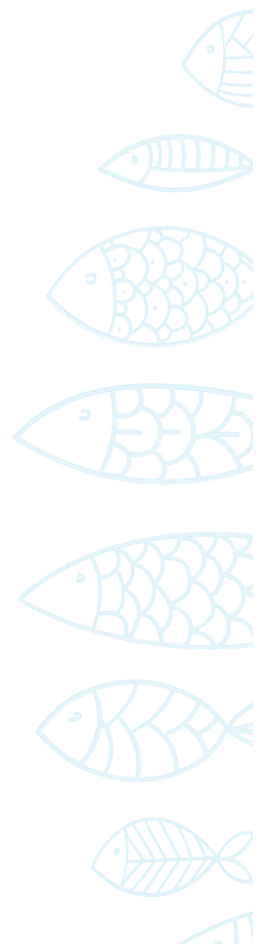




SportFiskarna

EROSIONSÅTGÄRDER I KUSTMILJÖ

STOCKHOLMS LÄN





SportFiskarna

Text & foto: Malin Kjellin, där inget annat anges
Omslag: Johan Hammar
Tel: 08-410 80 613
E-post: malin.kjellin@sportfiskarna.se
Postadress: Svartviksslingan 28, 167 39 Bromma
Hemsida: www.sportfiskarna.se

Granskare: Nils Ljunggren

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	5
Inledning	6
Fartygstrafik i kustmiljöer.....	6
Statusklassificering av kustvatten	8
Grunda vikars ekologiska betydelse	9
Landsortsfarleden	11
Furusundsleden.....	12
Erosionsskydd.....	13
Hårda kustskydd	13
Friliggande vågbrytare	13
Tröskelvallning.....	13
Hövder.....	14
Strandskoning.....	14
Mjuka kustskydd	15
Växter	15
Naturanpassade erosionsskydd	15
Metodik.....	17
Val av plats	17
Val av erosionsskydd	18
Val av växter	18
Lokalisering och områdesbeskrivning	20
Södra viken, Södertälje	20
Erosionsåtgärd	22
Vassplantering.....	24
Riddersholm, Norrtälje.....	26
Erosionsskydd.....	27
Blåstångsetablering.....	29
Resultat	31
Diskussion	33
Referenser	35

SAMMANFATTNING

2021 inleddes arbetet med projektet "Återskapa Östersjöns livskraft", ett samarbetsprojekt mellan WWF, Sportfiskarna, Länsstyrelsen i Stockholm, Länsstyrelsen i Västernorrland, Skärgårdsstiftelsen och Kristianstads vattenrike. Projektet finansierades av Svenska Postkodlotteriet, som ett av lotteriets så kallade "drömpjekt".

En stor del av Sportfiskarnas arbete i projektet bestod av att ta fram förslag på, genomföra och utvärdera åtgärder för att minska erosionsskador längs Östersjökusten. Som en del i detta arbete byggdes två stenrev: ett utanför Öbacken-Bränninge naturreservat längs Landsortsfarleden och ett utanför Riddersholms naturreservat längs Furusundsleden.

Syftet med de båda reven var att skydda de grunda miljöerna närmast stranden och att återfå växtlighet, bottenfauna och fisk. Samtliga parametrar inventerades inför åtgärderna.

Reven byggdes av 300 ton sten vardera, fördelat på ca. 1/3 natursten ovanpå en grund av 2/3 sprängsten. I samband med konstruktionen av reven genomfördes återetablering av växtlighet: blåstång i Riddersholm och bladvass i Öbacken-Bränninge. Resultatet av detta inventerades året efter genomförande och tillväxt av både blåstång och vass noterades. Detta ger en försiktig indikation om att reven minskat erosionspåverkan på den grunda strandzonen, men fler uppföljningar kommer krävas under kommande år för att kunna dra några säkra slutsatser.

INLEDNING

2021 inleddes arbetet med projektet "Återskapa Östersjöns livskraft", ett samarbetsprojekt mellan WWF, Sportfiskarna, Länsstyrelsen i Stockholm, Länsstyrelsen i Västernorrland, Skärgårdsstiftelsen och Kristianstads vattenrike. Projektet finansierades av Svenska Postkodlotteriet, som ett av lotteriets så kallade "drömpjekt".

En stor del av Sportfiskarnas arbete i projektet bestod av att ta fram förslag på, genomföra och utvärdera åtgärder för att minska erosionsskador längs Östersjökusten. Som en del i detta arbete byggdes två stenrev: ett utanför Öbacken-Bränninge naturreservat längs Landsortsfarleden och ett utanför Riddersholms naturreservat längs Furusundsleden.

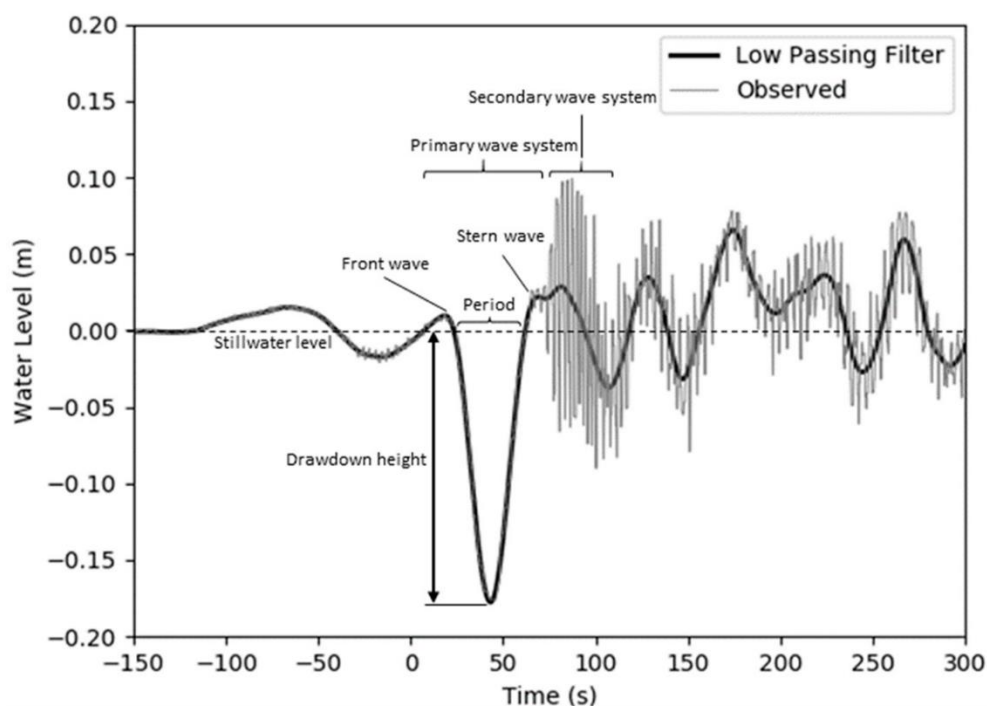
Denna rapport syftar till att beskriva arbetsgången och utgör ett första försök till utvärdering av resultatet. Vidare utvärderingar bör genomföras under kommande år för att bedöma även de långsiktiga effekterna.

FARTYGSTRAFIK I KUSTMILJÖER

Fartygstrafik har länge varit ett viktigt transportmedel både för människor och gods och anges ofta som ett mer klimatsmart och ekonomiskt alternativ till flyg- och lastbilstrafik. Idag transporteras ungefär 90 % av allt gods i den internationella handeln med fartyg, och i och med ökad handel förväntas även den internationella sjöfarten växa (UNCTAD, 2019). Bara under 2022 passerade 8,8 miljoner ton gods och 7,9 miljoner färje- och kryssningsresenärer någon av Stockholms hamnar, detta trots en nedgång i trafiken i och med pandemi och krig, att jämföra med 9,3 miljoner ton gods och 12,1 miljoner färje- eller kryssningsresenärer under 2019 (Stockholms hamnar, 2022).

Fartygstrafiken är dock inte utan miljöpåverkan. Till utsläppen i luft hör koldioxid, svaveldioxid, kväveoxider samt hälso- och miljöskadliga partiklar. De huvudsakliga utsläppen till vatten utgörs av farliga ämnen från olje- och kemikalieutsläpp, båtbottnfärger, tvättvatten från rökgasrening (skrubbrar) och avloppsvatten från bad, disk och tvätt (gråvatten) samt toaletter (svartvatten). Utöver miljöfarliga ämnen står sjöfarten även för en stor spridning av främmande arter från fartygsskrov (HaV, 2014).

Ytterligare en aspekt av en ständigt ökande fartygstrafik är sjöfartens påverkan på bottenstrukturer och stränder. Fartyg orsakar erosionspåverkan på stränder och strandzoner genom två huvudsakliga typer av vågsystem: avsänkingsvågen som drar ut vattnet i farleden när fartyget passerar stranden och svallvågorna som rullar in efter att båten har passerat. Dessa båda vågsystem illustreras i grafen i Figur 1, baserad på uppmätta värden för förändringar i vattennivån orsakade av fartygstrafik längs Furusundsleden, en av de mer vältrafikerade farlederna i Stockholms län (Figur 1) (Almström, 2020).



Figur 1. Grafen illustrerar ett typiskt vågsystem från ett större fartyg. Den streckade linjen markerar den normala vattennivån, grå linjer illustrerar uppmätta värden för vattennivån vid mätstationen och den svarta linjen har genererats ur observerade värden genom ett lågpassfilter. Längs tidsaxeln utgör värdet noll den tidpunkt då fartyget passerar mätstationen. Grafen bygger på mätningar från tre lokaler längs Furusundsleden (Almström, 2020).

Svallvågorna är i regel de mest synliga, samt de som mest liknar vindgenererade vågor, medan avsänkningstvågen är den som ofta ger störst påverkan på stränder och strandzoner.

Lars Granath är en av de forskare som under lång tid har undersökt fartygstrafikens effekter på de grunda vikarna. Efter larmrapporter om kraftigt ökad erosion längs Furusundsleden genomförde han 2013 en omfattande utredning på uppdrag av Trafikverket, Sjöfartsverket och Stockholm hamnar. I utredningen kunde han konstatera att det var den ökade fartygstrafiken, med fler och större fartyg, som bar ansvaret för den ökade erosionen. Han förklarar att det är i de grunda vassvikarna som fartygsvågornas effekter syns särskilt tydligt. Här är det i första hand avsänkningstvågorna som gör skada genom att dra med sig sediment ut från strandzonen och underminera vassens rötter (Granath, 2013).

Avsänkningstvågorna skapar vattenströmmar då de kommer i kontakt med grunt vatten vilka genererar en sugkraft utåt. Vilken påverkan dessa avsänkningstvågor får på strandzon och strandlinje påverkas av flera faktorer så som farledens bredd och djup, typ av bottensubstrat samt fartygets hastighet, skrovform och storlek. De större vattenmassorna i breda och djupa farleder agerar i regel som en buffert och någon större avsänkningseffekt hinner sällan skapas där. Erosionspåverkan längs strandlinjen blir därmed större än i smalare och grundare farleder (Ramböll, 2018). Områden som sällan utsätts för naturlig vågbildning, så som skyddade vikar och fjärdar, är i regel sämre rustade för förändringar i vågklimatet än mer utsatta

miljöer så som öppna kuster där bottenarna ofta består av berg, sten eller grus (Granath 2004).

Östersjön är idag hårt trafikerad av tung fartygstrafik, där majoriteten av trafiken är koncentrerad till de större farlederna. Många vikar, sund och kuststräckor längs Östersjökusten är redan kraftigt påverkade av mänsklig aktivitet från land, så som bebyggelse, muddring, utsläpp av miljögifter eller näringsläckage från jordbruket. Detta, i kombination med erosionspåverkan från fartygstrafik, har lett till att många viktiga miljöer för vattenlevande växter och djur har försvunnit.

STATUSKLASSIFICERING AV KUSTVATTEN

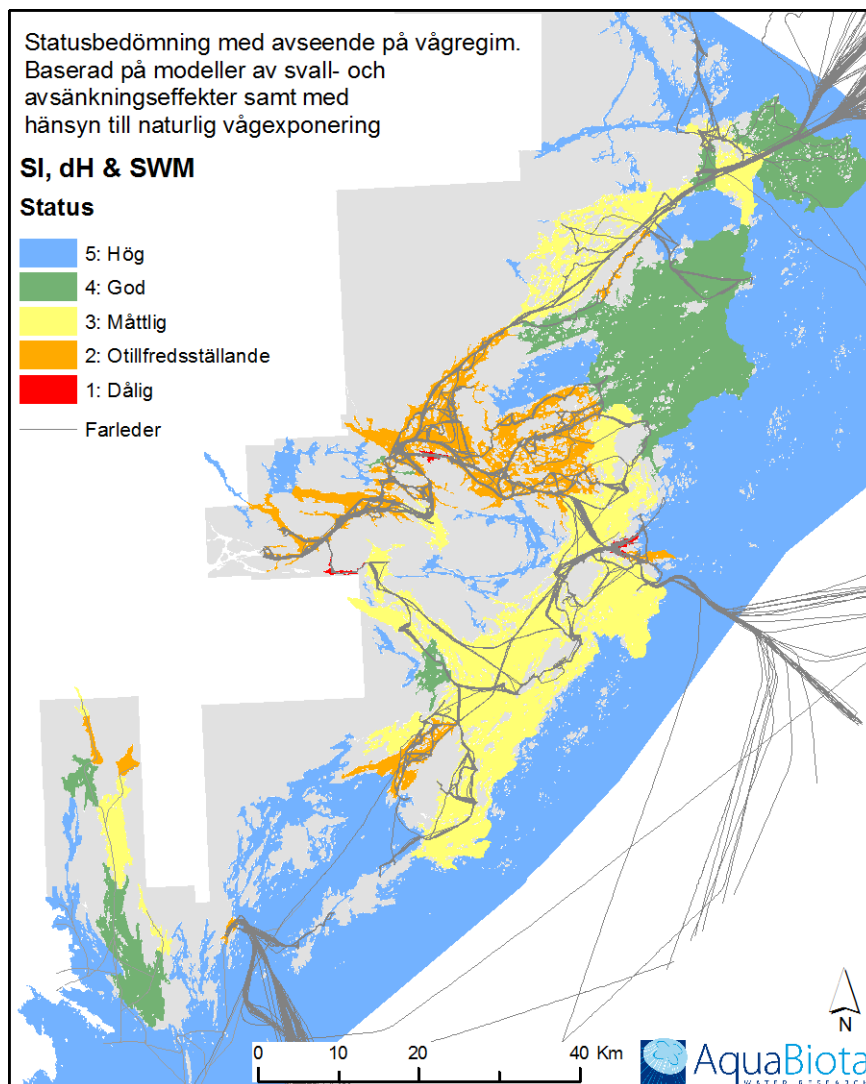
Enligt EU:s vattendirektiv ska alla ytvattenförekomster, inklusive kustvatten, bedömas enligt biologiska, fysikaliska-kemiska och hydromorfologiska kvalitetsfaktorer. I hydromorfologiska kvalitetsfaktorer ingår konnektivitet, hydrografiska villkor och morfologiskt tillstånd.

Konnektivitet i kustvatten syftar på fria passager för djur, växter, sediment, organiskt material och näringsämnen, i sidled längs kusten, till mynnande vattendrag och från strandzon ut i den fria vattenmassan. För kvalitetsfaktorn biologisk konnektivitet, det vill säga fri passage för djur och växter, har Havs- och Vattenmyndigheten tagit fram en kunskapssammanställning med syfte att ligga till grund för bedömning av denna faktor. I rapporten konstateras dock att kunskapsluckor förekommer vilka gör bedömningen av konnektivitet i kustvatten svår (Havs- och Vattenmyndigheten, 2023).

Morfologiskt tillstånd i kustvatten avser påverkan från mänsklig aktivitet på djupförhållanden, bottenstrukturer och bottensubstrat samt tidvattenzonens strukturer relativt ett opåverkat referensförhållande. Exempel på sådan påverkan är muddring, hårdgjorda strandkanter och byggnation av kajer med erosionsplattor på botten.

Hydrografiska villkor i kustvatten motsvarar ungefär kvalitetsfaktorn hydrologisk regim i sjöar och vattendrag, och avser tidvattenmönster, de dominerande strömmarnas riktning och styrka samt vågexponering i relation till referensförhållandet (Havs- och Vattenmyndigheten, 2019). Denna parameter påverkas av fartygstrafik som genererar förändrade strömmar och vågsystem.

Under 2014 genomförde AquaBiota en modellering av risk för båtinducerad stranderosion i Stockholms skärgård, på uppdrag av Länsstyrelsen i Stockholm, vilken har bidragit till klassningen av kustvatten i Stockholms län avseende vågregim, som är en del i klassningen för hydrografiska villkor. Modelleringen innefattar å ena sidan ytgående svallvågor och å andra sidan avsänkingsvågor. I den kartläggning som gjordes mättes svall- och avsänkingsvärden för 83 av länets 130 kustvattenförekomster. Bedömning av hydromorfologisk status gav att 38 av dessa kustvattenförekomster hade god status, 22 hade måttlig status, 20 hade otillfredsställande status och 3 hade dålig status (Figur 2) (Sundblad et al., 2015).



Figur 2. Statusbedömning med avseende på svall- och vågregim. Framtagen av AquaBiota, 2015.

GRUNDA VIKARS EKOLOGISKA BETYDELSE

Grunda kustekosystem (0 – 15 meters vattendjup) är ofta komplexa till sin struktur och funktion med många viktiga livsmiljöer och rik biologisk mångfald. Grunda vegetationsrika havsvikar utgör viktiga reproduktionsområden för bland annat rovfiskar som abborre (*Perca fluviatilis*) och gädda (*Esox lucius*), vilka har minskat kraftigt längs östersjökusten under senare år. En av de viktigaste orsakerna till denna nedgång tros vara just minskningen av lämpliga reproduktionsområden (Larsson et al, 2015).

Grunda vikar värms upp snabbt om våren vilket ger goda förutsättningar för ägg och yngels utveckling och tillväxt. Vattenvegetationen ger skydd och utgör även substrat för olika insektsarter som är en viktig födokälla för fiskynglen. Förekomsten av ett rikt insektssamhälle i kombination med varmt vatten och skydd ger sammantaget en bra grund för fiskynglen som under senvåren kan vandra ut på djupare vatten. Även vuxna individer av fisk nyttjar dessa miljöer, för att söka skydd eller söka föda (Kärki, 2017).

Dessa grunda kustområden är dock särskilt utsatta för exploatering av människan och exploateringstakten av grunda lekvikar i Stockholms skärgård har uppskattats till 0,5 – 1 % per år (Sundblad & Bergström, 2014). I Stockholms skärgård beräknas den procentuella andelen opåverkade grundområden ha sjunkit från 60% 1960 till 40% 2016. Till denna exploatering hör bland annat byggnation av bryggor, pিরer, kajer och sandstränder samt erosionspåverkan från båt- och fartygstrafik (Törnqvist et al., 2020).

Båt- och fartygstrafik påverkar de strandnära grunda miljöerna på flera sätt där direkt stranderosion är ett exempel. Utöver stranderosion kan vågor från fartygstrafiken orsaka ett ökat utbyte av botten- och ytvatten och en uppgrumling av jordmaterial (Lindholm et al., 2001). Vid kraftiga svall- och avsänkingsvågor lösgörs partiklar ur strandzonen och fördelas ut över större delar av botten. Det lösa jordmaterialet försämrar förutsättningarna för både bottenvegetation, bottenfauna och fisklek. I de fall där tillräcklig vegetation finns kvar för fisklek kan avsänkningseffekten från förbipasserande fartygstrafik även leda till att ägg och yngel spolats ut på djupare vatten där de antingen begravs i bottensediment eller blir föda åt annan fisk eller bottenfauna (PIANC, 2008). Uppgrumling av sediment och ett ökat utbyte av botten- och ytvatten kan även leda till ökad övergödning, både genom ökad syresättning av bottensediment och en förhöjd botten temperatur (Lindholm et al., 2001).

I områden med båt- och fartygstrafik har i regel även muddringar genomförts för att öka framkomligheten. Muddring i erosionskänsliga områden kan medföra varaktiga grumlingar som upprätthålls genom pågående fartygstrafik (Havs- och Vattenmyndigheten, 2018). Till detta tillkommer även stenfiske för exempelvis byggnation av bryggfundament som ytterligare minskar de grunda miljöernas motståndskraft mot erosion (Johansson et al., 2022).

Forskning har visat att starka rovfiskbestånd bland annat minskar de negativa effekterna av övergödning genom att hålla nere bestånden av djurplanktonätande småfisk så som karpfiskar (*Cyprinidae spp.*), skarpsill (*Sprattus sprattus*) och storspigg (*Gasterosteus aculeatus*). När mängden rovfisk minskar ges småfisken utrymme att öka på bekostnad av djurplankton, betare och filtrerare. Resultatet blir en obalans i planktonsamhället med för stor andel växtplankton som följd (Östman et al, 2016). Att arter som storspiggen, som har ökat kraftigt på senare år, i hög utsträckning även äter rovfiskens ägg och yngel bidrar till att ytterligare förstärka denna obalans (Eklöf et al, 2020). Studier visar även på vikten av flera närliggande lekområden för fisk, för att rovfiskar som abborre och gädda ska stå emot den negativa påverkan från födosökande storspigg (Olin et al, 2024). Förlust av ett enskilt lekområde kan därmed få stora negativa effekter för vattenmiljön genom att konnektiviteten mellan omkringliggande lekmiljöer bryts.

Längs kusten i Stockholms län löper två stora farleder: Landsortsfarleden och Furusundsleden. Furusundsleden är relativt väl undersökt i och med de studier på

erosionsskador som har gjorts av Lars Granath, Björn Almström och AquaBiota (Granath, 2004; Granath, 2013; Almström, 2020; Sundblad et al. 2014) och här har även pilotprojekt på temat naturanpassade erosionsskydd genomförts i regi av Statens Geotekniska Institut (SGI, 2022). Landsortsfarleden, som är kortare, är mindre väl undersökt men uppvisar liknande erosionsproblematik.

LANDSORTSFARLEDEN

Landsortsfarleden, ibland även kallad Södertäljeleden, är en allmän farled som går mellan Landsort i Nynäshamn och Södertälje hamn (Figur 3). Ungefär 900 fartyg nyttjar leden varje år, baserat på 2020–2022 års siffror, och cirka 9 500 000 ton gods transporteras årligen längs hela eller delar av farleden. Av de fartyg som nyttjar leden utgörs 67% av godsfartyg, 18 % av tankfartyg och 13% av cementtransportfartyg (Sjöfartsverket, 2023). Vid Södertälje sluss som ligger norr om Södertälje hamn passerar fartyg för att ta sig vidare till Mälaren och via de allmänna farlederna bland annat till Västerås och Köpings hamnar.



Figur 3. Landsortsfarledens sträckning markerad i rött.

Såväl Södertälje Hamn som Landsortsfarleden är utpekade som riksintressen för sjöfart enligt 3 kap. 8 §. MB (Sjöfartsverket, 2018). I farleden mellan Södertälje och Landsort är det maximala djupgåendet för fartyg 9 meter och den maximala fartyglängden 200 meter och bredden 32 meter. Slussens maximala fartygsdimensioner är 135 x 19 meter och djupgående 6,8 meter. I Södertälje sluss genomförs för närvarande arbeten för att anpassa slussen efter ett modernt tonnage med större och bredare fartyg (Sjöfartsverket, 2023).

Regeringen beslutade 2023 om godkännande av en ny dragning av Landsortsfarleden. Den nya dragningen är cirka två kilometer längre än nuvarande, med två nya farledsavsnitt på sträckorna mellan Fifång och Regarn, samt Oaxen och Skansundet, och med ett större djup (Regeringen, 2023). Den nya leden kommer tillåta en ökning av gränsen för fartygsstorlekar till ett maximalt

djupgående om 10,5 m, i stället för dagens 9 meter. Maximal bredd kommer fortsatt vara 32 meter, så kallad Panmax, men maximal längd kommer öka från dagens 160 meter utan restriktioner och 200 meter med vissa restriktioner till 220 meter (Sjöfartsverket, 2018). I samband med den nya dragningen av leden planeras byggnation av erosionsskydd på två särskilt utsatta platser: vid Fläsklösa och Brandalsund. Erosionsskydden kommer utformas som klassiska erosionsskydd, med block på geotextil och eventuell spontning. Inga naturanpassade erosionsskydd planeras i och med omdragningen i detta läge (Sjöfartsverket, 2023).

FURUSUNDSLEDEN

Furusundsleden, ej att förväxla med den kortare leden med samma namn som går mellan Furusund och Yxlan, är en led till och från Stockholms hamn som i huvudsak nyttjas av färjor på väg till eller från Åland, Finland, Estland och Ryssland. Leden passerar förbi Kapellskär i norr och viker sedan utåt mot Norra Ledskär (Figur 3). Årligen nyttjar cirka 2000 passagerarfartyg leden, baserat på 2020–2022 års siffror, vilket utgör 90% av trafiken längs leden. Fraktfartyg utgör cirka 3% av transporterarna, med 80 passager årligen (Sjöfartsverket, 2023). Maximalt djupgående för fartyg i Furusundsleden är 9 meter, maximal bredd x längd utan restriktioner är 12 100 meter, medan maximal längd vid nedsatt sikt är 175 meter och maximal bredd vid nedsatt sikt är 26 meter. Avsnittet Vällersvik – Stavboudde/Staboudde har i en rapport från Trafikverket utpekats som särskilt erosionsutsatt, men erosionspåverkan kan även ses längs övriga delar av leden (Trafikverket, 2017). Farleden nyttjas även av skärgårdstrafik, framför allt av Waxholmsbolagets båtar men även en del mindre bolag (Waxholmsbolaget, 2024). Liksom Södertäljeleden är Furusundsleden utpekad som riksintressen för sjöfart enligt 3 kap. 8 §. MB (Sjöfartsverket, 2018).



Figur 4. Furusundsledens sträckning markerad i rött.

EROSIONSSKYDD

Olika typer av erosionsskydd har använts runt om i världen i olika erosionsutsatta miljöer. Vilket skydd som har störst effekt är beroende av en rad platsspecifika förutsättningar där en viktig utgångspunkt är vilka värden som ska skyddas. På platser med tät bebyggelse kan erosion av strandlinjen utgöra ett hot mot närliggande byggnader medan det för grunda vassvikar snarare är hela biotopen och därtill knutna vattenlevande arter som behöver skyddas.

De vanligaste formerna av erosionsskydd utgörs av någon form av fasta strukturer, antingen längs själva strandlinjen eller ute i vattnet. Nedan presenteras några av de vanligaste formerna av erosionsskydd och deras respektive användningsområden. För mer information om olika typer av erosionsskydd rekommenderas rapporten ”Stranderosionsskydd Typer – Dimensionering – Modellering” av Lars Johansson för Statens Geologiska Institut (SGI, 2003).

HÅRDA KUSTSKYDD

Hårda kustskydd mot stranderosion har historiskt använts och är den vanligaste metoden i Sverige och övriga Europa (Ohlsson 2008). Hårda kustskydd kan utformas på många olika sätt med det gemensamma syftet att reducera eller förhindra erosion längs en kuststräcka. De vanligaste hårda skydden är friliggande vågbrytare och så kallade hövder.

FRILIGGANDE VÅGBRYTARE

Friliggande vågbrytare består av en fast konstruktion, oftast tillverkad av sten eller betong, som byggs parallellt med stranden en bit ut från land. Vågbrytaren agerar som en barriär mot framför allt svallvågor och skapar lugnare vågförhållanden närmare stranden. Material som transporteras kustparallellt avsätts i området mellan den friliggande vågbrytaren och den ursprungliga strandlinjen genom förändring av vågriktningen. Friliggande vågbrytare är mest effektiva mot vind- och svallvågor men har visats mindre effektiva mot avsänkningsvågor.

TRÖSKELVALLNING

Tröskelvallning är en typ av fristående vågbrytare som ofta uppförs nära strandlinjen för att skydda strandvegetation. Tröskelvallningen uppförs parallellt med strandlinjen där den minskar svallvågornas erosionspåverkan. Tröskelvallningen kan kombineras med återetablering av växter. Mellanrum mellan sten och block kan göra vallningen passerbar för vattenlevande organismer men innebär även att metoden inte lämpar sig i områden där avsänkningseffekten står för den största delen av erosionspåverkan.

Ett exempel på tröskelvallning kan ses längs Furusundsleden, vid Staboudes fyr, där Sveriges Geotekniska Institut (SGI) tillsammans med Lunds Universitet testat olika typer av naturanpassade erosionsskydd (Figur 5). Längs stranden norr om fyren har en stenrevel byggts parallellt med stranden med syfte att bromsa de vågor som genereras av förbipasserande fartygstrafik. Söder om fyren har

stenreveln även kombinerats med fyllnadsmaterial i form av natursand innanför reveln samt plantering av växter. Projektet utvärderas löpande (SGI, 2021).



Figur 5. Tröskelvallning under byggnation vid Staboudde fyr. Foto: Ylva Bergman.

HÖVDER

Hövder är hårda skydd, oftast konstruerade av block, sten eller betong, som monteras i rät vinkel ut från stranden mot havet. Vanligast är att bygga en serie hövder längs en kuststräcka där deras främsta funktion är att förhindra att fint material så som sand förs bort av kustparallella strömmar. Genom att bryta strömmarna magasineras sand längs hövdernas uppströmssida medan erosionen fortgår på nedströmssidan. Rätt utformade ger hövderna en fortsatt tillgänglighet till stranden, bidrar till att bygga ut sanden och kan utnyttjas för rekreatiönsändamål. Det faktum att de hindrar material från att transporteras utmed kuststräckan innebär dock en erosionsrisk nedströms det strandområde där de anlagts. Funktionen är även avhängig av en tillräcklig partikeltransport uppströms ifrån.

Ytterligare en risk med hövder är att de undermineras eller kringkärs av erosionen längs nedströmssidan och det är därmed av stor vikt att de är väl förankrade. Uppkomsten av tvärströmmar, exempelvis under vinterhalvåret, då vågor kan slå emot hövderna även från vad som tidigare varit uppströmssidan kan även orsaka erosion av det material som sedimenterats (Johansson, 2003). Sammantaget gäller för hövder, så som för många andra erosionsskydd, att konstruktionen måste anpassas efter syfte och områdets förutsättningar.

STRANDSKONING

Strandskoning är ett samlingsbegrepp för olika typer av konstruktioner som uppförs på stränder som är utsatta för erosion. Detta är en metod som effektivt

begränsar erosionsskador från kraftiga vångrepp. Strandskoning kan erbjuda skydd både mot stranderosion och översvämning, och kan antingen placeras direkt på slänten ned mot vattnet eller utföras vertikalt i form av stödmurar eller kajer (SGI 2019, Johansson 2003). Erosionsskyddet kan utformas av olika slags material men vanligast är block eller sprängsten som placeras längs strandkanten. I vissa fall används även betongplattor, betongmattor, gabioner eller sandfyllda säckar. Användningsområdet begränsas av att metoden tar stora delar av strandlinjen i anspråk samt att den inte erbjuder något skydd av själva strandzonen (SGI 2019).

MJUKA KUSTSKYDD

Mjuka erosionsskydd utnyttjar eller efterliknar naturliga processer genom att sand återförs, strandvallar förstärks eller att vegetation planteras. Erosionsprocessen på platsen dämpas snarare än stoppas. Mjuka erosionsskydd används främst där syftet är att skydda en levande strand eller kuststräcka (Ohlsson 2008).

VÄXTER

Många växtarter som återfinns längs kuster eller vid vattendrag har en naturlig motståndskraft mot erosion genom anpassade rotsystem. Genom att plantera inhemsk vegetation i erosionsutsatta områden utnyttjas därmed växternas egen förmåga att stabilisera sediment. Vegetationen dämpar låga vågar och skyddar den naturliga stranden. Växterna erbjuder därtill viktiga livsmiljöer för vattenlevande organismer och bidrar till filtrationen av dagvatten. Erosionsskydd med växter är generellt sett billigare än andra typer av skydd men kräver en etableringsperiod under vilken växterna är känsliga för störningar. I områden där erosionspåverkan främst syns i ett decimerat växtsamhälle kan denna metod även behöva kompletteras med andra typer av erosionsskydd (Johansson, 2003).

NATURANPASSADE EROSIONSSKYDD

”Living shorelines”, i denna text översatt till naturanpassade erosionsskydd, är ett uttryck som används i USA där arbetet med denna typ av erosionsskydd har kommit något längre än i Sverige. Begreppet är fortfarande så pass nytt att flera olika definitioner florerar, men ett försök till definition tas upp i boken ”Living Shorelines - The Science and Management of Nature-Based Coastal Protection” där naturanpassade erosionsskydd beskrivs som skyddade och stabiliserade strandlinjer där erosionsskydden domineras av material som förekommer naturligt i det aktuella området (Bilkovic et al, 2017). Ytterligare en beskrivning ges av Sveriges Geotekniska Institut (SGI) i deras katalog över naturanpassade erosionsskydd där de beskrivs som ”skydd som utformas i samklang med den lokala naturen, med syfte att gynna vissa arter eller livsmiljöer, bibehålla eller förhöja naturvärden, skapa rekreationsmöjligheter med mera” (SGI, 2023). Naturanpassade erosionsskydd utgår ifrån principer som hos oss återfinns både bland det vi definierar som hårda och mjuka erosionsskydd, så som plantering av växter och tillförsel av sand eller sten, men med ett ökat fokus på konnektiviteten mellan vatten och land och strandzonens biologiska värden.

Naturanpassade erosionsskydd kan exempelvis utformas som en stenrevel på botten en bit ut i vattnet, som tar upp en del av vågenergin innan den når strandzonen, i kombination med död ved eller plantering av växter innanför reveln (Figur 4). Genom att placera de hårda strukturerna under vattennivån möjliggörs fiskpassage mellan den grunda strandzonen och frivattnet. Naturanpassade erosionsskydd ska i möjligaste mån ta hänsyn till fisk och andra vattenlevande organismer och skydda de grunda strandmiljöer som dessa arter är beroende av (Figur 6). I praktiken är detta inte alltid helt lätt att genomföra och erfarenhetsbanken kring denna typ av åtgärder är fortfarande under uppbyggnad (Bilkovic et al, 2017).



Figur 6. Schematisk bild av levande strandlinje, till vänster, respektive strandlinje med erosionsskydd i form av en mer traditionell strandskoning, till höger. Bild: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

De åtgärder som har utförts av Sportfiskarna inom detta projekt faller alla inom ramen för levande strandlinjer då syftet har varit att skydda både strand, grunda strandmiljöer och de växter och djur som är beroende av dessa. Utformningen av åtgärderna har även styrts av platsspecifika förutsättningar.

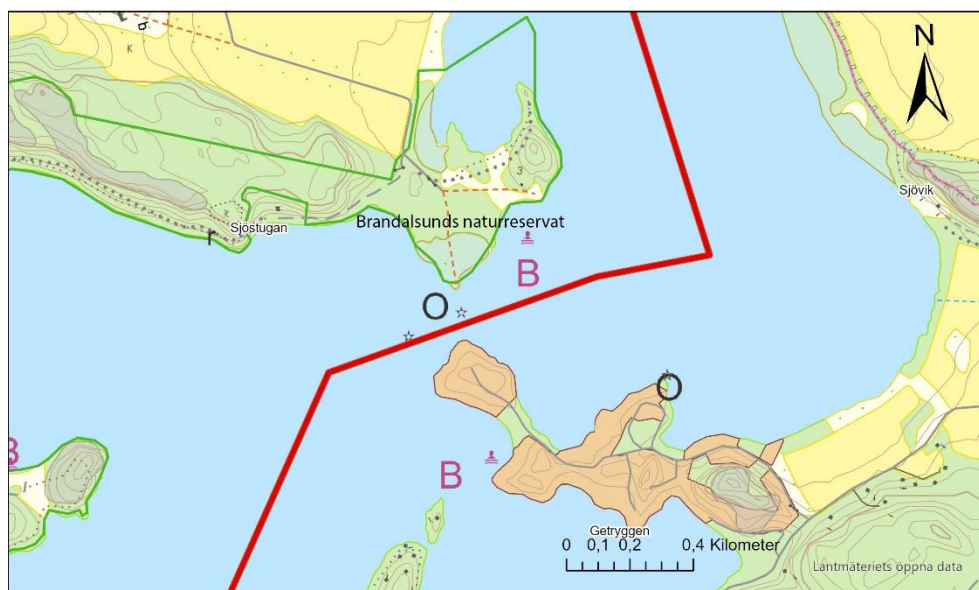
METODIK

VAL AV PLATS

En översiktlig kartering genomfördes vid projektstart. Flera objekt med uppenbar erosionspåverkan hade redan identifierats innan projektstart, av personal från Sportfiskarna, och dessa återbesöktes inom projektet. Vid val av plats togs följande aspekter i beaktande:

- Erosionspåverkan: lokaler med högre erosionspåverkan prioriterades.
- Markägarförhållanden: positiva markägare bedömdes vara en förutsättning för åtgärder.
- Djupförhållanden: långgrunda lokaler prioriterades, både för sin utsatthet och av ekonomiska skäl då större djup kräver större mängd stenmaterial.
- Bottenförhållanden: stabila bottenförhållanden prioriterades, då djupa sediment riskerar att svälja stora mängder sten och finmaterial i slänter innebär en rasrisk.
- Potential som lek- eller födosöksmiljö för fisk: lokaler som bedömdes ha hög potential som lekmiljöer eller miljöer för födosökande fisk prioriterades.

Ett exempel på hur denna avvägning genomfördes kan ses i Brandalssund, längs Södertäljeleden. Brandalssund utgör det smalaste avsnittet av Södertäljeleden, med knappt 180 meter mellan stränderna, och här är erosionspåverkan mycket hög (Figur 7). Området ingår i Brandalsunds naturreservat och markägaren, Södertälje kommun, är positiv till åtgärder för att minska erosionspåverkan. Botten domineras dock av sand och annat finmaterial, och lutningen mellan strandkant och farledens mitt är hög. Detta, i kombination med den omedelbara närheten till farleden och den kraftiga vågpåverkan, medför en kraftig rasrisk och försvårar byggnationen av naturanpassade erosionsskydd.



Figur 7. Landsortsfarledens sträckning, markerad i rött, förbi den smala passagen vid Brandalsunds naturreservat.

Vid Riddersholms naturreservat, längs Furusundsleden, är Skärgårdsstiftelsen markägare och positiva till åtgärder. Botten är relativt långgrund och lutningen låg. Viken har historiskt varit rik på blåstång och bedöms ha varit en viktig plats för födosök för arter som öring (*Salmo trutta*) och gädda. Sammantaget gör detta Riddersholm till ett lämpligt objekt inom detta projekt.

Södra viken, som ingår i Öbacken-Bränninge, ägs av Södertälje kommun som är positiva till åtgärder. Även här är botten relativt långgrund och flack. Förekomsten av vassruggar indikerar att viken en gång i tiden varit rik på växtlighet och potentialen som leklokal för arter som gädda, abborre och olika karpfiskar bedöms vara hög. Även denna lokal bedöms utgöra ett lämpligt objekt inom detta projekt.

VAL AV EROSIONSSKYDD

Valet av erosionsskydd utgick ifrån principerna med naturanpassade erosionsskydd. Sprängsten användes i botten för stabilitet, och täcktes med natursten för att ge ett naturligt intryck. Utformningen av erosionsskydden utgick ifrån experiment med erosionsskydd i närområdet som visat att en stenrevel, som löper parallellt med stranden, kombinerad med vegetation innanför var mest framgångsrik i att hindra erosionspåverkan (Almström, 2022). Erosionsskydden inom detta projekt skiljer sig från tidigare studerade objekt i att de placerades längre ut från strandkanten, i ett försök att skydda större delar av den grunda strandzonen.

VAL AV VÄXTER

Valet av växter utgick ifrån bottensubstrat samt vilken flora som funnits på platsen tidigare. I Riddersholm vittnade lokalboende och sportfiskare om att det runt 90-talet funnits rikligt med blåstång i viken och åtgärden där kombinerades därför med sådd av blåstång på de nya stenstrukturerna.

Blåstångssådden kombinerades med tillförsel av sten innanför stenreveln, då tången är beroende av stensubstrat, och denna sten bedömdes ha försvunnit ur viken historiskt sett.

Södra viken uppvisade i stället tydliga tecken på att en gång ha dominerats av bladvass och där planterades därför vass innanför stenrevet.

LOKALISERING OCH OMRÅDESBESKRIVNING

SÖDRA VIKEN, SÖDERTÄLJE

Södra viken är en långgrund östersjövik belägen i Hallsfjärden söder om Södertälje, inom Öbacken-Bränninge naturreservat (Figur 7). Den norra och södra delen av viken omges av berg beväxt av blandskog. Stranden i vikens inre del utgörs av öppen betesmark. Längs de inre delarna av viken samt vid vikens mitt domineras botten av glac iallera, medan bottensubstratet längs med vikens norra och södra strandzon domineras av sandig morän (SGU, 2020). Substratet närmast strandkanten i den norra och södra delen av viken består sparsamt av grövre substrat, från grus (0,2–2 cm) till block (20 - 30 cm) (Kärki, 2017).



Figur 8. Södra viken markerad med röd punkt.

Bottenvegetationen bedöms vara kraftigt påverkad av erosion. Bottenfaunan domineras av tusensnäckor (*Hydrobiidae spp.*) följt av fjädermyggs larver (*Chironomidae spp.*) med lägre förekomst av oval dammsnäcka (*Radix baltica*), tanaider (*Heterotanaeis oerstedii*) och tångmärlor (*Gammarus sp.*). Artsammansättningen för fisk i viken bestod vid ett provfiske i huvudsak av abborre och mört (*Rutilus rutilus*) följt av braxen (*Abramis brama*), gärs (*Gymnocephalus cernua*) och strömming (*Clupea harengus*). Att gädda uteblev vid provfisket kan delvis förklaras av att gädda tillhör de fiskarter som mer sällan fångas vid nätfisken (Kärki & Alsing Skoog, 2017). Sportfiskare i området vittnar dock om en kraftig nedgång i förekomsten av gädda under de senaste 20 åren (Kärki, 2023). Direkt utanför Södra viken passerar Landsortsfarleden för fartygstrafik mellan Östersjön och Mälaren (Figur 7).



Figur 9. Landsortsfarledens sträckning från Södertälje hamn till Landsort, markerad i rött.

Viken uppvisar tydliga tecken på onaturlig stranderosion, med en underminerad strandzon och betydligt mindre utbredning av bottenvegetation än i referensområden (Kärki & Alsing Skoog, 2017). Den vass som finns kvar har bildat små öar längs strandzonen där avsänkingsvågor har spolat rent sediment och sand mellan dem. Kontinuerliga avsänkningar i viken har även resulterat i en kraftig och återkommande grumling av strandzonen (Figur 10, Figur 11).



Figur 10. I Södra viken har stranden underminerats och vass finns bara kvar i enstaka ruggar i anslutning till stenstrukturer.



Figur 11. Kraftigt underminerad strandkant i Södra vikens inre delar.

EROSIONSÅTGÄRD

För att förbättra förutsättningarna för växter och vattenlevande djur samt för att minimera erosionspåverkan från förbipasserande fartyg, togs förslag fram på en cirka 70 meter lång och 2 meter bred revel strax utanför viken. Stenrevelns placering förlades i den södra delen av viken där strandlinje och botten uppvisade kraftigast erosionspåverkan. Den norra delen lämnades orörd för att inte inskränka på friluftsliv kopplat till båttrafik.

Då den bottenyta som togs i anspråk av åtgärden var mindre än 3 000 m² kunde åtgärden genomföras inom anmälan om vattenverksamhet enligt 11 kap. 9a § miljöbalken och ingen miljödom behövde sökas. Länsstyrelsen i Stockholm behandlade anmälan om vattenverksamhet med Södertälje kommun och Sjöfartsverket som remissinstanser. Anmälan godkändes med villkor.

Viken djuplodades med hjälp av ekolod dagen innan genomförande och revelns sträckning märktes upp med bojar (Figur 10). Bojarna fästes med sisalrep och försänktes med en jutesäck fylld med natursten – detta för att kunna bygga stenrevet i tät anslutning till bojarna utan att riskera att behöva lämna något annat än naturmaterial på platsen.

Stenreveln byggdes med grävmaskin från en pråm, av entreprenören WSAB Marin (Figur 11, Figur 12). Stenen placerades i en bågform med rösen av sprängsten i botten och natursten ovanpå. Höjden på reveln varierades och rösena placerades i en något ojämn linje för att ge ett naturligt intryck. Totalt användes 300 ton sten varav 75 ton natursten. Inga siltgardiner användes då åtgärden genomfördes i nära anslutning till farled, och risken för att siltgardiner skulle slita sig och hamna i farleden ansågs utgöra för stor fara, enligt Sjöfartsverkets remissyttrande. Den

grumling som uppstod var även kortvarig och ansågs försumbar i förhållande till den pågående grumlingen orsakad av fartygstrafiken i leden.

En sjömätning genomfördes av PEAB Marin efter åtgärdens slutförande och resultatet rapporterades in till Sjöfartsverket (Figur 15).



Figur 12. Viken lodades med hjälp av portabelt ekolod från flytring och bojar placerades ut för att markera revets sträckning.



Figur 13. Stenen fördelades ut med grävmaskin. Foto: Victor Sandberg.



Figur 14. Stenreveln under konstruktion. Foto: Victor Sandberg.



Figur 15. Stenrevelns utbredning enligt sjömätning genomförd av PEAB AB. Gröna och bruna punkter markerar revelns högsta punkter.

VASSPLANTERING

Den 11 oktober 2023 planterades vass innanför stenrevet (Figur 13, Figur 14). Vassen köptes in från Garden Aquatica AB, odlad i kokosfibermattor, och låg på tillväxt under sommaren i en närliggande sjö. Vassmattorna placerades ut i viken, innanför revet, och fylldes med natursten för att inte slitas loss av vågor och vind. Vassen placerades på ett sådant djup att vassrör stack upp ovanför ytan – en förutsättning för överlevnad då rören förser rötterna med syre.



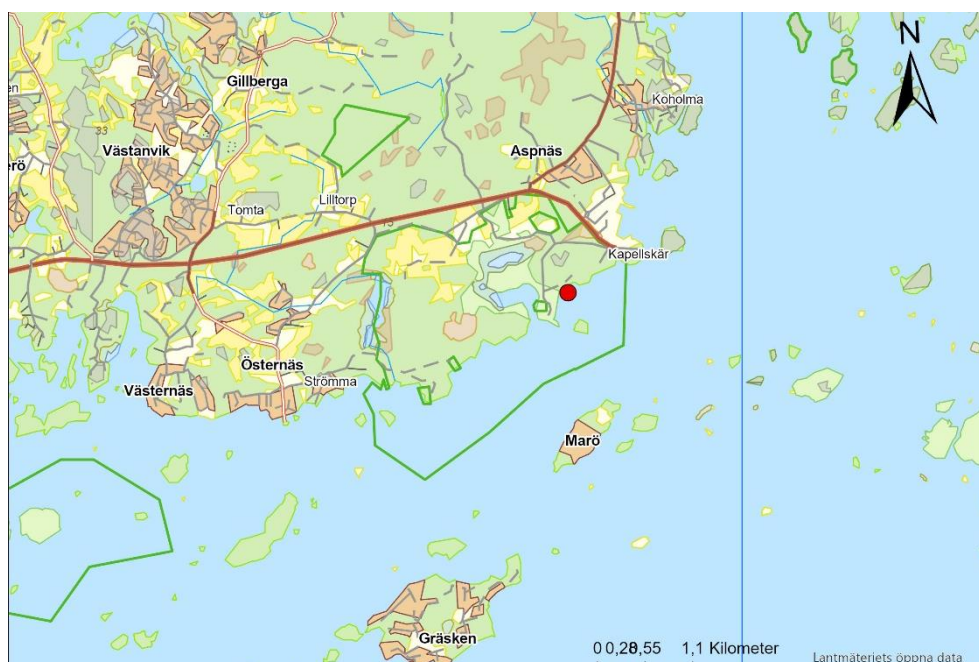
Figur 16. Vassmattorna fylldes med natursten för att hålla dem på plats på botten.



Figur 17. Vassmattorna planterades i nivå med och innanför existerande vass i viken. Vid planteringstillfället var havsnivån +23,5 (RH2000) och stenrevet utanför syntes inte ovanför ytan.

RIDDERSHOLM, NORRTÄLJE

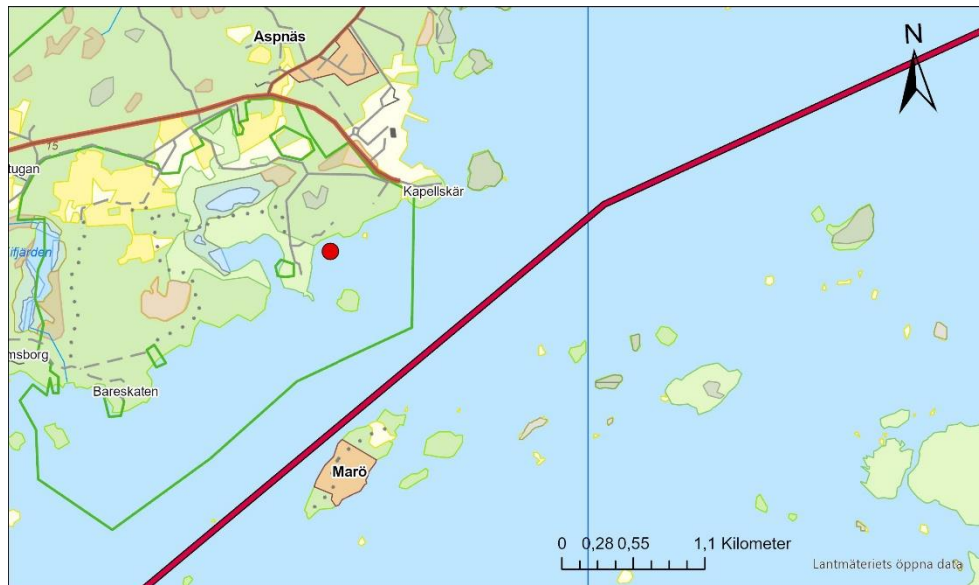
Strax nordväst om Kapellskärs färjeläge ligger en relativt grund och öppen havsvik (Figur 15). Viken ingår i det 650 ha stora naturreservatet Riddersholm, som ägs och förvaltas av Skärgårdsstiftelsen. Strax utanför reservatet passerar Furusundsleden, med fartygs- och färjetrafik på väg till och från Stockholm (Figur 19).



Figur 18. Viken i Riddersholm, markerad med röd punkt.

Viken i Riddersholm har enligt fiskande i området historiskt sett dominerats av sandbotten varvad med en större mängd sten som har utgjort både ett skydd mot erosionspåverkan samt strukturer för växter och djur att växa eller uppehålla sig vid (Söderman, 2021). Under senare år har en stor del av stenen i viken försvunnit, sannolikt både vid byggnation av de bryggfundament som nu finns längs strandlinjen och som ett resultat av en onaturlig erosionspåverkan från förbipasserande fartyg längs Furusundsleden (Figur 16).

I takt med att strukturer försvinner längs stränder och strandzoner ökar instabiliteten vilket kan leda till en förstärkt erosionsprocess och en påskyndad förlust av strukturer som följd. Den onaturliga erosionsprocessen syns idag främst längs strandkanten samt i de grundare områdena i viken. Botten domineras idag av sand med ytterst få inslag av sten och därtill knutna arter så som blåstång. Blåstång (*Fucus vesiculosus*) är i hög utsträckning beroende av hårda ytor att växa på, även om den även kan existera i frilevande form (Kautsky, 2019), och har därmed sannolikt försvunnit i samband med att stenen försvunnit. I mitten av viken har även sanden försvunnit och blålera har börjat träda fram. Fiskande i området rapporterar även om en kraftig nedgång av fiskarter så som öring och plattfisk som tidigare varit talrika i viken (Söderman, 2021).



Figur 19. Furusundsleden, markerad i rött, passerar strax utanför viken i Riddersholm, markerad med röd punkt.

I den västra delen av viken har ålgräs (*Zostera spp.*) noterats vid inventeringar (Länsstyrelsen Stockholm, 2020). Ålgräs är en kärlväxt och ett av de vanligast förekommande sjögräsen i Sverige. Ålgräsängar utgör även viktiga habitat för många olika arter, bland annat som uppväxtmiljöer för fiskarter som torsk, vitling och ål. Ålgräsängarna kan även bidra till bättre vattenkvalitet genom att stabilisera botten och minska uppgrumlingen av sediment. Under de senaste 100 åren har ålgräs och ålgräsängar minskat drastiskt, sannolikt till följd av övergödning och försämrad vattenkvalitet. Arten är känslig för förändringar i ljustillgång och påverkas därför kraftigt av påväxt av fintrådiga alger, beskuggning från bryggor eller grumling av vattnet. Ålgräset klassas idag som sårbar (VU) på den svenska rödlistan och har ett eget åtgärdsprogram (HaV, 2017).

De kärlväxter som förekom i störst utsträckning vid en inventering inför åtgärden var skruvnating (*Ruppia spiralis*) och borstnate (*Stuckenia pectinata*) (Johansson G., 2023).

Viken i Riddersholm hyser relativt höga naturvärden, inte minst i och med förekomsten av arter som blåstång och ålgräs. Dessa naturvärden hotas dock av den påverkan som trafiken i Furusundsleden utgör, med kraftiga svall- och avsänkningssvågor som eroderar och grumlar strandzonen. Åtgärder för att minimera fartygens erosionspåverkan är därmed av stor vikt för att bibehålla och förstärka dessa naturvärden.

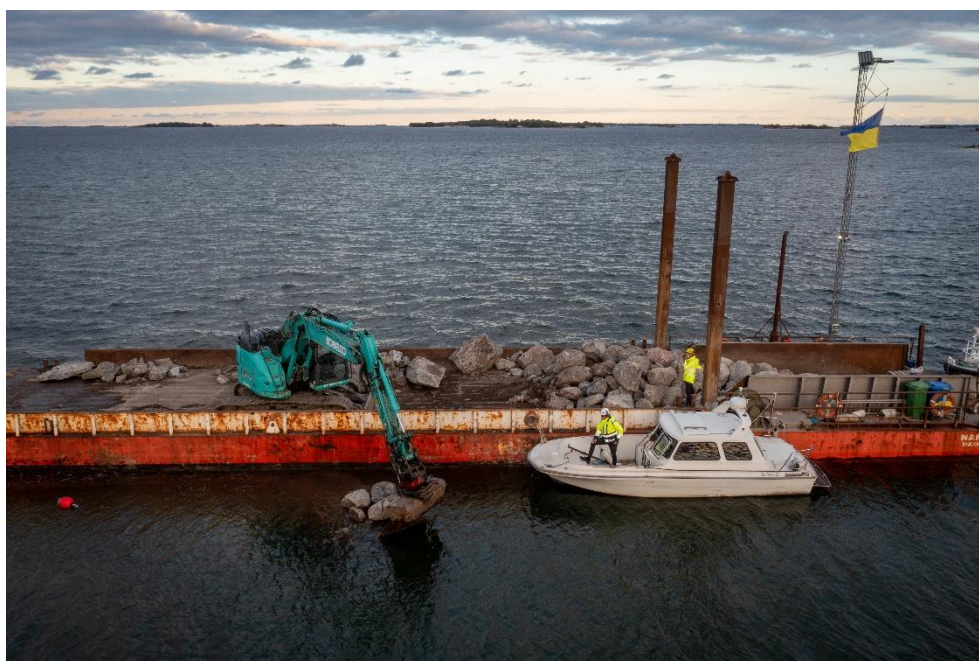
EROSIONSSKYDD

Baserat på principen om naturanpassade erosionsskydd togs ett åtgärdsförslag fram för att minimera erosionspåverkan i viken. Åtgärdsförslaget gick ut på att bygga en stenrevel strax utanför den mest utsatta delen i viken, och kombinera

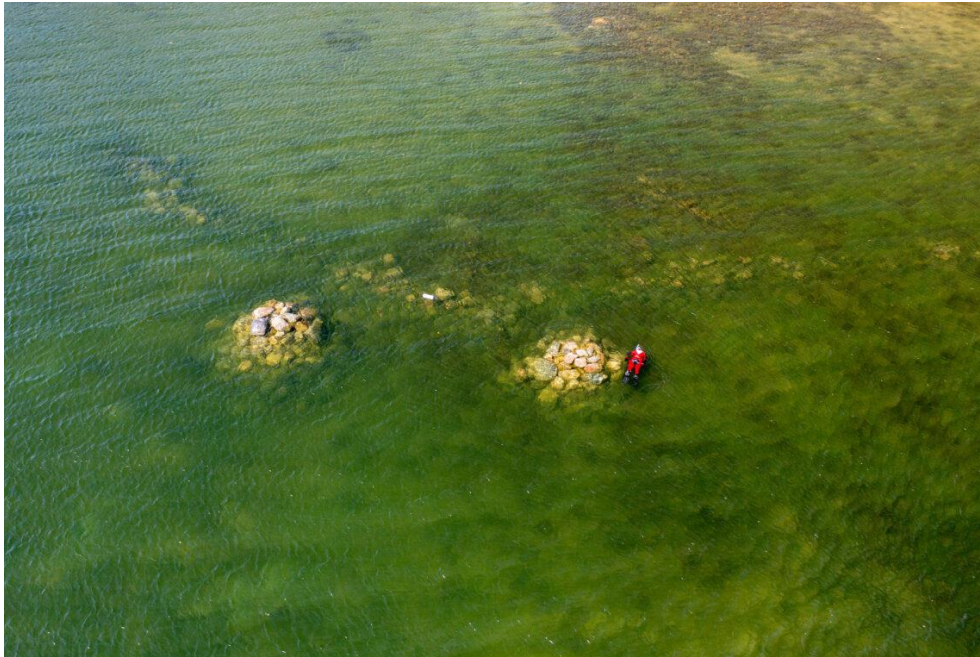
denna med sådd av blåstång på de nya strukturerna. En djupkartering av viken genomfördes inför åtgärd, tillsammans med en växtinventering, en bottenfaunainventering samt ett standardiserat provfiske med kustnät (SLU, 2024).

Under den 6–8 september 2022 pågick arbetet för att anlägga erosionsskyddet. Sportfiskarna arbetsledde åtgärden som genomfördes av WSAB Marin AB. Totalt användes 300 ton sten, fördelat mellan 200 ton sprängsten och 100 ton natursten. Arbetet genomfördes från pråm med grävmaskin (Figur 16).

Erosionsskyddet konstruerades som en ojämn revel strax utanför strandzonen, med rösen av natursten ovanpå sprängstenen och utanför reveln (Figur 17).



Figur 20. Anläggningsarbetet genomfördes från pråm med grävmaskin. Foto: Johan Hammar.



Figur 21. Stenrevet sett ovanifrån, med stranden överst i bild. Foto: Johan Hammar.

BLÅSTÅNGSETABLERING

Den 30 maj 2023 genomfördes en blåstångsetablering på de nya stenstrukturerna. Då blåstång redan förekommer i viken hade en etablering av plantor sannolikt skett över tid, men åtgärden genomfördes för att skynda på denna process. Åtgärden genomfördes under en samlad arbetsdag av Sveriges Vattenekologer AB med hjälp av Sportfiskarna, WWF, Skärgårdsstiftelsen, Skansens Östersjöcentrum samt Lena och Nils Kautsky.

Tångruskor samlades in av dykare från ett närliggande bestånd och bands ihop i knippen om cirka tio ruskor. Varje knippe förseddes med en vikt av sten och ett flöte av en PET-flaska. Stenrevet skrubbadess från snabbväxande trådalger och knippena av blåstång placerades sedan ut på revet (Figur 18, Figur 19). Förhoppningen var att varje knippe av blåstång skulle innehålla både han- och honplantor som vid fullmåne den 5 maj skulle släppa sina ägg och spermier i vattenmassan.



Figur 22. Stenarna skrubbadas från snabbväxande trådalger inför sådd av blåstången. Foto: Johan Hammar.



Figur 23. Efter skrubbing av stenarna placerades blåstångsknippena ut längs revet. Foto: Johan Hammar.

RESULTAT

Redan dagen efter slutförd byggnation noterades fisk i anslutning till båda stenreven. Fisk noterades även vid efterföljande besök och det var tydligt att de nya stenstrukturerna lockade många olika arter i en annars relativt strukturfattig miljö. Vid revet i Riddersholm noterades stim av abborre, braxen (*Abramis brama*) och storspigg (*Gasterosteus aculeatus*). Vid Södra viken noterades stim av benlöja (*Alburnus alburnus*).

Blåstångsförökning på stenrevet vid Riddersholm inventerades av Skärgårdsstiftelsen och Sveriges Vattenekologer AB den 29 september 2023 då PET-flaskorna plockades bort. Vid detta tillfälle konstaterades att förökning skett på stenarna i anslutning till de utplacerade blåstångsknippena (Figur 19). Fler uppföljningar kommer krävas för att svara på hur blåstången klarar sig på sikt.



Figur 24. Blåstångsgroddar fotograferade i slutet av september 2023 visar att försöket till etablering har lyckats. Foto: Susanne Qvaford, Sveriges Vattenekologer AB.

I Södra viken inventerades tillväxt hos vassen den 6 juni 2024 och ungefär hälften av vassmattorna konstaterades ha överlevt vintern och växt till under våren. Fyra vassmattor hade spolats upp på land, varav en fortfarande innehöll levande plantor och kunde flyttas ut i vattnet igen. Tre av vassmattorna hade spolats in längre i viken där de bedömdes kunna ligga kvar, 11 vassmattor låg kvar där de placerats och två saknades (Figur 20). Samtliga vassmattor som placerats i anslutning till större stenar låg kvar (Figur 21). Även här kommer det krävas uppföljningar under längre tid, men vassens överlevnad är ett gott tecken.



Figur 25. Nära hälften av vassmattorna som planterats hade överlevt vid en inventering i juni 2024.



Figur 26. All vass som planterats i anslutning till större stenblock låg kvar vid inventeringen.

Hur väl stenreven minskar erosionspåverkan på strandkant och strandzon kommer kräva långsiktiga uppföljningar. Det faktum att både blåstångssådd och vass har tillväxt tyder på att erosionspåverkan innanför reven har minskat, men det är för tidigt att dra några definitiva slutsatser.

DISKUSSION

Föreliggande projekt är ett av få som fokuserat på arbete med anläggande av naturanpassade erosionsskydd i Sverige. Under projektets gång har flera andra aktörer inlett liknande projekt och möjligheterna att utvärdera olika typer av naturanpassade erosionsskydd kommer på sikt bli allt större.

För att kunna utvärdera de naturanpassade åtgärdernas effektivitet krävs tillräckliga förevärden. Inventering av växter och bottenfauna kunde göras inför åtgärderna vid Riddersholm, och vid Öbacken-Bränninge hade motsvarande inventeringar redan genomförts, men några längre tidsserier för provfisken saknades på båda platser. Inför åtgärderna genomfördes ett provfiske på varje lokal, men för att kunna dra några långtgående slutsatser avseende fiskförekomst hade provfisken under flera år behövts. Före- och eftervärden i form av vågmätningar hade också varit av stort värde och rekommenderas inför framtida projekt, i de fall det är möjligt.

Denna rapport fokuserar i huvudsak på stenrev som erosionsskydd för grunda vattenmiljöer, men de positiva effekterna av att återskapa stenrev utöver deras funktion som erosionsskydd bör även beaktas. Då man 2008 återskapade stenrev vid Læsø Trindel i Kattegat, Danmark, kunde dessa konstateras resultera i högre förekomst av torsk (*Gadus morhua*) och en högre andel stora individer av både torsk och berggylta (*Labrus berggylta*) än innan restaureringen (Støttrup et al, 2014). Stenrevet lockade även till sig vanlig tumlare (*Phocoena phocoena*) som sannolikt nyttjade det återskapade habitatet för födosök (Mikkelsen et al, 2013).

Även de stenrev som byggdes inom detta projekt har konstaterats locka fisk i en i övrigt relativt strukturfattig miljö. Vid uppföljning av åtgärder där viktiga lekmiljöer skyddas eller återskapas är detta en viktig aspekt att ta med då man bör skilja på produktion av fisk innanför revet och anlockning av fisk utifrån. Båda aspekter är av värde, men bör hållas isär vid uppföljningar.

En lärdom från projektet är vikten av förankring hos markägare och närboende. Då denna typ av åtgärder är relativt nya kan det krävas en större informationsinsats för att förmedla vilken typ av åtgärder som ska genomföras. Efter åtgärderna vid Riddersholm uttryckte närboende att både genomförande och resultat var betydligt mindre invasivt än man sett framför sig. Här kommer före- och efterbilder från liknande projekt sannolikt att fylla en viktig funktion framgent.

Ytterligare en lärdom var vikten av förberedelser på plats. Vid Öbacken-Bränninge underlättades arbetet avsevärt av att stenrevets planerade sträckning markerades ut med bojar dagen innan åtgärd – att jämföra med vid Riddersholm där bojarna placerades ut från pråmen under arbetets gång. Detta höll nere entreprenadkostnaden och var en förutsättning för att se var stenen skulle placeras sedan arbetet inletts då sikten försämrades avsevärt av grumling från botten.

Etablering av blåstång vid Riddersholm enligt den metod som Sveriges Vattenekologer AB förevisade kunde konstateras fungera, och var både enkelt och kostnadseffektivt. Vassplanteringen vid Öbacken-Bränninge var däremot dyr och det råder fortfarande osäkerheter om huruvida vassmattorna kommer att ligga kvar på sikt. Vid liknande åtgärder rekommenderas att plantera vassen i anslutning till större stenblock mot vilka vassen kan förankras. Ytterligare en möjlighet för att hålla nere kostnader vore att samordna vassplanteringsåtgärder med bortgrävning av vass på andra platser, exempelvis vid återskapande av fria vandringsvägar in till marer. Detta har dock inte testats inom detta projekt.

De stenrev som byggdes inom detta projekt var pilotåtgärder, och platser valdes bland annat utifrån bottenstrukturer och djup för att slippa använda stora mängder sten. På många platser med större djup kommer dock åtgången av sten att bli betydligt högre och det är därför värt att undersöka möjligheterna att kombinera projekt som genererar sten med byggnationen av rev, så som inom MASSA-projektet i Stockholm (MASSA, 2024).

Stockholms kust och skärgård är i dagsläget kraftigt påverkad av både exploatering och fartygstrafik, och det finns många områden som skulle gynnas av naturanpassade erosionsskydd. Parallellt finns det även många områden som skulle gynnas av stenrev vars huvudsakliga syfte inte nödvändigtvis är erosionsskydd, utan som snarare kan fungera som habitat för fisk och makroalger likt stenrevet vid Læsø Trindel.

Frågan bör även lyftas om Sjöfartsverkets och rederiernas roll i arbetet med naturanpassade erosionsskydd och stenrev. Liksom Trafikverket är aktiv i restaureringsarbeten i de vatten där de har verksamhet bör Sjöfartsverket ha ett intresse av marin restaurering kopplad till sjöfarten. Och liksom verksamhetsutövare i anslutning till vattendrag kan behöva restaurera eller kompensera för negativ påverkan kopplad till sin verksamhet vore det inte orimligt att rederierna genomför kompensationsåtgärder längs de farleder de nyttjar.

REFERENSER

- Almström, Björn. (2022). *Nature-based shore protection against ship waves in intra-coastal fairways*. ISBN: 978-91-8039-130-6.
- Almström, Björn, and Magnus Larson. (2020). *Measurements and Analysis of Primary Ship Waves in the Stockholm Archipelago, Sweden*. Journal of Marine Science and Engineering 8, no. 10: 743.
<https://doi.org/10.3390/jmse8100743>
- Bilkovic D. et al. (2017). *Living Shorelines - The Science and Management of Nature-Based Coastal Protection*. ISBN: 9781315151465.
- Granath, Lars. (2004). *Skadeinventering, vågenergiinmätningar och metod för miljöövervakning. Fartygstrafik och Stranderosion i Stockholms skärgård*. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 2004:19
- Granath, Lars. (2013). *Erosionsskador i Furusundsleden 2000-2013. Utredning om utveckling, orsaker och möjliga åtgärder*. Hydrographica. 2013-11-12.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2014). *Sjöfarten kring Sverige och dess påverkan på havsmiljön*. 2014:4
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2017). *Åtgärdsprogram för ålgräsängar (Zostera spp.)*. Rapport 2017:24. ISBN 978-91-87967-72-6.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2018). *Muddring och hantering av muddermassor - Vägledning och kunskapsunderlag för tillämpningen av 11 och 15 kap. miljöbalken*. Rapport 2018:19.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2019). *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. HVMFS 2019:25.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2023). *Konnektivitet i kustvatten - En kunskapssammanställning om organismers rörelser i kustzonen*. Rapport 2022:13.
- Johansson, A., Werner, K., Ulltin F., Ley T., Johnsson M. (2022). *Identifiering av havsområden lämpade för stenåterföring – En analys av skånska kustområden påverkade av stenfiske*. Rapport 2022:14. ISBN 978-91-7675-282-1.
- Johansson, Gustav. (2023). *Inventering av undervattensmiljön på en kraftigt svall-påverkad strandsträcka vid Riddersholm, Rådmansö*. PM 2023-06-05.
- Johansson, Lars. (2003). *Stranderosionsskydd. Typer – Dimensionering – Modellering*. Statens geotekniska institut (SGI). Publikation Varia 532.

- Kautsky, L. Qvarfordt, S. och Schagerström, E. (2019). *Fucus vesiculosus adapted to a life in the Baltic Sea: Impacts on recruitment, growth, re-establishment and restoration*. Botanica Marina 62(1): 17-30
- Kärki, John & Alsing Skoog, Emma. (2017). Åtgärdsprogram. Södra viken, Hallsfjärden, Södertälje kommun.
- Kärki, John. (2023). Muntligt 2023-12-18.
- Lindholm, T., M. Svartström, L. Spoof & J. Meriluoto. (2001). *Effects of ship traffic on archipelago waters off the Långnäs harbour in Åland, SW Finland*. Hydrobiologia 444:217-225
- Länsstyrelsen Stockholm. (2020). *Ålgräs i Stockholms län 2020 – Karteringar och kunskapssammanställning*. Rapport 2021:4. ISBN: 978-91-7937-068-8.
- MASSA. (2024). MASSA LAGU. <https://massaprojektet.se/>. Hämtad: 2024-06-07.
- Mikkelsen, Lonnie & Mouritsen, Kim & Dahl, Karsten & Teilmann, Jonas & Tougaard, Jakob. (2013). *Re-established stony reef attracts harbour porpoises Phocoena phocoena*. Marine Ecology Progress Series. 481. 239-248. 10.3354/meps10260.
- Olin, A.B., Bergström, U., Bodin, Ö. et al. (2024). *Predation and spatial connectivity interact to shape ecosystem resilience to an ongoing regime shift*. Nat Commun 15, 1304. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45713-1>
- PIANC. (2008). *Considerations to reduce environmental impacts of vessels*. Report 99.
- Regeringen. (2023). *Tillåtlighetsprövning enligt 17 kap. miljöbalken av två nya farledsavsnitt i farled 511 Landsort bredgrund – Södertälje (Igelsta)*. Regeringsbeslut KN2023/01015.
- SIG. (2023). *Katalog över naturanpassade erosionsskydd*. <https://www.sgi.se/sv/vagledning-i-arbetet/stranderosion/fran-inventering-till-atgard/atgarder-for-skydd-mot-stranderosion/katalog-over-naturanpassade-erosionsskydd/>. Hämtad: 2023-12-08.
- SLU (2024). *Databasen för kustprovfisken – KUL*. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser. <http://www.slu.se/kul> [2024-05-16]
- Sjöfartsverket. (2023). <https://www.sjofartsverket.se/sv/farledsprojekt/malarprojektet/>. Hämtad: 2023-12-18.
- Sjöfartsverket. (2023). Mejlkonversation från 2023-12-20.
- Sjöfartsverket. (2018). *Landsortsfarleden – samrådsunderlag för vattenverksamhet*. Sjöfartsverkets Dnr 18-03264.

- Statens Geotekniska Institut (SGI). (2021). <https://www.sgi.se/sv/>. Hämtad: 2021-12-15
- Statens Geotekniska Institut. (2022). *Naturanpassade erosionsskydd i kustmiljö*. Slutrapport 2022. PM. Diarienummer 1.1-1609-0521.
- Stockholms hamnar. (2022). *Års- och hållbarhetsredovisning 2022/3*.
- Støttrup, J.G. & Stenberg, Claus & Dahl, Karsten & Dahl Kristensen, Louise & Richardson, Katherine. (2014). *Restoration of a Temperate Reef: Effects on the Fish Community*. Open Journal of Ecology. 4. 1045-1059. 10.4236/oje.2014.416086.
- Sundblad, G., Bergström, U. (2014). *Shoreline development and degradation of coastal fish reproduction habitats*. Ambio 43:1020-1028.
- Sundblad, G., Nikolopoulos, A., Didrikas, T. & Isaeus, M. (2015). *Hydromorfologisk modellering av risk för båtinducerad stranderosion i Stockholms skärgård*. Fakta 2015:13.
- Söderman, M. projektledare Sportfiskarna. (2021). Muntligt. 2021-09-29.
- Trafikverket. (2017). *Åtgärdsvalstudie – Farleder till Stockholm*. ISBN: 978-91-7725-068-5.
- Törnqvist, O., Klein, J., Vidisson, B., Häljestig, S., Katif, S., Nazerian, S., Rosengren, M., Gilljam, C. (2020). *Fysisk störning i grunda havsområden - Kartläggning och analys av potentiell påverkanszon samt regional och nationell statistik angående störda områden*. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2020:12.
- UNCTAD. (2019)cnm . *Review of Maritime Transport 2019*. Sustainable Shipping (UNCTAD/RMT/2019)
- Waxholmsbolaget. (2024). *Linjekartor*. <https://waxholmsbolaget.se/info/kartor/kartor>. Hämtad: 2024-02-14

