

Kortlægning af marin
biodiversitet på stensætning
Lynetteholm



Projekt navn: Kortlægning af marin biodiversitet på stensætning – Lynetteholm

Projektejer: Udviklingselskabet By & Havn

Dokumenttype: Rapport

Version: 1.0

Dato: 25-06-2025

Udarbejdet af: Tim Dencker – Undervandsfotografi og Erhvervsdykning

Beskrivelse: Rapport med resultater af marin biodiversitetskortlægning på stensætningen for Lynetteholm og Trekroner Søfort, samt havbunden mellem Lynetteholm og Trekroner Søfort.

Indholdsfortegnelse

Indledning og baggrund	3
Metode	4
Resultater af kortlægningen	6
Station 1 - Fase 2 Vestlig perimeter	10
Station 2 - Fase 2 Østlig perimeter	13
Station 3 - Fase 1 Østlig perimeter	15
Station 4 - Fase 1 Østlig perimeter	19
Station 5 - Trekroner Søfort, referencestation	24
Station 6 - Trekroner Søfort, referencestation	29
Station 7 - Havbund mellem Lynetteholm og Trekroner Søfort	33
Diskussion	36
Den marine biodiversitet på stensætningen	36
Hvad kan forventes?	38
Konklusion	41

Indledning og baggrund

Lynetteholm er en kommende halvø og stormflodssikring mellem Refshaleøen og Nordhavn i København. Halvøens omkreds, kaldet perimeteren, etableres som en stendæmning i vandet i Øresund og stikker ca. 2,5 meter op over havoverfladen. Anlæg af perimeteren er inddelt i to faser: første fase (Fase 1) startede i 2022 og blev afsluttet i 2023, mens anden fase (Fase 2) startede i 2024 og forventes afsluttet i 2026. Den endelige omkreds af Lynetteholm kommer til at måle cirka 7 km.

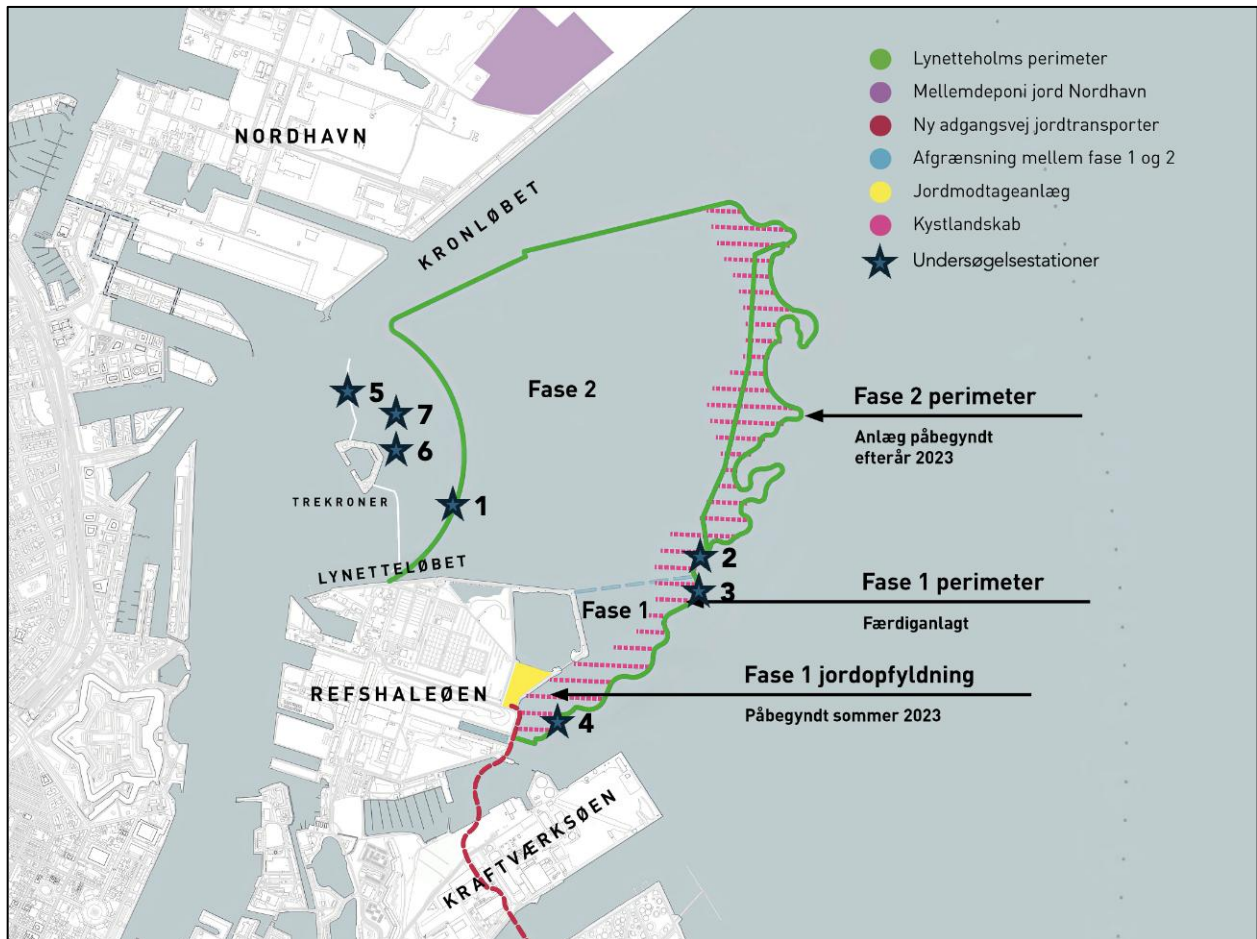
Med Lynetteholms placering i Øresund forventes det, at perimeterens stensætning under havets overflade kan udgøre et kunstigt stenrev. Stenrev er en vigtig naturtype, der ofte er præget af tætte tangskove og muslinger, der er med til at danne fødegrundlag og skjulested for en lang række arter. Da Fase 1-stensætningen har ligget i havet i 2-3 år, kan der allerede være sket en kolonisering af dyre- og planteliv på stenene. For at følge den igangværende kolonisering og etablering af liv på stensætningen, er der i april 2025 gennemført en visuel baselineundersøgelse af dyre- og plantelivet (ålegræs og andre blomsterplanter samt makroalger) på stensætningen ved Fase 1 og Fase 2, samt ved og ud for Trekroner Søfort og tilhørende stensætning.

Undersøgelsen er udført ved hjælp af punkt- og transektdyk med kamera. Formålet med undersøgelseerne har været todelt: ét, undersøge den marine biodiversitet på Lynetteholms stensætning og etablere en baseline for fremtidige undersøgelser, og to, sammenligne udviklingen mellem stensætninger i Fase 1 og Fase 2 og ældre stensætninger ved Trekroner Søfort, hvor dyre- og plantelivet har været til stede i mange årtier og derfor udgør en passende referencestation for, hvad der kan forventes ved Lynetteholm efter et vist antal år.

Denne rapport præsenterer resultaterne fra undersøgelserne med henblik på at etablere en baseline og førstehåndsindtryk af livet på Lynetteholms stensætning, og diskutere resultaterne i kontekst af, hvordan de forskellige stadier af kolonisering af dyre- og planteliv kan ske på et kunstigt stenrev i Øresund ved København.

Metode

For at kortlægge den marine biodiversitet på stensætningen ved Lynetteholm blev der gennemført en række punkt- og transektdyk med kamera den 27. og 28. april 2025 ved syv forskellige stationer dækkende både Fase 1 og Fase 2, samt Trekroner Søfortets stensætning og havbunden mellem Trekroner Søfort og den vestlige perimeter af Lynetteholm, se Figur 1.



Figur 1 – Grafisk fremstilling af stationernes placering langs Lynetteholms stensætning og Trekroner Søfort.

Rækkefølgen af stationer blev valgt ud fra stensætningens "alder" i havet og svarer til forskellige stadier af kolonisering af stensætninger ved Lynetteholm. Stationerne 1 og 2 ligger ved Fase 2-stensætningen, der er de senest placerede sten ved Lynetteholm. Stenene har kun ligget ganske kort, få måneder, i havet på det tidspunkt, hvor undersøgelserne fandt sted. Stationerne 3 og 4 ligger ved Fase 1-stensætningen, hvor stenene har ligget mellem 2-3 år i havet, mens station 5 og 6 ligger ved stensætningen ved Trekroner Søfort og repræsenterer referencestationer for baseline undersøgelser. Station 7 ligger på havbunden mellem stensætningen for Lynetteholm

og Trekroner Søfort. Station 7 indgår ikke i sammenligningen mellem undersøgelsens stationer, da den ikke indeholder stenrev.

Dyre- og plantelivet i havet varierer med vanddybden på grund af forskelle i blandt andet bølgepåvirkning, lysmængden og strømforhold, og der kan være store forskelle, selv i kystnære områder, mellem forskellige dybder. Ved stationerne 3, 4, 5 og 6 blev der derfor lavet dyk i flere forskellige dybder for at dokumentere eventuelle forskelle i plante- og dyrelivet. Der blev valgt tre forskellige dybdeintervaller: 0-1 meter, 2-3 meter og 4-5 meters dybde, hvor det var muligt. Ved station 7 blev der kun dykket ved havbunden for at dokumentere tilstedeværelsen af ålegræs. Ved station 1 blev der kun dykket i intervallerne 0-1 meter og 2-3 meter og ved station 2 kun i intervallet 0-1 meter, begge steder på grund af sediment i vandet og dårlig sigt.

Undersøgelsen blev udført som fridyk, altså uden dykkerflasker, og ved hvert dyk blev identificerede arter nedskrevet. Feltidentifikationen af arter blev suppleret med gennemgang af billeder og videoer fra punkt- og transektdyk efter hjemkomst. Undersøgelsen dækker som udgangspunkt større arter, kaldet makroskopiske arter, der kan ses med det blotte øje. Der er således ikke gennemført hverken indsamling af prøver eller mikroskopiske undersøgelser. Den endelige artsliste udgøres derfor af arter, der vil kunne observeres af lægmand, hvis man snorklede rundt ved stensætningen af Lynetteholm.

Tabel 1 – Nummerering, lokation og position på undersøgte stationer.

Stationsnummer	Fase/lokation	Position (breddegrad/længdegrad)
1	Fase 2 Vestlig perimenter	55.701691/12.619656
2	Fase 2 Østlig perimenter	55.699260/12.634278
3	Fase 1 Østlig perimenter	55.697935/12.637438
4	Fase 1 Østlig perimenter	55.691378/12.628031
5	Trekroner Søfort	55.706922/12.612710
6	Trekroner Søfort	55.703849/12.614756
7	Sandbund mellem Lynetteholm og Trekroner Søfort	55.704038/12.615067

Resultater af kortlægningen

På de syv stationer blev i alt identificeret 49 forskellige arter af hvirveldyr, hvirvelløse dyr, makroalger og blomstrende planter. Den gennemsnitlige artsrigdom var 29 arter, hvis Fase 2-stationerne ikke tælles med, da dyre- og plantelivet netop dér ikke har nået at etablere sig endnu. På Fase 1 stationerne 3 og 4 var den gennemsnitlige artsrigdom 32 arter.

Alle observerede arter er almindelige arter, der kan forventes ved stensætninger som ved Lynetteholm i Øresund. De hyppigst forekommende arter var brunalgerne sav- og blæretang og blåmuslinger, der sad i tætte formationer på Lynetteholms Fase 1 (Station 4 og Station 3) og referencestationerne ved Trekroner Søfort (Station 5 og Station 6). På referencestationerne ved Trekroner Søfort (Station 5 og Station 6), Fase 1 (Station 4), og dybere vanddybder på Fase 1 Station 3 var både sav- og blæretang og blåmuslinger ofte dækket af fedtemøg (samlet betegnelse for to fedtede, vatagtige arter kaldet dunalge og almindelig vatalge). Toplettet kutling var den hyppigst forekommende fisk og var til stede på alle stationer.

Der blev observeret enkelte arter, der ikke kunne identificeres til artsniveau. De er i stedet markeret med forslag i artslisten til hvilke arter, det potentielt kunne være, hvis det har været muligt at identificere kandidater eller markeret med familienavn.

Den fulde artsliste kan ses i Tabel 2.

Tabel 2 – Identificerede arter. "x" markerer, at arten er identificeret på den givne station.

Artsnavn (dansk)	Artsnavn (latinsk)	Gruppe	Fase 2		Fase 1		Referencestationer		Sandbund	Antal stationer, hvor arten er set
			Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7	
Blåmusling	<i>Mytilus edulis</i>	Bløddyr			x	x	x	x	x	5
Dyndsnegle	<i>Hydrobia ulvae</i>	Bløddyr				x			x	2
Sandmusling	<i>Mya arenaria</i>	Bløddyr							x	1
Stillehavsøsters (invasiv)	<i>Magallana gigas</i>	Bløddyr			x	x	x	x		4
Almindelige strandsnegl	<i>Littorina littorea</i>	Bløddyr	x		x	x	x	x	x	6
Ålegræs	<i>Zostera marina</i>	Blomstrende plante				x		x	x	3
Blæretang	<i>Fucus vesiculosus</i>	Brunalge			x	x	x	x	x	5
Savtang	<i>Fucus serratus</i>	Brunalge			x	x	x	x	x	5
Strengetang	<i>Chorda filum</i>	Brunalge						x	X	2
Almindelig båndtang	<i>Petalonia fascia</i>	Brunalge			x					1
Fedtemøg	<i>Ectocarpus penicillatus/Pilayella littoralis</i>	Brunalger	x	x	x	x	x	x	x	7
Europæisk ål	<i>Anguilla anguilla</i>	Fisk			x		x			2
Havkarusse	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Fisk			x	x	x	x		4
Lille tangnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>	Fisk			x	x	x	x	x	5
Havørred	<i>Salmo trutta trutta</i>	Fisk			x					1
Sandkutling	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Fisk				x			x	2

Skrubbe	<i>Platichthys flesus</i>	Fisk				x		x	x	3
Sortmundet kutling (invasiv)	<i>Neogobius melanostomus</i>	Fisk				x			x	2
Stor tangnål	<i>Entelurus aequoreus</i>	Fisk				x		x	x	3
Toplettet kutling	<i>Gobiusculus flavescens</i>	Fisk	x	x	x	x	x	x	x	7
Trepigget hundestejle	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Fisk			x		x			2
Rørhinde sp	<i>Ulva sp</i>	Grønalg	x		x	x	x	x		5
Søsalat	<i>Ulva lactuca</i>	Grønalg				x	x	x		3
Vandhår sp	<i>Cladophora sp.</i>	Grønalg			x		x	x		3
Almindelig børstetråd	<i>Chaetomorpha linum</i>	Grønalg			x					1
Kræmmerhusalg	<i>Monostroma grevillei</i>	Grønalg			x					1
Kalkrørsorme	<i>Spirorbis sp.</i>	Havbørsteorme			x	x	x	x		4
Sandorm	<i>Arenicola marina</i>	Havbørsteorme						x	x	2
Hydroider sp	<i>Obelia dichotoma/Halecium halecinum</i>	Hydroide			x	x	x	x		4
Køllepolyp	<i>Clava multicornis</i>	Hydroide			x		x			2
Klokkepolyp	<i>Laomedea flexuosa</i>	Hydroide					x	x		2
Granpolyp	<i>Abietinaria abietina</i>	Hydroide					x			1
Pungreje	<i>Praunus flexuosus</i>	Krebsdyr				x	x			2
Rur	<i>Semibalanus balanoides</i>	Krebsdyr			x	x	x	x		4
Strandkrabbe	<i>Carcinus maenas</i>	Krebsdyr			x	x	x	x	x	5
Tanglus sp	<i>Ideotea sp</i>	Krebsdyr		x	x	x	x	x		5
Tangreje	<i>Palaemon elegans</i>	Krebsdyr			x	x	x	x	x	5
Hindemosdyr	<i>Membranipora membranacea</i>	Mosdyr			x	x	x	x		4

Almindelig vandmand	<i>Aurelia aurita</i>	Nældedyr			x		x	x	x	4
Rød brandmand	<i>Cyanea capillata</i>	Nældedyr			x	x				2
Carrageentang	<i>Chondus crispus</i>	Rødalge			x	x	x	x		4
Gaffeltang	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	Rødalge				x				1
Klotang	<i>Ceramium sp</i>	Rødalge			x					1
Purpurtråd	<i>Bangia fuscopurpurea</i>	Rødalge			x	x	x	x		4
Horntang	<i>Ahnfeltia plicata</i>	Rødalge					x	x		2
Rødtot/pudderkvastalge	<i>Bonnemaisonia hamifera/Spermothamnion repens</i>	Rødalge			x		x	x		3
Ledtang sp	<i>Polysiphonia sp</i>	Rødalge			x	x	x	x		4
Dumontalge	<i>Dumontia contorta</i>	Rødalge			x					1
Hav-hildenbrandia	<i>Hildenbrandia rubra</i>	Rødalge			x		x	x		3
Arter i alt: 49		Antal arter per station:	4	3	34	30	32	32	19	

Station 1 - Fase 2 Vestlig perimeter

Station 1 ligger på den vestlige del af Lynetteholms stensætning, som vender ind mod Trekrone Søfort og er en del af Fase 2. Stenene ved Station 1 har kun ligget ganske få måneder i vandet på tidspunktet for biodiversitetskortlægningen, og der er kun registreret få arter. De øverste sten dækkes dog allerede af den opportunistiske enårige grønalgørørhinde, mens dybereliggende sten har begyndende enårige rødalger, som kunne være fedtemøg. Dyrelivet er sparsomt, og der blev kun set mindre stimer af toplettet kutling og få individer af strandsnegle. I alt blev der set 4 arter ved Station 1.

På grund af dårlig sigt blev der kun dykket fra 0-3 meter.



Figur 2 - Nylagt sten ved Station 1 ved Fase 2 med tyndt lag af sediment. Taget på 2 meters dybde.



Figur 3 - Nylagt sten ved Station 1 ved Fase 2. Stenen er dækket af for nyligt koloniserede grønalger, formentlig arten rørhinde. Taget på 0-1 meters dybde.



Figur 4 - Nylagt sten ved Station 1 ved Fase 2. Stenen er dækket af for nyligt koloniserede opportunistiske grønalg, formentlig rørhinde sp, samt enkelte individer af almindelig strandsnegl. Taget på 1-2 meters dybde.

Station 2 - Fase 2 Østlig perimeter

Station 2 ligger på den østlige del af Lynetteholms stensætning og udgør sammen med Station 3 de to østligste og mest strøm- og bølgeeksponerede stationer i biodiversitetskortlægningen. Stenene ved Station 2 har, tilsvarende Station 1, kun ligget ganske få måneder i vandet ved tidspunktet for kortlægningen.

Som ved Station 1 er de øverste sten allerede dækket af den opportunistiske enårige grønalgørørhinde, mens dybereliggende sten har begyndende enårige rødalger, som kunne være fedtemøg. Dyrelivet er sparsomt, og der blev kun observeret enkelte tanglus i de tynde lag af fedtemøg. I alt blev der set 3 arter ved Station 2.

På grund af dårlig sigt og strøm blev der kun dykket fra 0-3 meter.



Figur 5 – Nylagte sten ved station 2 ved Fase 2. Stenene er dækket af for nyligt koloniserede opportunistiske grønalger, formentlig rørhinde sp. og fedtemøgsagtige alger – taget på 0-1 meters dybde.



Figur 6 - Nylagte sten ved Station 2 ved Fase 2. Stenene er dækket af for nyligt koloniserede opportunistiske fedtemøgsagtige alger – taget på 2-3 meters dybde.

Station 3 - Fase 1 Østlig perimenter

Station 3 ligger i den nordligste del af Fase 1-stensætningen for Lynetteholm og er eksponeret mod Øresund. Stationen er derfor præget af den relativt kraftige strøm, der kan løbe hen over Middelgrunden lige øst for stationen, og er eksponeret for bølger ved østlige og sydlige vindretninger. Der er maksimalt 10-12 meters vanddybde, og der blev kortlagt arter ned til 5 meters dybde. Stensætningen ved Station 3 har ligget i vandet i cirka to år. Stenene måler cirka 150–200 centimeter i diameter, og stensætningen har store hulrum og varieret topografi, hvor der er mange forskellige mikrohabitater med varierende strøm- og lysforhold.

Forskellen på højvande og lavvande ved København er meget lille og er omkring 15 centimeter. Livet på stensætningen oplever derfor ikke store tidevandsforskelle og kun en lille del af stensætningen er indenfor den daglige forskel for højvande og lavvande, hvor kortvarig og regelmæssig udtørring kan ske. Livet i dette smalle bælte omkring 0 meters vanddybde er dog stadig præget af arter, der er tilpasset livet i tidevandszonen, hvor der kan komme kortvarig udtørring. Det tæller blandt andet blæretang, grønalgens rørhinde, rødalgens purpurtråd, krebsdyret rur, blåmuslinger, og den invasive stillehavsøsters. Lige under den smalle tidevandszone ses tættere dække af savtang. Den har det bedst med at være dækket af vand og af samme grund, findes den ofte på ydersiden og på lidt dybere vand end blæretangen, som bedre tolererer kortvarig udtørring.

Der blev kun set relativt lidt fedtemøg på det resterende dyre- og planteliv i de øverste 0-1,5 meter af stensætningen. Dette kan skyldes den kraftige bølge- og strømpåvirkning, der kan være på stationen, som forhindrer fedtemøget i at etablere sig. I samme dybdeinterval ses der en stor variation af liv med en blanding af makroalger som *Fucus*-arter, klotang, typiske forårsalger som dumontalge og almindelig båndtang, samt kræmmerhusalge, vandhår, rurer, blåmuslinger og hindemosdyr.

Fra 1,5 til 5 meters dybde bliver påvirkningen fra bølger mindre, og den mere varierede artssammensætning fra 0-1,5 erstattes gradvist af et mere homogent samfund, hvor de dominerende arter er savtang og blåmuslinger med højere forekomster af fedtemøg og enkelte rødtot eller pudderkvastalger. Både tang og muslinger var præget af et tyndt lag sediment.

I makroalgerne i alle dybder blev der set rurer, tanglus, tangrejser og strandkrabber, mens der på blåmuslinger blev set hindemosdyr og enkelte hydroider.

På stationen blev der set karakteristiske Øresundsarter som stimer af toplettet kutling og trepigget hundestejle og enkelte individer af lille tangnål og havkarusse. Mellem stenene blev der set en enkelt ål og i vandsøjlen ved stensætningen svømmede en enkelt havørred forbi.

I alt blev der set 34 arter på Station 3, og den er dermed den mest artsrige station i biodiversitetskortlægningen også set i forhold til de to referencestationer ved Trekrøner Fortet.



Figur 7 – Bevoksning af alger og blåmuslinger påstensætningen ved Station 3 ved Fase 1. Taget på 0-1 meters dybde.



Figur 8 – Lille tangnål og tæt dække af blåmuslinger og rurer på stensætningen ved Station 3 ved Fase 1. Taget på 3 meters dybde.



Figur 9 – Savtang og blåmuslinger dækket af opportunistiske fedtemøgsalger ved Station 3 ved Fase 1. I baggrunden ses enkelte individer af toplettet kutling. Taget på 4-5 meters dybde.

Station 4 - Fase 1 Østlig perimenter

Station 4 ligger ved den sydlige del af Fase 1-stensætningen for Lynetteholm og er eksponeret for bølger ved østlige og sydøstlige vindretninger. Der er maksimalt 7 meter dybt ved stationen, og ved de dybeste dele af stensætningen er havbunden præget af sand. Stensætningen ved Station 4 har ligget i vandet i to til tre år. Stenene måler cirka 150–200 centimeter i diameter, og stensætningen har store hulrum og varieret topografi, hvor der er mange forskellige mikrohabitater med varierende strøm- og lysforhold.

Ligesom ved stationerne 3, 5 og 6 er artssammensætningen på den øverste del af stensætningen præget af arter, der er tilpasset livet i tidevandszonen, hvor der kan komme kortvarig udtørring. Det tæller blandt andet blæretang, grønalg, rørhinde, rødalgerne purpurtråd og ledtang, krebsdyret rur, stillehavsøsters og blåmuslinger. Som ved Station 3, er der lige under den smalle tidevandszone også tætte forekomster af savtang.

Fra 0,5 til 7 meter begynder savtang og blåmuslinger at være de dominerende arter i dækningsgrad på samtlige sten. På skyggesider af stenene er der næsten 100% dækningsgrad af blåmuslinger med indslag af rurer og hindemosdyr og enkelte individer af rørhinde-alger, rødtot/pudderkvastalger og ledtang. I takt med at vanddybden stiger, er både savtang og blåmuslinger i stigende grad dækket af fedtemøgsalger, og ved cirka 2 meters dybde er stort set hele stensætningens tangskov og blåmuslinger dækket af fedtemøg eller rødtot/pudderkvastalger.

Ved cirka 7 meters dybde stopper stensætningen og havbunden består af sandbund. Tæt ved stensætningen ses spredte forekomster af ålegræs og plamager af fedtemøg.

Blandt tangplanter og blåmuslinger ses tang- og pungrejer, strandsnegl, strandkrabber, og fasthæftede kalkrørsorme og hindemosdyr præger flere steder savtangen og blåmuslinger. Der ses karakteristiske Øresundsarter som havkarusse, skrubbe, lille og stor tangnål, sand- og sortmundet kutling, samt stimer af toplettet kutling langs stensætningen. I alt blev der set 30 arter på Station 4.



Figur 10 – Tæt dække af sav- og blæretang, samt blåmuslinger på stensætningen ved Station 4 ved Fase 1. Taget på 0-1 meters dybde.



Figur 11 - Lille tangnål blandt sav- og blæretang dækket af opportunistiske fedtemøgsalger ved Station 4 ved Fase 1. De små hvide "prikker" på savtangen er cryptostomata, der indeholder slimhår. Slimhårene er med til at holde tangplanten fugtig under potentiel udtørring. Taget på 0-1 meters dybde.



Figur 12 – Næsten 100 % dække af opportunistiske fedtemøgssalger på savtang og blåmuslinger på 5 meters dybde ved Station 4 ved Fase 1.



Figur 13 – Spredte forekomster af ålegræs på kanten af stensætningen ved havbunden ved Station 4 ved Fase 1. De enkelte ålegræsstrå er ikke dækket af fedtemøg, der dog dækker store dele af stensætningen og forekommer på havbunden. Taget på cirka 7 meters dybde.

Station 5 - Trekroner Søfort, referencestation

Station 5 ligger på den nordlige bølgebryder ved Søfortet Trekroner og består af en stensætning med 100-200 cm store sten. Bølgebryderen blev anlagt i vandet for ca. 130 år siden.

Stensætningen har store hulrum og varieret topografi, hvor der er mange forskellige habitater med varierende strøm- og lysforhold. Der er en maksimal vanddybde på cirka 6 meter. Livet omkring 0 meters dybde er præget af arter, der er tilpasset livet i tidevandszonen, hvor der kan komme kortvarig udtørring. Som ved Station 3, 4 og 6 tæller det blandet andet blæretang, grønalgen rørhinde, rødalgen purpurtråd, krebsdyret rur, stillehavsøsters og blåmuslinger. Lige under den smalle tidevandszone findes også tætte forekomster af savtang. Tilsvarende Station 6 er havbunden omkring stensætningen præget af sand, der efter få meter har forekomster af ålegræs som beskrevet for Station 7.

Som ved Station 3 og 4 er de mest dominerende arter sav- og blæretang med højt dække af blåmuslinger med fastsiddende rurer og spredte stillehavsøsters under overfladen af tangplanterne. Spredt mellem blåmuslinger og sav- og blæretang er der en lang række rød- og grønalger som for eksempel carrageentang, klotang eller ledtang og vandhår.

Ved cirka 2 meters dybde begynder diversiteten af rød- og grønalger at falde, og stensætningen domineres i endnu højere grad af savtang med underliggende blåmuslinger og ruer. Savtangen er mange steder dækket af fedtemøg-alger, der blokerer for sollyset og hindrer vandgennemstrømning til lagene under savtangen.

I hulrummene i stensætningen, hvor mindre sollys trænger ind, forsvinder de større tangarter som sav- og blæretang. Stenene dækkes fortsat i høj grad af vandfiltrerende blåmuslinger og rurer med enkelte indslag af hindemosdyr og mindre rødalger, og tætsiddende kolonier af forskellige arter af hydroider, for eksempel køllepolyp.

Karakteristiske Øresundsfiskearter som toplettet kutling, ål, trepigget hundestejle, lille tangnål og havkarusse blev alle set ved stensætningen.

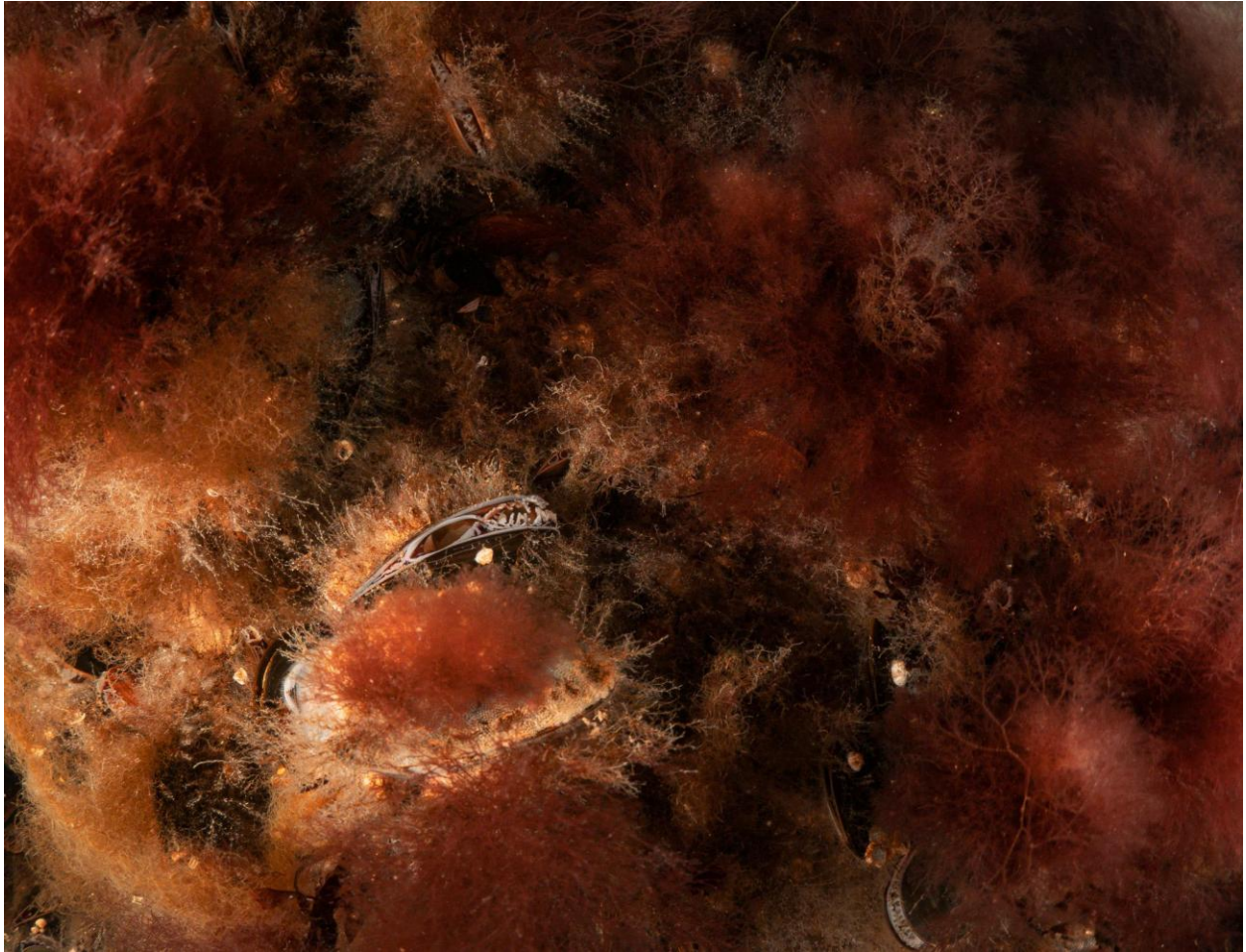
I alt blev der observeret 32 arter ved Station 5



Figur 14 – Savtang med cryptostomata dækket af fedtemøg ved Station 5 ved Trekrøner Søfort. Under savtangen ses høje tætheder af blåmuslinger og enkelte hydroider, grønalger og potentielt rødalgen carrageentang. Taget på 0-1 meters dybde.



Figur 15 – Tætte forekomster af blåmuslinger, rurer og forskellige arter af hydroider ved stensætningen ved Station 5 ved Trekroner Søfort. Taget på 1-2 meters dybde.



Figur 16- Spredte blåmuslinger og rurer dækket af hydroider og rødalger ved Station 5 ved Trekroner Søfort. På enkelte af blåmuslingerne ses hindemosdyr som et hvidt dække. Taget på 1-2 meters dybde.



Figur 17 – Tæt dække af fedtemøgسالger på savtang ved Station 5 ved Tre Kroner Søfort. Taget på 5 meters dybde.

Station 6 - Trekroner Søfort, referencestation

Station 6 ligger ved stensætningen omkring selve Trekroner Søfort og udgøres hovedsageligt af store sten i størrelsesordenen 50-150 centimeter med enkelte hulrum. Stenene har forventeligt ligget i vandet i ca. 200 år. Der er cirka 4-5 meter dybt ved stensætningens kant, og havbunden omkring stensætningen er præget af sand, der efter få meter bliver dækket i ålegræs som beskrevet for Station 1. Stensætningen står ved lavvande over vand, og artssammensætningen i de øverste 0-1 meter af stensætningen og toppen af stenene er præget af arter, der er tilpasset livet i tidevandszonen, hvor der kan komme kortvarig udtørring. Det tæller blandt andet blæretang, grønalgen rørhinde, rødalgerne purpurtråd og ledtang, krebsdyret rur, østers og blåmuslinger.

Under overfladen er stensætningen hovedsageligt dækket af sav- og blæretang. Blæretang er begrænset til de øverste 0-1 meter, hvorefter savtang dominerer på dybere vand. Mange steder blev der observeret fedtemøg. Under brunalgerne er stenene dækket af flere fastsiddende arter som hindemosdyr, rurer, hydroider, østers, og toftede arter af brun-, rød og grønalger fx rødtot og vandhår, samt mobile arter som almindelig strandsnegl og tanglus. Blandt sten og tangplaner er der observeret en række fiskearter, heriblandt toplettet kutling, skrubbe, stor og lille tangnål og sandkutlinger ved bunden af stensætningen. I alt blev der observeret 32 arter på Station 6



Figur 18 – Blæretang dækket af fedtemøg i tidevandszonen ved Station 6 ved Søfortet Trekroner. På stenene over vandoverfladen ses enkelte rurer. Taget på 0-1 meters dybde.



Figur 19 – Savtang dækket af spredte fedtemøgsalger ved Station 6 ved Søfortet Trekroner. De små korte hvide "hår" på savtangen er slimhår i cryptostomata. Taget på 3 meters dybde.



Figur 20 – Carrageentang, grønalg, gaffeltang og hydroider i dække af sav- og blæretang ved Station 6 ved Søfortet Trekroner. I baggrunden ses spredte forekomster af fedtemøg. Taget på 1-2 meters dybde.

Station 7 - Havbund mellem Lynetteholm og Trekroner Søfort

Station 7 ligger på sandbunden mellem Trekroner Søfort og den nye vestlige stensætning for Lynetteholm. Havbunden bestod hovedsageligt af sand med enkelte indslag af sten op til 15 centimeter i diameter. Sandbunden var præget af forekomster af ålegræs. Forekomsten af ålegræs varierede fra tætte bede med 100 % dækningsgrad til mere spredte planter. Flere steder i ålegræsengen stod der stande af sav- og blæretang med påhæftede blåmuslinger. Selvom der blev observeret fedtemøg nede mellem ålegræsset, var de enkelte ålegræsstrå frie for epifytiske alger (altså alger, der lever på andre organismer, herunder andre tangarter og ålegræs). På de fleste strå sidder der dyndsnegle, og enkelte tanglus og rejer svømmer rundt og sidder på ålegræsset og tangplanterne. Sandbunden bærer præg af tilstedeværelsen af børsteorme og hvide skaller fra muligvis hjertemuslinger. Blandt ålegræsset og på sandbunden blev der identificeret flere arter af fisk, der alle er typiske for ålegræsenge. Det omfatter skrubbe, både lille og stor tangnål og kutlinger, som topletet kutling og sandkutling. Den invasive kutlingeart, sortmundet kutling, blev også observeret på sandbunden, dog kun i et enkelt individ.

I alt blev der set 19 arter på Station 7.



Figur 21 – Ålegræs med dyndsnegle og fedtemøg ved Station 7, havbunden mellem Lynetteholms vestlige perimeter og Søfortet Trekroner. På havbunden ses spor efter havbørsteorm.



Figur 22 - Ålegræs med dyndsnegle og fedtemøg ved Station 7, havbunden mellem Lynetteholms vestlige perimeter og Søfortet Trekroner.



Figur 23 Ålegræs med dyndsnegle og fedtemøg ved Station 7, havbunden mellem Lynetteholms vestlige perimeter og Søfortet Trekroner. På havbunden ses spor efter havbørsteorme.

Diskussion

Den danske havbund er generelt præget af blødere substrater som grus, sand og mudder, men indimellem støder man på større samlinger af sten, der udgør de danske stenrev. Stenrevene udgør en vigtig naturtype, der ofte understøtter et artsrigt og unikt dyre- og planteliv, og mange arter kræver netop revenes hårde substrat for at trives. Det gælder blandt andet mange af de danske tangarter, muslingearter og rurer, og mange arter af fisk og hvirvelløse dyr er tilknyttet tangskovene på revene. Stenrev har derfor potentiale til at facilitere både skjul, fødegrundlag og opvækststed for en lang række af de danske marine arter. Stenrevenes udbredelse og revenes økologiske tilstand er desværre gået kraftigt tilbage i danske farvande som følge af stenfiskeri og presfaktorer som for eksempel næringsstofbelastning. Der er i dag derfor øget fokus på aktiv genopretning af stenrev og fokus på stenrevenes arter og økologiske funktioner.

Stensætningen omkring Lynetteholm vil udgøre et cirka 7 kilometer langt kontinuerligt kunstigt stenrev, når den forventes at stå færdig i 2026. Mange af de anvendte sten i stensætningen måler mellem 100 og 200 cm, og med stensætningens udformning omkring selve halvøen Lynetteholm vil de eksponerede stenflader og store hulrum udgøre en betydelig variation i habitater skabt af forskellige strøm-, lys og bølgeforhold. På den måde udgør stensætningen en mere naturlig habitattype end de omkringliggende kajanlæg, der ofte står med lodrette homogene spunsvægge.

De første sten i perimeteren for Lynetteholm blev lagt i 2022, og arbejdet forventes at fortsætte indtil 2026. Nogle af stenene i Lynetteholms stensætning har derfor kun ligget få måneder i vandet, andre har ligget 2-3 år, mens stenene ved referencestationerne ved Søfortet Trekroner har ligget i vandet i over 100 år. De forskellige stationer repræsenterer derfor potentielt forskellige stadier af kolonisering på et stenrev, og det har derfor været aktuelt at undersøge, hvordan livet på stensætningen har udviklet sig de seneste år og diskutere, hvad der kan forventes af et kunstigt stenrev som stensætningen ved Lynetteholm i Øresund ved København.

Den marine biodiversitet på stensætningen.

Der har tidligere været gennemført undersøgelser af ålegræsset, bundfaunen og det generelle dyreliv ved Lynetteholm i forbindelse med baselineundersøgelser og miljøvurderingsprocesser. Dog er biodiversitetskortlægningen på stensætningen den første af sin slags på Lynetteholm. Kortlægningen er gennemført ved fridykning i den øverste del af vandsøjlen suppleret med artsidentifikation ved gennemgang af billeder og videoer. Der er således ikke indsamlet prøver til videre artsidentifikation eller genetiske undersøgelser. Resultaterne udgør derfor et førstehåndsindtryk af, hvilke arter, der er til stede på stensætningen, og arternes fordeling.

Livet på stensætningen bestemmes især af mængden af sollys, fysiske forstyrrelser forårsaget af bølger og strøm, samt mængden af næringsalte. Disse parametre kan variere på meget små skalaer og være med til at skabe stor artsrigdom på stenrev. I alt blev der identificeret 49 arter af tang, blomstrende planter, fisk og hvirvelløse dyr på tværs af de syv stationer. Stationernes beliggenhed betyder, at der er blevet undersøgt en relativ stor variation af de strøm- og bølgeforhold, der måtte gøre sig gældende for stensætningens fulde længde. Dog med undtagelse af de nordlige dele af fase 2, som ikke er etableret endnu og de dybere dele af stensætningen, som ikke kunne nås ved fridykning. Som supplement til undersøgelserne på stensætningen for Lynetteholm blev dyre- og plantelivet også undersøgt på det gamle Trekroner Søfort og på sandbunden mellem Lynetteholm og Trekroner Søfort. Med undersøgelsernes omfang og stationernes lokationer må det antages, at de identificerede arter udgør et repræsentativt udsnit af de mest almindelige arter, der kan ses ved kystnære stenrev i Øresund og ved København.

Selv med cirka 7 km stensætning og højder på mellem 5 og 12 meter, er pladsen på stenene begrænset og udgør et habitat, hvor der er hård konkurrence om at finde fodfæste og etablere sig. Kun i områder med stor fysisk forstyrrelse blev der observeret "nøgne" sten, og selv ved Fase 2-stationerne var der allerede spor af opportunistiske algearter, selvom stenene kun har ligget kortvarigt i vandet. Stenenes overflader var ellers generelt dækket af makroalger og fastsiddende hvirvelløse dyr som blåmuslinger, rurer, hydroider og mosdyr.

Der blev identificeret 19 arter af flerårige og én-årige makroalger på stationerne på Lynetteholm og referencestationerne ved Trekroner Søfort. *Fucus*-arterne sav- og blæretang var de mest almindelige på tværs af alle dybder og alle stationer. Ved dybder på over 1 meter var store områder af tangskoven dækket af fedtemøg, hvilket er forventeligt for stenrev i næringsstofbelastede områder efter varme og solrige perioder i foråret i Danmark. Ved stationer med relativt lille bølge- og strømeksponering (Station 4, 5 og 6) var *Fucus*-arterne dominerende fra 0 meter til maksimal dybde, mens der ved Station 3, med kraftig strøm og bølgeeksponering, var større artsdiversitet og mere lige fordeling af de forskellige arter af tang. Denne forskel fremstår tydeligt, hvis man sammenligner artssammensætningen på figur 7 og figur 10, hvor figur 7 repræsenterer en bølgeeksponeret station i de øverste 0-1,5 meter af vandsøjlen. Her er den konstante fysiske påvirkning fra bølgeslag formentlig med til at muliggøre, at flere forskellige arter af brun-, rød- og grønalger kan konkurrere om den begrænsede plads på stenene i lysforhold, der tillader vækst. Dette blev også tydeliggjort af, at *Fucus*-arterne allerede dominerede efter halvandens meters dybde, hvor bølgepåvirkningen var betragteligt lavere.

Makroalgerne er både afhængige af stenrevets hårde substrat, men er også medvirkende til at andre arter kan kolonisere stenrevet. Makroalgerne danner levesteder for en lang række arter, der kan være mere eller mindre specialiseret til at sidde i og på tangen. Dette omfatter blandt andet kalkrørsorme, krebsdyr som tanglus og epifytiske tangarter, der fasthæfter sig på andre

tangplanter. En lang række fisk bruger vegetationen og hulerne mellem sten som skjulesteder og søger føde eller gyder i og nært stenrev. Samtidig medvirker de store huledannende sten til, at der opstår stor variation i habitater. På skyggesiden af stenene kan filtrerende dyrearter, som hydroider, rurer og blåmuslinger, trives uden konkurrence fra de lyskrævende tangarter. Dette ses mest tydeligt ved Station 5, hvor tætte formationer af hydroider, rurer og blåmuslinger blev observeret på bagsiden af en stor sten med få indslag af rødalger, som for eksempel på figur 15. Stensætningen faciliterer også andre fysiske miljøer ved deres blotte tilstedeværelse. Mellem stenene aflejres sand og grus, som karakteriseres ved deres egne bunddyrssamfund og fiskearter, som oftest er helt eller delvist nedgravede.

De identificerede fisk og mobile arter af hvirvelløse dyr udgør alle arter, der er almindelige og forventelige for kystnære stenrev i Øresund omkring København eller længere nordpå. Dette gælder både de identificerede arter ved Lynetteholms stendæmninger og referencestationerne ved Trekroner Søfort. Mindre fisk, som toplettet kutling og trepigget hundestejle blev set i store stimer, og sammen med hvirvelløse dyr udgør fiskene også et vigtigt fødegrundlag for havfugle, der kan finde føde i tangen ved lavvande eller dykke efter deres føde. Her udgør for eksempel blåmuslinger en vigtig fødekilde for blandt andet edderfugle.

Hvad kan forventes?

Stensætningen ved Trekroner Søfort (Station 5 og Station 6) har indtil starten af anlæg af perimeteren for Lynetteholm udgjort et eksponeret vestligt kunstigt stenrev ud mod Øresund og har ligget der i mere end 100 år. Stensætningen udgør derfor et passende referencepunkt for, hvad der kan forventes af dyre- og planteliv ved den østlige perimeter af Lynetteholm. Dog skal det bemærkes, at den nye østlige Lynetteholm ligger mere eksponeret mod Øresund, hvor strøm- og bølgeforhold kan være anderledes end inde ved Trekroner Søfort, der ligger mere beskyttet mellem Refshaleøen og Nordhavn. Med undtagelse af stationerne 1, 2 og 7, hvor der henholdsvis var nylagte sten og sandbund med ålegræsenge, var der en relativt stor grad af overlap af identificerede arter mellem de fire stationer, der lå ved stensætningen for Fase 1, samt Trekroner Søfort. 20 arter gik igen mellem de fire stationer, svarende til 62,5 % af den gennemsnitlige artsrigdom på de fire stationer. Mellem parvise stationer, var der betydeligt større overlap, som det kan ses i tabel 3, hvor samtlige parvise sammenligninger havde et overlap på over 80%. Altså at minimum 4 ud af 5 arter går igen mellem to givne stationer.

Referencestationerne 5 og 6 havde det største overlap i arter, med cirka 90 % overlap, hvor altså 9 ud af 10 arter går igen på begge stationer. Dette kan skyldes, at stationer ligger meget tæt på hinanden (cirka 70 meters afstand) og begge er ved stensætninger, der har ligget meget længe i vandet og har tilsvarende habitater, hvor artssamfundene har kunne bevæge sig i samme retning i forhold til kolonisering, etablering og udskiftning af arter, den såkaldte succession.

De resterende stationer, 3 og 4, der begge er ved Fase 1 stensætningen, der cirka er 2-3 år gamle, har også relativt høj grad af sammenfald af arter med Station 5 og 6 og mellem sig. De parvise sammenligninger viser et overlap på cirka 80-85 % mellem stationerne, hvilket tyder på, at mange af de arter, der allerede har koloniseret og etableret sig på Fase 1-stationerne 3 og 4, kan forventes fortsat at være til stede i de kommende mange år.

Tabel 3. Parvis sammenligning af identificerede arter mellem stationer ved Fase 1 stensætningen (Station 3 og 4) og referencestationer ved Trekroner Søfort stensætning (Station 5 og 6). Procenttallet repræsenterer overlappet i arter mellem to stationer.

Stationer	Fælles arter	Procentvis overlap i arter
Station 3 (Fase 1) & Station 4 (Fase 1)	26	81,3 %
Station 3 (Fase 1) & Station 5 (referencestation)	28	84,8 %
Station 3 (Fase 1) & Station 6 (referencestation)	27	81,8 %
Station 4 (Fase 1) & Station 5 (referencestation)	27	87,1 %
Station 4 (Fase 1) & Station 6 (referencestation)	26	83,9 %
Station 5 (referencestation) & Station 6 (referencestation)	29	90,6 %

De resterende cirka 15-20 %, der udgøres af arter, der ikke overlapper i tilstedeværelse på stationerne, kan skyldes flere ting. Variationer i habitater på grund af forskelle i fysiske og kemiske forhold, manglende kolonisering eller manglende identifikation, selvom arterne reelt er til stede, kan alle lede til forskelle i parvise sammenligninger.

Mens samfundene har stort artsoverlap, kan den større eksponering mod Øresunds bølger og strøm ved Middelgrund betyde, at stationerne på den østlige stensætning i især Fase 2 kan blive præget af samfund, der ikke overlapper med samfundene på Trekroner Søfort og tilhørende stensætning. Den sydlige Station 4 på Fase 1-stensætningen ligger ved mere rolige strøm og bølgeforhold tættere på Refshaleøen og fremtidige undersøgelser kan potentielt vise, at dyre- og plantelivet vil bevæge sig mere i retning af de samfund, der præger stationerne ved Trekroner Søfort, hvor der lignende bølge- og strømforhold. Ved et mere detaljeret undersøgelsesprogram vil man uden tvivl kunne identificere flere arter og få et mere retvisende billede af artssamfundenes ligheder og forskelle. I takt med, at kortlægningen udføres i højere detaljegrad, er det også muligt, at små variationer mellem stationerne vil give ophav til større forskel i artssammensætningen. Dog viser resultaterne, at der efter relativt kort tid, 2-3 år, er etableret et dyre- og planteliv på stensætningen, der minder om de ældre og mere etablerede artssamfund på de gamle stensætninger på Trekroner Søfort. Det store overlap i arter mellem Fase 1 stensætningen og referencestationerne ved Trekroner Søfort tyder på, at strømforholdene omkring Lynetteholms østlige stensætning ligger i et område med gode spredningskorridorer for en lang række af de identificerede arter.

Stationerne 1 og 2 består af sten, der kun har ligget i vandet i ganske få måneder. Der har således ikke været tid til betydelig kolonisering, hvilket også afspejles af de meget få arter, der blev registreret under dykkene på netop disse stationer. Resultaterne fra Station 3 og 4 viser dog, at der inden for 2-3 år kan forventes en artssammensætning, der kommer relativt tæt på, hvad der er observeret ved de betydeligt ældre stensætninger ved Trekroner Søfort med en tilsvarende artsrigdom. Da stationerne 2 og 3 kun ligger ganske kort fra hinanden, forventes det også, at Station 2 indenfor ganske få år vil have stort overlap i arter med Station 3. Den eksakte koloniseringsrækkefølge ved fase 2 stensætningen kan kortlægges ved årlige undersøgelser, men det vil forventeligt være opportunistiske én-årige arter, der kan etablere sig hurtigt på de nøgne overflader. Dette ses allerede ved tilstedeværelsen af fedtemøg på de enkelte nylagte sten. Efter en periode på 1-2 år vurderes det, at artssammensætningen vil være mere præget af flerårige tangarter med større artsdiversitet. Den øgede strukturelle kompleksitet, der kommer med flerårige og større tangarter, vil dermed også facilitere tilstedeværelsen af arter, som hvirvelløse dyr og fisk, der er afhængige af for eksempel fasthæftning og skjul.

Koloniseringen af stenrev har stærkt sæsonmæssigt præg, og der er bestemte perioder, hvor æg- og larve fra alger og dyr finder sted og spredes med havstrømme, inden de etablerer sig på passende substrat. Der skal derfor gå et helt år med de rigtige strømforhold, før områdets typiske arter potentielt kan kolonisere og etablere på stenene. Station 1 på den vestlige stensætning vil formentlig efter få år været præget af arter, der lever på stenrev med relativt lille bølgepåvirkning sammenlignet med Station 2 og resten af den østlige stensætning for Fase 2, hvor der er kraftigere bølgepåvirkning og strømforhold, der vil facilitere arter, der kan leve under disse vilkår. Dette ses eksemplificeret ved tangarterne fra 0-1 meters dybde ved Station 3, der har langt mindre dominans af sav- og blæretang, og højere tilstedeværelse af andre tangarter. Efter et par år vil flerårige tangarter også have etableret sig og være med til at facilitere tilstedeværelsen af flere fisk og hvirvelløse dyr.

Konklusion

Kortlægningen af den marine biodiversitet på stensætningen ved Lynetteholm viser, at stenene udgør et kunstigt stenrev, der understøtter en stor artsrigdom af makroalger, fisk og hvirvelløse dyr. Når Fase 2 er færdig i 2026, vil stensætningen udgøre ét langt kontinuerligt rev. Langs hele stensætningen vil der være store stenflader og hulrum, og på stor skala er strukturen meget ens langs hele perimeteren. Dog vil forskelle i lys-, strøm- og bølgeforhold være medvirkende til, at der vil være stor variation på mindre skala i habitater på tværs af stensætningen både oppe og nede i vandsøjlen, men også mellem forskellige steder langs stensætningen. Dette ses muligvis allerede efter ganske få år, hvor bølgeeksponerede stationer har anderledes dynamikker end ved stationer, der ligger mere i læ.

Sammenligning af arter mellem de forskellige Fase 1-stationer og arterne identificeret ved Trekroner Søfort viser, at stenene allerede efter 2-3 år i vandet huser en artsrigdom, der har stor lighed med de etablerede dyre- og plantesamfund, som ses ved de gamle stensætninger ved Trekroner Søfort. Dette vidner om, at de identificerede arter alle relativt let kan sprede sig langs stensætningen og fra nærliggende kilder til for eksempel æg og larver, der føres med strømmen, og sten ved Fase 2-stationerne forventes derfor inden for ganske få år at være præget af arter, der allerede er til stede ved Fase 1-stationerne og Trekroner Søfort.

Biodiversitetsundersøgelserne foregik hovedsageligt i dybdeintervallet fra 0 til 7 meter. På enkelte stationer var vanddybden mindre end dette, hvilket tillod identifikation af arter ved bunden mellem overgang fra stensætning til blød bund. På stationerne 4, 5 og 6 blev der dog ikke kortlagt artssamfund dybere end cirka 4-5 meter. Ved den østlige stensætning er der vanddybder på op til 12 meter, og afhængigt af lys- og strømforhold kan de dybereliggende dele af stensætningen være præget af meget forskellige artssamfund fra de øverste 0 til 5 meter, hvor der er relativt meget lys, men også større fysisk forstyrrelse fra bølger. Mens sav- og blæretang dominerede de dybere dele af stationerne, vil lysbegrænsning på et tidspunkt betyde, at der ikke er lige så optimale forhold for makroalger, hvormed fastsiddende dyr potentielt ville kunne udkonkurrere tangplanterne. De eksakte dynamikker og fordelinger af arter kan kortlægges ved fremtidige undersøgelser, men det må forventes at dybere dele af stensætningen kan være præget af samfund, der domineres i højere grad af fastsiddende dyreliv og ikke lyskrævende tangarter.