke og Dahl, 2022). En screeningsopgave for Øresunds regionen identificerede en række lokaliteter som egnede for naturgenopretning (Dahl og Göke 2021). Ud af disse blev Tårbæk Rev udvalgt af folketingets grønne aftaleudvalg. En undersøgelse af ændrede dybdeforhold af historiske søkort frem til forholdene i dag og et stort behov for store sten til kystsikring af Strandvejen samt havne i området sandsynliggjorde, at Tårbæk Rev var påvirket af stenfiskeri. En akustisk kortlægningsundersøgelse blev gennemført af området (WSP 2022), hvor enkelte tætte stenforekomster blev identificeret samt et større område med spredte større sten. Efter en supplerende ROV- og dykkerundersøgelse, der identificerede områder med tætte blåmuslingebanker og ålegræsbede, blev et egnet projektområde afgrænset (Göke og Dahl 2022).

Følgende kriterier blev opstillet som grundlag for en detailprojektering:

- Områder med tætte ålegræsbede og blåmuslingebanker skulle i videst muligt omfang undgås.
- Det identificerede egnede udlægningsområde blev opdelt i delområder.
- Overordnet var målet at øge den flademæssige udbredelse af stenforekomster. Dvs. hovedparten af sten skulle udlægges i et lag.
- De enkelte delområder skulle have varierende tætheder af sten.
- De udlagte sten måtte gerne udlægges i "klumper" for at skabe varierende komplekse habitater vekslende mellem sand/grusbund og tætte samlinger af sten med sprækker imellem som muligt fysisk gemmested for fisk (figur app-1).
- Tætheden af udlagte sten i de enkelte delområder aftager med øget afstand til eksisterende mindre stenforekomster.
- Områder med toppe (flere lag sten) etableres nær eksisterende toppe men dog kun til 5 meters dybde (sejladssikkerhed) (figur app-2).
- Udlægning af nye sten sker med en bufferzone med mindst 5 meter til eksisterende toppe med tætte sten.

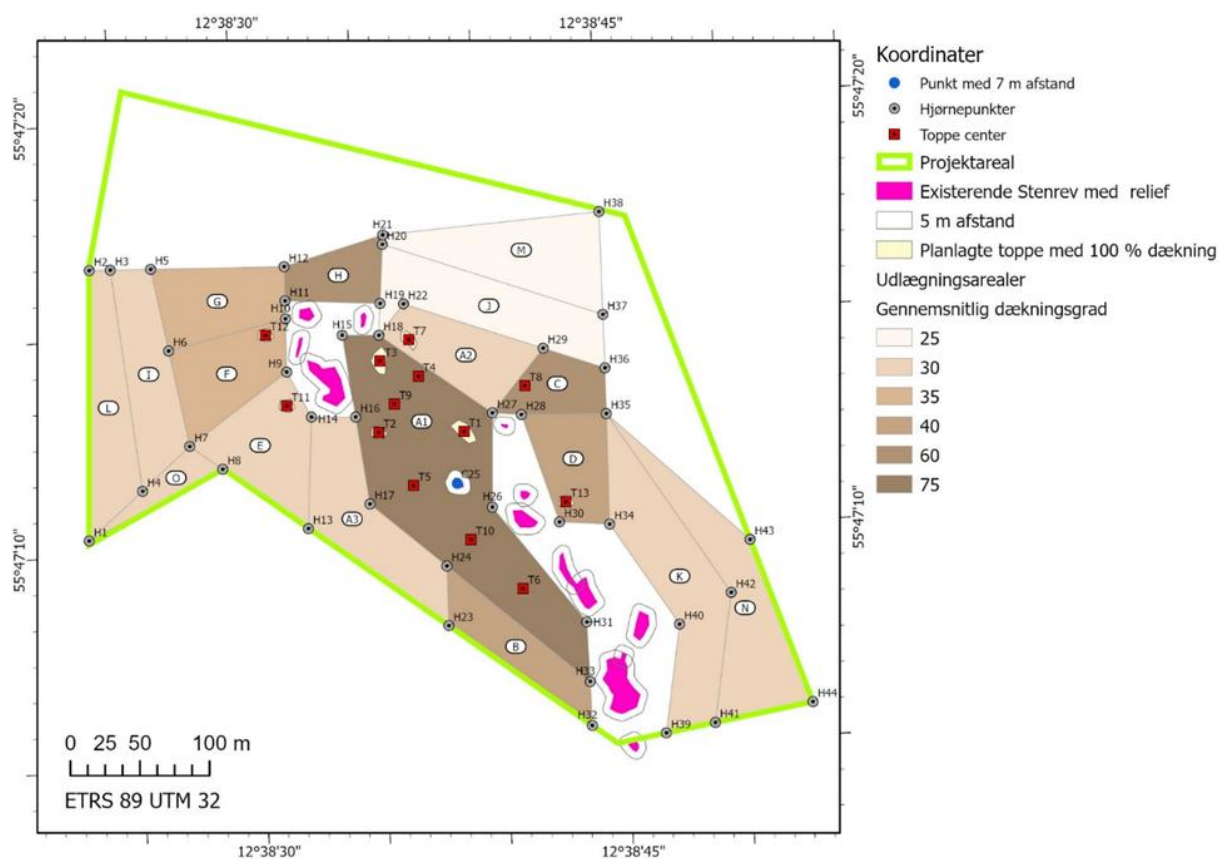
Figur app-1
Spredt men klumpet udlægning af sten på den oprindelige bund





Figur app-2 skematisk snittegning af udlagte sten fordelt på toppe og spredte sten med aftagende dækning bort fra kerneområdet.

Den endelige udlægningsplan fremgår af figur app-3 og der var i løsningsforslaget lavet en prioritering af de enkelte delområder fra det inderste kerneområde og ud mod de yderste områder. Planen dækkede fra starten et større område end der var forventning om, at den afsatte økonomi kunne dække. Forslaget muliggjorde en fleksibel løsning afhængig af omkostningerne ved restaureringsprojektet og den tillod en evt. senere tilførsel af nye sten uden yderligere planlægning og undersøgelser.



Figur app-3. Designplan for genopretning af stenrev ved Tårnbæk Rev. Dækningsgraden af sten planlagt udlagt i de forskellige delområder fremgår af legenden. Udlagte toppe med flerlagede sten er markeret med rødt. De eksisterende revformationer med tætte forekomster af større sten ses med lilla farve med et indtegnet bufferområde omkring.

Center for Marin Naturgenopretning ([Marin natur - Center for Marin Naturgenopretning](#)), er et samarbejde mellem Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience, DTU Aqua Institut for Akvatiske Ressourcer, Syddansk Universitet, Biologisk Institut, og Limfjordsrådet.



Centeret er finansieret af Miljøministeriet og Velux Fonden.



Centerets hovedformål er at fremme en vidensbaseret implementering af marin naturgenopretning, med henblik på at styrke marine økosystemers modstandsdygtighed, økologiske balance og en lang række økosystem tjenester i danske farvande.