



Förslag på pilotområde för ekosystembaserad havsförvaltning i Stockholms skärgård

RAPPORT 1/2022

Östersjöcentrum

 Stockholm
universitet

Innehåll

3	1. Inledning
4	2. Pilotområdet
	Avgränsning av pilotområdet
7	3. Ekosystemet i Stockholms skärgård
	Fåglar
	Däggdjur
	Fisk
	Grunda (fotiska) bottnar
	Djupa (afotiska) bottnar
	Ekosystem och födovävar
19	4. Belastningar i pilotområdet
	Tillförsel av ämnen
	Näring
	Farliga ämnen och skräp
	Antropogent ljud och annan energi
	Biologiska störningar
	Tillförsel/spridning av främmande arter/genotyper, patogener och genetiskt modifierade arter
	Störning av arter p.g.a. mänsklig närvaro
	Fiske och bifångst (uttag/skada av arter)
	Fysiska störningar (störning eller förlust av bottnar, ändrad hydrografi)
	Klimatförändringar
30	5. Frågeställningar för pilotprojektet
32	6. Kunskapsluckor och behov av ytterligare data
	Dataunderlag för arter och habitat
	Dataunderlag för belastningar
	Modeller och metoder för förvaltningen
35	7. Referenser

Huvudförfattare och redaktör: Sofia A. Wikström, Stockholms universitets Östersjöcentrum

Övriga författare: Eva Ehrnsten, Erik Gustafsson, Joakim Hansen, Marie Löf, Carl Rolff, Erik Smedberg, Maciej Tomczak och Emma Undeman, Stockholms universitets Östersjöcentrum och Lena Bergström, Anna Karlsson, Jens Olsson och Håkan Wennhage, SLU, Institutionen för akvatiska resurser

Tack till de experter vid Stockholms universitet (Institutionen för ekologi, miljö och botanik och Institutionen för miljövetenskap), Naturhistoriska Riksmuseet och Skärgårdsstiftelsen som bidragit med sin kunskap om miljöövervakningen och andra miljödata.

Kontakt: Sofia Wikström, sofia.wikstrom@su.se

Layout: Stockholms universitets Östersjöcentrum

Omslagsfoto: Andreas Lundberg/Mostphotos

Design: Blomquist & Co

Inledning

Det här är en delrapportering från projektet ”Pilotprojekt Ekosystembaserad havsförvaltning Stockholms Skärgård”, som utförs av Stockholms universitets Östersjöcentrum på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten 2020. Syftet med uppdraget har varit att ta fram en projektbeskrivning för ett pilotprojekt för ekosystembaserad förvaltning i Stockholms skärgård. Arbetet har samordnats med projektet ”Ekosystembaserad havsförvaltning i Bottenhavet och Kattegatt” som utförts av SLU, Institutionen för akvatiska resurser, och utrett två andra pilotområden.

Projekten ska ligga till grund för att starta ett långsiktigt projekt för att införa ekosystembaserad havsförvaltning (EBH) i pilotområdena och med dessa erfarenheter ta fram en vägledning om hur EBH kan införas i andra geografiska områden i svenska havsområden.

I den här delfeveransen presenterar vi det föreslagna pilotområde Stockholms skärgård och diskuterar möjliga geografiska avgränsningar av pilotområdet (avsnitt 2). Vi ger en översikt över vilka arter och undervattenshabitat som finns i området, hur de övervakas idag och vilka övriga underlagsdata som finns (avsnitt 3). Vi ger också en översikt över kända belastningar och aktiviteter i området och kunskapsläget för dessa (avsnitt 4). Vi gör ett kort resonemang om vilka frågeställningar som kan vara viktiga för pilotprojektet (avsnitt 5), som underlag för att kunna identifiera kunskapsluckor och brist på data och analysverktyg för ekosystembaserad förvaltning i Stockholms skärgård (avsnitt 6).

Analysverktyg för ekosystembaserad förvaltning med relevans för alla tre pilotområdena presenteras i en annan delfeverans (”Analysramverk, verktyg och ekosystem-modeller”). Där görs en sammanställning av befintliga metoder som kan användas för att bedöma status, kumulativ påverkan och uppföljning av åtgärder beroende på skala, särskilt med avseende på ekologiska aspekter i de tre pilotområdena.

Projekten har också sammanställt och levererat en lista på relevant litteratur för att bygga upp ett inledande referensbibliotek för projekten och en lista på möjliga samarbetspartners nationellt och internationellt.

Pilotområdet

Stockholms skärgård kan fungera som pilotområde för ekosystembaserad förvaltning av ett regionalt skärgårdsområde. Tidigare exempel på sådana pilotområden i en regional skärgård eller kustområde är samverkansplanerna för Blekinge Arkipelag och Norra Bohuslän i de nationella pilotprojekt för samförvaltning som drevs 2008-2011 av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2011, Norrby m.fl. 2011). Det finns också flera exempel på mer avgränsade pilotområden i kusten, bland annat 8-fjordar i Bohuslän (Bryhn m.fl. 2017). BSPA-området Stora Nassa-Svenska Högarne i Stockholms ytterskärgård har tidigare varit pilotområde för samförvaltning, med en samverkansplan för området som publicerades 2010 (Länsstyrelsen Stockholm 2010).

Stockholms skärgård har ingen formell avgränsning, men oftast avses området från Björkö-Arholma i norr till Öja-Landsort i söder (en sträcka på 145 km) och från väst till öst från de innersta öarna kring Stockholm ut till de minsta skären vid Svenska Högarne i öster (en sträcka på 82 km, figur 1). Området inkluderar större delen av Stockholms läns skärgård, som sträcker sig från Singö i norr och inkluderar inloppet till Södertälje väster om Landsort. I vissa sammanhang inkluderas bara de öar som saknar fastlandsförbindelse, det är exempelvis den definition som används av Skärgårdsstiftelsen och i det regionala utvecklingsprojektet Tre Skärgårdar¹.

Från öster till väster delas skärgården in i innerskärgård, mellanskärgård och ytterskärgård, vilket återspeglar en naturgeografisk zoner i både geologi och växtlighet. Skärgården formas av ett sprickdalslandskap där topparna är resterna av ett peneplan som sluttar svagt mot öster, med allt lägre öar ju längre ut de ligger från land. Miljön blir också kargare ju längre ut mot havet man kommer, med alltmer sparsam växtlighet. Innerst finns en barrskogszon, som gradvis övergår i en lövskogszon för att sluta i kalskärszonen.

Norrhälje, Österåker, Vaxholm, Värmdö, Tyresö, Haninge och Nynäshamn räknas som skärgårdskommuner (figur 2a). Flera andra kommuner har kustvatten inom kommungränsen (Stockholm, Täby, Danderyd, Solna, Lidingö, Nacka och Södertälje).

Enligt den geografiska indelningen för vattenförvaltningen ligger Stockholms skärgård i Norra Östersjöns vattendistrikt. Stockholms innerskärgård utgör typområde 24 (Stockholms inre skärgård), medan mellanskärgården ingår i typområde 12 (Östergötlands samt Stockholms skärgård, mellankustvatten), vars norra gräns finns vid Björkö-Arholma (figur 2b). Större delen av ytterskärgården utgörs av typområde 15 (Stockholms skärgård, yttre kustvatten), medan den sydligaste delen av ytterskärgården tillhör typområde 14 (Östergötlands yttre kustvatten).

I den geografiska indelningen för havsmiljöförvaltningen ligger den största delen av Stockholms skärgård i havsbassängen N Gotlandshavet, men den allra nordligaste delen tillhör Ålands hav (gränsen går en bit söder om Björkö-Arholma) och den södra delen (typområde 14 och vatten innanför) tillhör V Gotlandshavet.

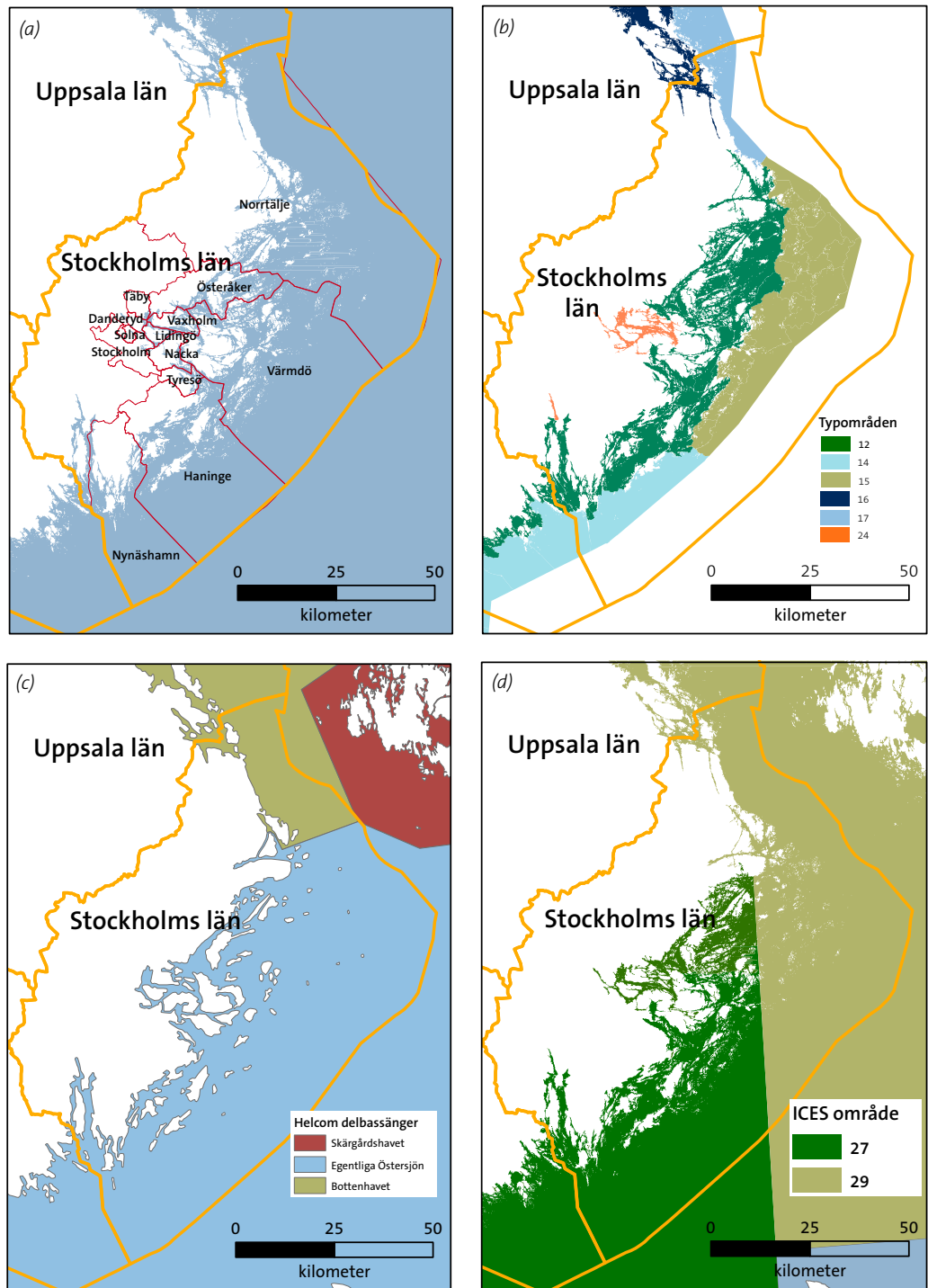
I den statliga havsplaneringen ligger hela havsområdet som gränsar till Stockholms skärgård inom planområde Östersjön (gränsen till planområde Bottniska viken går vid länsgränsen mellan Stockholm och Uppsala).

Björkö-Arholma ligger vid gränsen mellan Helcoms delbassänger Egentliga Östersjön och Bottenviken (figur 2c), vilket innebär att med den



Figur 1. Stockholms skärgård med geografiska hållpunkter.

¹<https://treskargardar.wordpress.com/>



Figur 2. Administrativa indelningar av Stockholms skärgård: (a) kommuner med kustvatten; (b) typområden i vattenförvaltningen: 12 Östergötlands samt Stockholms skärgård, mellankustvatten, 14 Östergötlands yttre kustvatten, 15 Stockholms skärgård, yttre kustvatten, 16 Södra Bottenhavet, inre kustvatten, 17 Södra Bottenhavet, yttre kustvatten, 24 Stockholms inre Skärgård och Hallsfjärden; (c) delbassänger enligt Helcom; och (d) fångstområden enligt ICES.

klassiska avgränsningen (Arholma – Landsort) utgör Stockholms skärgård den nordligaste delen av Sveriges kust i Egentliga Östersjön. I Internationella havsforskningsrådets (ICES) indelning av Östersjön ingår Stockholms skärgård i två områden (figur 2d). Den södra och västra delen ingår i område 27 medan den östra och nordliga delen ingår i område 29.

Ekosystemet i Stockholms skärgård

Stockholms skärgård är ett typiskt skärgårdsområde för Östersjön. Både miljön på land och i havet är mycket varierad, på både liten skala och mellan olika delar av skärgården. Sprickdalslandskapet skapar en vidsträckt mosaik av grunda och djupa bottenar och en gradient från vågskyddade sund och vikar till exponerade klippöar. Området karaktäriseras också av att vattenmassor med olika salthalt möts och blandas. Det skapar kraftiga gradienter i salthalt och i koncentrationer av närsalter och föroreningar, både i nord-sydlig och öst-västlig riktning. Dessa gradienter har en stor påverkan på växt- och djurlivet i havet.

Den varierade topografin skapar en mosaik av olika livsmiljöer, med olika djup och bottenstrukturer, vilket skapar förutsättning för en hög biologisk mångfald. Grunda områden är särskilt viktiga reproduktions- och födosöksområden för många arter och skärgårdar har stor betydelse som reproduktionsområde jämfört med raka, öppna kuststräckor.

Nedan presenterar vi översiktligt arter och habitat i Stockholms skärgård utifrån indelningen i *ekosystemkomponenter* i havsmiljödirektivet (fåglar/däggdjur/fisk/grunda och djupa bottenhabitat). Vi ger en kort beskrivning av tillståndet för arter och habitat utifrån relevanta bedömningar av miljöstatus², med fokus på de arter och habitat som inte uppnår god status. Vi beskriver även hur de övervakas idag och vilka data som finns tillgängliga för att beskriva den rumsliga utbredningen av arter och habitat i området. I det avslutande avsnittet beskriver vi samband och interaktioner mellan ekosystemkomponenterna.

Fåglar

Med sina stora ytor av grundområden för födosök och många öar och skär att häcka på är Stockholms skärgård ett mycket viktigt häckningsområde för många sjöfåglar och för havsörn. Stockholms ytterskärgård pekas ut som ett internationellt viktigt område för kustfåglar, Important Bird Area (IBA), enligt Birdlife Internationals kriterier och är även utpekad som Ramsar-område. Under vintern är isfria områden också en viktig övervintringsplats för sjöfåglar.

Den häckande kustfågelfaunan i Stockholms skärgård beskrivs i detalj av Eklund m.fl. (2009), baserat på en heltäckande kartering genomförd i början av 2000-talet. Inventeringen registrerade 38 häckande arter med koppling till kusten. Till karaktärsarterna hör dykänder som ejder (*Somateria mollissima*), svärta (*Melanitta fusca*), stor- och småskrake (*Mergus merganser* och *serrator*), alkor (tordmule *Alca torda*, sillgrissla *Uria aalge* och tobisgrissla *Cepphus grylle*) gäss (grågås *Anser anser*, kanadagås *Branta canadensis* och vitkindad gås *Branta leucopsis*), simänder som gräsand (*Anser platyrhynchus*) och snatterand (*Anser strepera*) samt måsar, trutar och tärnor. Storskarven (*Phalacrocorax carbo sinensis*) etablerade sig i Stockholms skärgård 1994, ökade snabbt och är idag en av skärgårdens talrikaste kustfåglar. Havsörnen (*Haliaeetus albicilla*) var nästan borta från stora delar av skärgården på 1970-talet, men ökade stadigt fram till 1990-talet och idag häckar över 100 par i Stockholms läns kust- och skärgårdsområde.

Skärgårdens betydelse som övervintringsområde framgår i den senaste internationellt koordinerade inventeringen av övervintrande sjöfåglar i Östersjön (SOWBAS-projektet, Skov m.fl. 2011). Flera arter övervintrar i höga antal i Stockholms skärgård, bland annat sångsvan (*Cygnus cygnus*), vigg (*Aythya fuligula*), knipa (*Bucephala clangula*), alfågel (*Clangula hyemalis*) och gräsand.



Foto: Micha Klotwijk/Mostphotos

Ejderen är en karaktärsart för Stockholms skärgård.

²Utifrån bedömningarna för havsmiljöförvaltningen, vattenförvaltningen, art- och habitatdirektivet och/eller den nationella rödlistan.

Bevarandestatus för kustfåglar bedöms på nationell nivå i den nationella rödlistan och, för ett urval arter, inom ramen för fågeldirektivet. För havsmiljödirektivet bedöms miljöstatus för kustfåglar i Östersjön, inklusive Bottniska viken, utifrån abundans av 30 häckande arter och 21 övervintrande kustfågelarter. I den senaste bedömningsperioden för havsmiljödirektivet (2011-2016) var miljöstatus dålig för kategorierna vadande och bentiskt födosökande arter. De vadande arter som framförallt minskat och som häckar i Stockholms skärgård är drillsnäppa och roskarl. Av de bentiskt födosökande arterna har häckande populationer av ejder och svärta minskat, liksom övervintrande populationer av alfågel och brunand. En kraftig nedgång sedan 1990-talet för både ejder och svärta är också en av de tydligaste förändringarna i häckfågelfaunan i Stockholms skärgård.

På regional skala gjordes en bedömning av regional bevarandestatus för kustfåglar i Stockholms skärgård utifrån karteringen i början på 2000-talet (Eklund m.fl. 2009), utifrån samma kriterier som används i den nationella rödlistan. Enligt denna bedömning, som inte är helt aktuell, var 14 arter hotade. Allvarligast var situationen för svärta och skrånärtarna (akut hotade) samt vigg, sothöna, fisktärna, roskarl, silltrut och tobisgrissla (starkt hotade).

Miljöövervakning och andra tillgängliga dataunderlag för kustfåglar i Stockholms skärgård finns sammanställt i tabell 1. Sedan 2015 sker övervakning av häckande arter genom den nationella kustfågelinventeringen (50 inventeringsrutor i Stockholms skärgård). Skärgårdsstiftelsen har övervakat några vanliga kustfågelarter i sina områden sedan 1980-talet, storskarv sedan den etablerade sig 1994, samt berguvshäckningar. Kolonierna av sillgrissla och tordmule övervakas genom ringmärkning. Häckningar av havsörn övervakas av Naturhistoriska riksmuseet. Övervintrande fåglar övervakas med räkning från land.

Heltäckande inventeringar av kustfåglar genomfördes 1971-76 och 2000-2005 (Eklund m.fl. 2009). I den senare inventeringen räknades häckande par i en gång en kilometerstora rutor, vilket ger en heltäckande bild av utbredningen av arter i skärgården i början av 2000-talet. Övervintrande fåglar inventerades 2007-2009 med en kombination av flyginventering och räkning från kusten, inom ramen för den koordinerade inventeringen av övervintrande sjöfågel i Östersjön (SOWBAS-projektet, Skov m.fl. 2011).

Länsstyrelsen i Stockholm har låtit ta fram kartläggningar av födosöksområden för sjöfågel, dels genom att följa födosökande alkor från kolonin på Svenska högarna med GPS-spårning (Länsstyrelsen Stockholm 2018a) och dels genom rumslig modellering av födosöksområden för tordmule, sillgrissla, alfågel, ejder och svärta (Länsstyrelsen Stockholm 2017). När det gäller kartunderlag kan det också vara relevant att nämna kartor över viktiga områden för sjöfågel utpekade av Birdlife International (Important Bird Areas)³, Ramsar⁴ och för fågeldirektivet (SPAs) samt fågelskyddsområden.



Roskarlen är en vadare som minskat i Östersjöns kustområden.

³<http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/archipelago-of-stockholm-iba-sweden>

⁴<https://rsis.ramsar.org/ris/435>

	Undersökning	Utförare, dataåtkomst
Övervakning av häckande fågel	Den nationella kustfågelinventeringen (kustfågelrutor).	Lunds universitet samordnar de nationella fågelinventeringarna (Svensk Fågeltaxering) och har hand om data, även äldre inventeringsdata.
Övervakning av häckande fågel	Projekt Levande Skärgårdsnatur: -räkning av antal individer i kolonierna av tordmule och sillgrissla, -räkning av bebodda skarvbon i samtliga kolonier, -räkning av de vanligaste sjöfågelarterna, -övervakning av berguvshäckningar.	Skärgårdsstiftelsen.
Övervakning av häckande fågel	Övervakning av havsörn.	Naturhistoriska riksmuseet.
Övervakning av övervintrande fågel	Svensk sjöfågelinventering: räkning av kustfågel höst och vinter.	Lunds universitet samordnar (Svensk Fågeltaxering) och har hand om data.
Inventering av häckande kustfåglar	Heltäckande inventeringar av kustfågel i Stockholms skärgård genomfördes 1971-76 och 2000-2005.	Eklund m.fl. 2009. Resultatet är dels totalt antal häckande par, dels antal häckande par av samtliga sjöfågelarter i 1x1 km rutor som ger en heltäckande bild av sjöfågelutbredningen i området.
Inventering av övervintrande sjöfåglar	SOWBAS 2007-2009.	Skov m.fl. 2011.

Tabell 1. Miljöövervakning och andra tillgängliga dataunderlag för fågel i Stockholms skärgård.

Däggdjur

Gråsäl är den enda marina däggdjursart som lever i Stockholms skärgård. Östersjöpopulationen av gråsäl är spridd över hela Östersjön, så Stockholms skärgård är bara en liten del av populationens utbredningsområde. Populationen är i stort sett isolerad och är genetiskt åtskild från närliggande populationer. Den förvaltas utifrån nationella förvaltningsmål (Havs- och vattenmyndigheten 2019) och i samarbete med de andra länderna runt Östersjön.

Populationen var kraftigt reducerad på 1970-talet men har ökat sedan dess. Idag uppskattas den till mellan 50-60 000 djur, vilket är tillräckligt många för att den ska räknas som livskraftig. Gråsäl bedöms uppnå gynnsam bevarandestatus i Östersjön enligt senaste bedömningen för art- och habitatdirektivet (Naturvårdsverket 2020). I inledande bedömning för havsmiljödirektivet (Havs- och vattenmyndigheten 2018) uppnår arten inte god miljöstatus på grund av att dräktighetsfrekvens och späcktjocklek, som används som indikatorer på sälarnas hälsa, är lägre än gränsen för god miljöstatus.

Övervakningen av gråsäl samordnas för hela Östersjön, med målet att mäta utveckling och populationsstatus för hela populationen. I Sverige ansvarar Naturhistoriska riksmuseet för sälövervakningen. Övervakningen sker huvudsakligen genom att sälarna räknas från luften på samtliga platser där många säl samlas under perioden för pälbyte.



Foto: Yossarian22/Stock/Mostphotos

Gråsäl är det enda marina däggdjuret i Stockholms skärgård.

Övervakningsdata ger en god bild över populationsutvecklingen och antalet sälar i olika kustområden, bland annat Stockholms skärgård.

En art med betydande påverkan på det marina systemet är minken, som spritts från minkfarmer och etablerat sig i det vilda. Minken orsakar stora problem för markhäckande fåglar och jagas på viktiga fågelskär i ytterskärgården som en skyddsåtgärd. Skärgårdsstiftelsen genomför övervakning av minkens utbredning i yttre skärgården samt även skydds jakt på mink inom projekt Levande Skärgårdsnatur.

Fisk

Det kustnära fisksamhället i Stockholms skärgård domineras av arter med ett sötvattensursprung som abborre (*Perca fluviatilis*), gärs (*Gymnocephalus cernuus*), gös (*Sander lucioperca*), gädda (*Esox lucius*), mört (*Rutilus rutilus*) och andra arter från familjen karpfiskar (Cyprinidae) (Flink m.fl., 2018; Mustamäki m.fl. 2018, 2020; Mustamäki och Franzén, 2020; Havs- och vattenmyndigheten 2020). Inslaget av marina arter som strömming (*Clupea harengus*), skarpsill (*Sprattus sprattus*), storspigg (*Gasterosteus aculeatus*) och östersjöflundra (*Platichthys solemdali*) är betydande i många delar av skärgården. Torsk (*Gadus morhua*) var rikligt förekommande i Stockholms skärgård under 1980-talet, men arten har i takt med tillbakagången för det östra beståndet i Östersjön minskat kraftigt. I likhet med stora delar av den svenska Östersjökusten finns det ett betydande inslag av arter som nors (*Osmerus eperlanus*), olika arter av simpior (Cottidae) och fiskar som sandstubb (*Pomatoschistus minutus*) i det kustnära fisksamhället i Stockholms skärgård. För de sistnämnda arterna saknas dock bra data från miljöövervakningen eftersom de inte fångas i lika stor utsträckning som de ovan nämnda. Inslaget och betydelsen av vandrande fiskarter som lax (*Salmo salar*), öring (*Salmo trutta*) och sik (*Coregonus maraena*) är inte lika betydande i Stockholms skärgård som i kustområden längre norrut i Östersjön. Den främmande arten svartmunnad smörbult (*Neogobius melanostomus*) har under senare år blivit talrik i de södra delarna av Stockholms skärgård (Mustamäki m.fl. 2018).

Stockholms skärgård utgör lek- och uppväxtområde för strömming, storspigg och de dominerande sötvattensarterna i fisksamhället. Exploateringstakten av grunda vågskyddade vikar som också utgör viktiga lek- och uppväxtområden för kustfiskerna är väldigt hög i Stockholms skärgård (Sundblad och Bergström 2014). Varje år beräknas upp till en procent av tillgängligt lek- och uppväxthabitat för arterna i Stockholms skärgård kraftigt försämrats på grund av utbyggnad av kustmiljön.

Från den regionala kustfiskövervakningen finns data att tillgå från fyra områden, Lagnö (vid Furusund i norra delarna av pilotområdet), Vaxholm, Muskö och Asköfjärden (som angränsar till pilotområdets sydligaste delar). I den senaste nationella statusbedömningen av kustfiskens tillstånd inom havsmiljödirektivet med data till och med 2016, bedömdes statusen för abborre vara god i Lagnö och Asköfjärden, och statusen för skrubbskädda vara god i Muskö (här bedöms inte abborre, Havs- och vattenmyndigheten 2018). För karpfiskar som mört bedömdes statusen vara god i Asköfjärden men dålig i Lagnö på grund av ökande förekomster. Ingen bedömning av statusen för karpfiskar görs i Muskö. Data från senare år anger att tillståndet för kustfiskerna försämrats i Lagnö och Asköfjärden (Havs- och vattenmyndigheten 2020). I Lagnö är förekomsten av karpfisk fortsatt hög samtidigt som mängden abborre minskat och även i Asköfjärden har mängden abborre minskat. I Vaxholm påbörjades övervakningen under 2016 och här visar resultaten från



Gäddan är ett exempel på en sötvattenfisk i Östersjön.



Östersjöflundran är en saltvattenart som är endemisk för Östersjön.

provfiskena goda förekomster av abborre, vilket är tecken på en god status, och även karpfiskar, vilket är tecken på en sämre status (Mustamäki och Franzén 2020). Storleken på de fångade abborrarna ligger över det prelimära gränsvärdet för god status i Vaxholm, men under gränsvärdet i Lagnö och Asköfjärden (Olsson, opublicerat).

Gädda och gös fångas i mindre utsträckning i provfiskena jämfört med abborre och karpfisk, vilket gör att data för dessa arter är mindre tillförlitlig. Tillgängliga data anger vikande bestånd av båda arterna och en icke önskad storleksstruktur hos gös (Havs- och vattenmyndigheten 2020).

Rekryteringen av kustnära fiskarter som abborre, gädda och karpfisk är svag till obefintlig i stora delar av Stockholms skärgårds yttre delar, och storspiggen har under senare decennier kommit att helt dominera och kontrollera det kustnära fisksamhället i ytterskärgården (Eklöf m.fl. 2020). Denna så kallade "spiggvägen" sveper in över Stockholms skärgård, och idag sker rekryteringen av kustnära rovfiskar främst i skärgårdens inre delar. En bidragande orsak till detta är den kraftiga ökningen av storspigg i Östersjön sedan början av 2000-talet (Bergström m.fl. 2015; Olsson m.fl. 2019).

Strömningen i Stockholms skärgård bedöms som del av strömmingsbeståndet i centrala Östersjön, även om det är möjligt att det förekommer mindre delbestånd och lokala populationer i området (Havs- och vattenmyndigheten 2020). De senaste beståndsskattningarna visar att beståndet succesivt ökade mellan början av 2000-talet och mitten av 2010-talet (ICES 2020). Sedan dess har beståndets storlek minskat och ligger nu på gränsen av vad som kan anses vara långsiktigt hållbart. Under de senare åren har även fiskeridödligheten ökat kraftigt, och ligger idag långt över vad som kan anses som långsiktigt hållbart (ICES 2020). Positivt är dock att rekryteringen under 2020 var förhållandevis god. Det finns indikationer på att strömningen och då framförallt mängden stor strömning under senare år har minskat även i Stockholms skärgård och att strömningen här utgör ett eller flera lokala bestånd. Vetenskapliga bevis för att belägga förändringar i populationsstorlekar och förekomsten av lokala bestånd av strömning i Stockholms skärgård saknas dock idag. Ett pågående forskningsprojekt vid SU:s Östersjöcentrum har som mål att öka kunskapen om populationsstrukturen hos den strömning som leker i Stockholms skärgård.

	Undersökning	Utförare, dataåtkomst
Miljöövervakning kustfisk	Regional miljö-övervakning vid Lagnö, Vaxholm, Muskö och Asköfjärden.	Utförare är SLU, Lst Stockholm (Vaxholm) och Södermanland (Asköfjärden), och datavärd är SLU (kustfiskedatabasen KUL).
Yngelinventering kustfisk	Inventering av fiskyngel vid kusten.	Många olika utförare som SLU, Lst, kommuner, NGO's, stiftelser. Data finns i "yngel-databasen" hos SLU som ännu inte är publik. En viss datamängd finns åtkomligt i KUL.
Utsjöfisk (strömning, skarpsill och spigg)	Baltic International Acoustic Survey.	Utförare: SLU. Dataåtkomst god för strömning och skarpsill. ICES datavärd.
Kartunderlag	Reproduktionshabitat för kustfiskarter.	Några kartor finns på länsstyrelsernas geodataportal, andra finns hos SLU:s kustlaboratorium.

Tabell 2. Miljöövervakning och andra tillgängliga dataunderlag för fisk i Stockholms skärgård.

Till skillnad från sensommarfiskena vid Lagnö, Vaxholm och Askö är det vid Muskö ett så kallat kallvattenfiske som genomförs när vattentemperaturen på botten har sjunkit under 12°C. Undersökningen är därmed inriktad på att följa de fiskarter som är mest aktiva vid låga vattentemperaturer. I provfiskeområdet vid Muskö har det skett stora förändringar i fisksamhällets sammansättning (Mustamäki m.fl. 2018). Idag är den främmande arten svartmunnad smörbult den dominerande arten. Sedan provfisket startade i början av 1990-talet har både sik och torsk ökat i förekomst. Detta är glädjande då båda arterna har varit på tillbakagång i stora delar av Östersjön.

Kartering och rumslig modellering av kustnära rekryteringshabitat för fisk har genomförts i flera olika projekt, framförallt BALANCE och PREHAB. Arbetet har utförts av forskare vid SLU (Kustlaboratoriet) som har god kunskap om underlagen och hur de har tagits fram. I projektet MMSS sammanställdes många av dessa underlag till en sammanvägd prediktionskarta som visar utbredningen av viktiga rekryteringshabitat för rovfisk i Stockholms skärgård (Nyström Sandman m.fl. 2013).

Grunda (fotiska) bottenar

Skärgården skapar en varierad miljö från vågexponerade klipp-, och sandbottenar till vågskyddade vikar med gyttja. Där solljuset når botten växer rika samhällen av alger och växter. Framträdande habitat är blåstångsskogar och rödalgsbälten på hårda bottenar. På grunda mjuka bottenar finner man ängar av ålgräs, nate och andra vattenväxter, samt kranisalger. Grunda, vågskyddade vikar utmärker sig genom hög artrikedom och täckningsgrad av rotade alger och växter och är utpekade som skyddsvärda habitat i art- och habitatdirektivet (*laguner och stora grunda vikar och sund*). De utgör även viktiga lekmiljöer för fisk och häckningslokaler för kustfåglar. Även mer vågexponerade vegetationsklädda bottenar är viktiga miljöer för många arter, exempelvis är de lek- och födosöksområden för strömming och viktiga miljöer för många arter, exempelvis är de lek- och födosöksområden för häckande kustfåglar.

Den dominerande vegetationen på grunda hårbottenar utgörs av blåstång (*Fucus vesiculosus*) samt olika arter av grön-, brun- och rödalger. Blåstången växer främst på 1–3 meters djup, men förekommer ner till ca 11 meters djup. Den är bältesbildande främst i de mellersta delarna av skärgården. Med sin stora yta och förekomst året om (perenn) utgör blåstången en nyckelart som är viktig som skydd och föda för ett stort antal andra arter. Under blåstångens nedre djupgräns utgörs vegetationen mestadels av rödalgsarter. Exempelvis har kräkel (*Furcellaria lumbricalis*) och rödblada (*Coccolytus truncatus/Phyllophora pseudocera-noides*) sin huvudutbredning runt ca 10 meters djup i skärgårdens yttre vågexponerade miljöer, men de återfinns ibland även i grundare och mer vågskyddade miljöer.

På flack mjukbotten dominerar nateväxter (*Potamogeton spp./Stuckenia spp.*), men även slingor (*Myriophyllum spp.*), hårsärvar (*Zannichellia spp.*) och vass (*Phragmites australis*) är vanligt förekommande. Nate och slingor har sin huvudutbredning ner till ca 3 meters djup i vågskyddade till medelxponerade områden, främst i de inre och mellersta delarna av skärgården. Just i grunda vågskyddade vikar är även kranisalger (d.v.s. sträfsen, *Chara spp.*) vanliga och i de mest avsnörda vikarna dominerar förutom kranisalger ofta havsnajas (*Najas marina*). Vid gynnsamma förhållanden kan både kranisalger och kärlväxter bilda mycket täta bestånd, som lokalt kan ha en positiv effekt på vattnets klarhet (Austin m.fl. 2017) genom flera olika mekanismer (t.ex. Madsen m.fl. 2001). De utgör även viktiga habitat för en stor mångfald av djur (Hansen m.fl. 2008).



Foto: Juuso Haapaniemi/ Metsähallitus
Den dominerande vegetationen på grunda hårbottenar i Stockholms skärgård utgörs av blåstång.



Foto: Juuso Haapaniemi/ Metsähallitus

Ålgräs förekommer sparsamt i Stockholms skärgård på mjuka bottenar.

Särskilt har deras betydelse som lek- och uppväxtmiljöer för många kustfiskarter uppmärksammats (Snickars m.fl. 2009, Hansen m.fl. 2020).

Ålgräs (*Zostera marina*) är inte lika vanligt förekommande i Stockholms som i Västerhavets skärgårdsområden. Ålgräs förekommer sparsamt i Stockholms skärgård, främst på 2-6 meters djup i måttligt vågexponerade lokaler med stort inslag av sand. En av ålgräsets viktigare funktioner är att den vid täta bestånd motverkar erosion av den rörliga sanden. Eftersom ålgräset är ganska ensamt om att bilda betydande vegetationsklädda mjukbottenar i exponerade miljöer är den som enskild art mycket viktig. På den vanligtvis ganska artfattiga sandbotten bildar ålgräset en viktig livsmiljö för ryggradslösa djur och fiskungar, vilket i sin tur drar till sig många fiskarter som hittar föda och skydd i detta habitat.

Den nationella övervakningen av vegetationsklädd botten vid Askö, strax söder om Stockholms skärgård, visar på hög status enligt bedömningsgrunden för vattendirektivet. Trenden i status har varit stabil sedan övervakningen började på 1990-talet (Tobiasson & Qvarfordt 2016). Rörande just arten blåstång ökade dock djuputbredningen under början av 2000-talet, för att sedan minska igen (Qvarfordt & Schagerström 2018). Sammanslagning av data från enskilda inventeringar i Stockholms innerskärgård visar inte på någon tydlig förändring i djuputbredning över tid, medan trenden för ytterskärgården indikerar en positiv utveckling. Utanför Singö (strax norr om det föreslagna pilotområdet) har 6 lokaler följts upp sedan 1940-talet. Resultaten därifrån visar på en kraftig nedgång i blåstångens djuputbredning fram till slutet av 1990-talet då djuputbredningen successivt ökat för att på 2000-talet vara på nivåer liknande de på 1940-talet, men med enstaka plantor istället för många ruskor (Qvarfordt & Schagerström 2018).

Det finns ingen motsvarande bedömningsmetod för grunda mjukbottenområden som för hårbotten. Men en indikator baserat på bottenvegetation har föreslagits (Hansen & Snickars 2014). Genom analys av de omfattande undersökningar av bottenvegetationen som gjorts mellan åren 2001 till 2008 bedömdes ca 60 % av 70 grunda vikar i Stockholms län ha måttlig status eller sämre enligt den föreslagna indikatorn⁵. Det tyder på att vikarna i hög grad var påverkade av mänsklig aktivitet. Vid undersökningar av 40 vikar 2016 bekräftades att strax över 60 % av vikarna har måttlig status eller sämre (J. Hansen & S. Wikström, opubl). Preliminära resultat från 2020 visar på ännu sämre status (J. Hansen, opubl). En särskilt utsatt artgrupp är kransalgerna, vilkas utbredning har minskat tydligt i Östersjön som en följd av yttre störningar såsom övergödning, båttrafik och muddring (Schubert & Blindow 2003; Eriksson m.fl. 2004; Munsterhjelm 2005, Hansen m.fl. 2020). Idag betraktas många kransalger vara kraftigt undanträngda längs våra kuster.

De grunda kushabitat som finns listade i art- och habitatdirektivet⁶ bedöms samtliga ha antingen otillfredsställande eller dålig status i Östersjön (*boreal region*) respektive Östersjöregionen (*marin baltisk region*) vid den senaste utvärderingen 2019 (Naturvårdsverket 2020).

Miljöövervakning och andra tillgängliga dataunderlag för grunda (fotiska) bottenar finns sammanställt i tabell 3. I Stockholms län finns ingen kontinuerlig övervakning av grunda bottenmiljöer. Ett regionalt övervakningsprogram av vegetation på hårbotten initierades 2008, men resulterade aldrig i kontinuerlig uppföljning. I norra Södermanland, vid Askö, pågår nationell marin övervakning av vegetationsbotten sedan 1993. Förhållandena i detta område kan anses vara representativa för Stockholms ytterskärgård, åtminstone de södra delarna.

Det finns ett stort datamaterial från olika undersökningar med stor

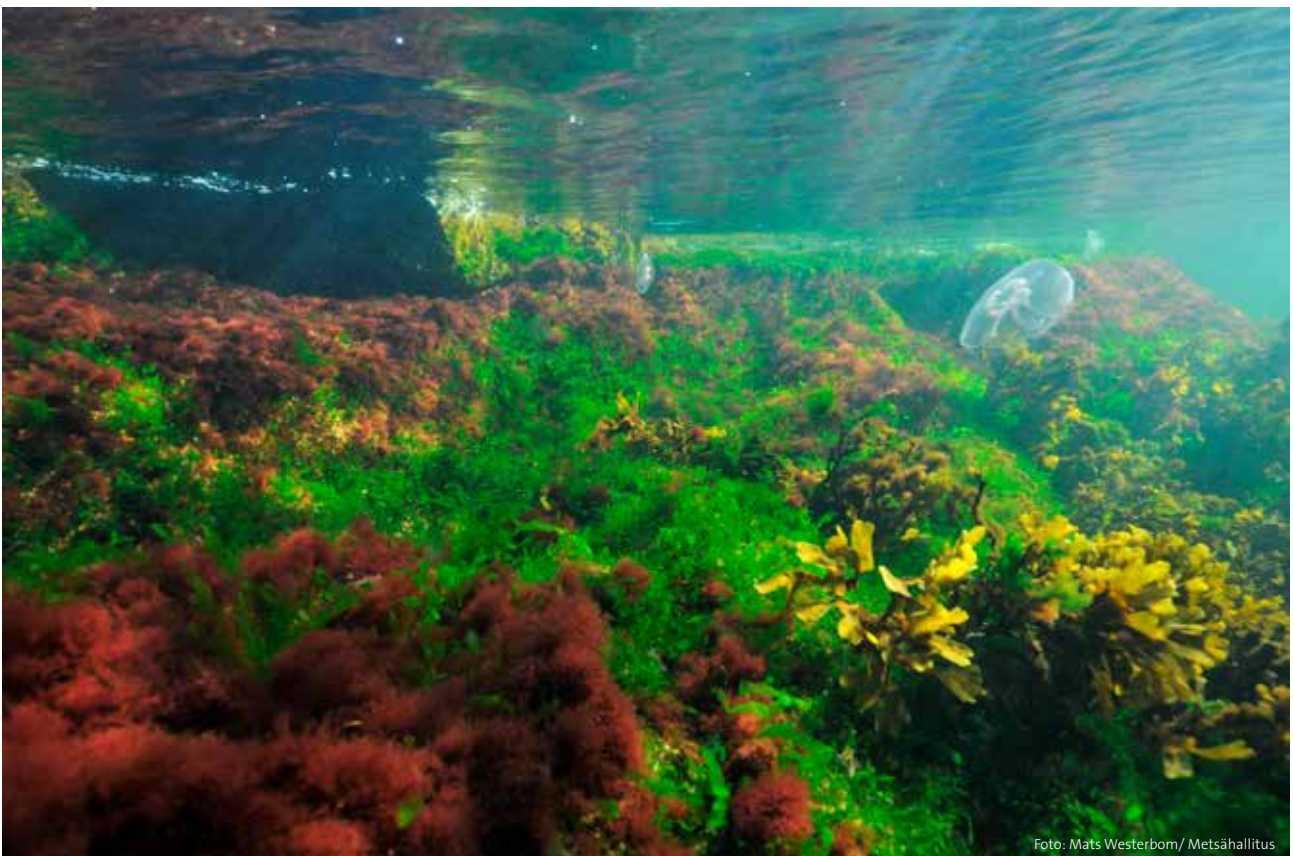
⁵Presentation av resultaten finns på <https://www.havet.nu/svealandskusten/?d=3364>

⁶Det gäller de naturtyperna som är begränsade till grunda bottenar (Laguner, Stora grunda vikar och sund, Smala Östersjövikar och Estuarier) men även Sandbankar, Rev, Åsöar och Skär i Östersjön som kan innefatta grunda habitat.

geografisk och tidsmässig spridning. En sammanställning av marinbiologiska undersökningar fram till 2010 finns i Fyhr (2010), men flera har tillkommit efter det. En del av undersökningarna har gjorts återkommande, varför tidstrendsanalyser är möjliga. Exempelvis har det skett inventeringar i Trälhavet (inloppet till innerskärgården) på 1800-talet, 1980- och 1990-talet, där resultaten preliminärt visar att tången försvunnit men sedan börjat återkolonisera på enstaka ställen. Några grunda vikar har undersökts flera år, upp till över tio år, huvudsakligen efter år 2000. Det finns även omfattande dropvideoundersökningar av fytoentiska habitat, bland annat en riktad inventering av ålgräs genomförd 2020 av Länsstyrelsen i Stockholm.

De flesta datainsamlingar har haft fokus på vegetation, men i några studier har även prover av ryggradslösa djur (epifauna) samlats in (t.ex. Hansen m.fl. 2008, Donadi m.fl. 2017).

Tillgången på heltäckande kartunderlag för pilotområdet finns sammanställd av Enhus och Hogfors (2015). Det finns ett bra kartunderlag för djup, även om det har brister i riktigt grunda områden. Däremot finns det ingen detaljerad karta över bottensubstrat, vilket gör utbredningen av olika typer av bottenhabitat osäker. Modellerade utbredningskartor finns framtagna för de vanligaste bottenlevande växt- och djurarterna, från projektet MMSS (Nyström Sandman m.fl. 2013). De visar den översiktliga utbredningen av lämpliga livsmiljöer för olika arter och är framtagna genom rumslig modellering från inventeringsdata och miljövariabler som djup och vågexponering. En kartläggning av länets grunda vikar (huvudsakligen naturtyp *Laguner* enligt definitionen i art- och habitatdirektivet) gjordes 2016 (data finns hos länsstyrelsen och på SU).



Vegetationsklädda bottnar i skärgården är viktiga miljöer för många arter. Exempelvis utgör de lekområden för strömming och födosöksområden för häckande kustfåglar.

	Undersökning	Utförare, dataåtkomst
Miljöövervakning	Nationell marin övervakning av vegetationsklädda bottenar (30 dyktransekter), precis söder om området (norra Sörmland). Vegetation och epifauna.	Den nationella övervakningen genomförs av Stockholms universitet. Datavärd: SMHI (vegetation). Epifauna finns i lokala databaser på exempelvis Stockholms universitet (S. Qvarfordt).
Dykinventeringar	Dyktransekter från >300 lokaler (till stor del men inte utslutande från hårbottenar).	Mycket av dyktransektdata finns tillgänglig hos SMHI (SHARKWeb), men en del finns endast i lokala databaser på exempelvis Stockholms universitet (S. Qvarfordt).
Snorklingsinventeringar	Inventeringar i >150 grunda vikar och en del mer öppna mjukbottensmiljöer, i flera fall kombinerad inventering av bottenvegetation och fiskyngel. Data på ryggradslösa djur (epifauna) finns från några vikar [ca 14].	Data från undersökningar av grund mjukbotten är inte lika samlade som dyktransektdata. En sammanställning av tillgängligt data från grunda havsvikar gjordes 2016 (Grunda vikar, Länsstyrelsen Stockholm 2017) och finns tillgänglig som GIS-lager via Länsstyrelsens geodatakatalog. Originaldata finns i databaserna SHARKWeb och KUL, men även i lokala databaser på exempelvis Stockholms universitet (J. Hansen) och SLU:s kustlaboratorium (U. Bergström).
Videoinventeringar	Flera olika undersökningar.	
Kartunderlag	Modellerade utbredningskartor för vanliga bottenlevande arter Kartering av länets grunda vikar.	Länsstyrelsens geodataportal.

Tabell 3. Miljöövervakning och andra tillgängliga dataunderlag för grunda (fotiska) bottenar.

Djupa (afotiska) bottenar

Djupa bottenar finns i sprickdalarna i skärgården och breder ut sig utanför de yttersta skären. Längst i söder stupar botten ned i Landsortsdjupet, med Östersjöns djupaste punkt (458 m). De djupa bottenarna utgörs till största delen av sediment. Här lever ett relativt artfattigt bottenfaunasamhälle av musslor, kräftdjur och maskar. Både artantal och individtäthet är generellt högre i skärgården än i öppna Östersjön, vilket är kopplat till mer heterogena bottenar och högre produktivitet. Bottenfaunasamhällena påverkas starkt av tillgången på syre. På grund av den kraftiga skiktningen mellan sötare ytvatten och saltare bottenvatten är omblandningen låg och i många områden är syrehalten i bottenvattnet låga. I djupa områden är bottenarna ofta syrefattiga eller syrefria, vilket gör att många djur inte kan leva där. Arter skiljer sig i känslighet för syrebrist och andra störningar. Arter som vitmärlor (*Monoporeia affinis*) och *Pontoporeia femorata* är känsliga och förekommer bara på väl syresatta bottenar medan östersjömussla (*Macoma balthica*) och havsborstmaskar av släktet Marenzelleria är mer tåliga.

Bottenfaunasamhällena upprätthåller flera viktiga funktioner; de blandar om och syresätter botten, bidrar till nedbrytningen av organiskt material och omsättningen av näringsämnen och utgör en viktig föda för fisk. Djupa mjukbottnar är viktiga födosöksområden för bottenfiskar, bland annat för de rödlistade arterna torsk, sjurygg och lake.

Där botten stupar brant finns begränsade områden med djupa hårbottnar. De hyser glesa och artfattiga samhällen av skorpalger, blåmusslor (*Mytilus edulis*) och hydroider.

Miljöövervakningen av djursamhället på djupa bottnar visar att miljöstatus skiljer sig mellan olika delar av Stockholms skärgård. Vid den senaste provtagningen hade den inre delen av Stockholms innerskärgård otillfredsställande miljöstatus⁷ med få, störningståliga arter och flera helt tomma faunaprover från de djupaste lokalerna (Lücke 2019). Det innebär ändå en tydlig förbättring sedan 1990-talet, då miljöstatusen i samma område var dålig med en större utbredning av så kallade ”döda bottnar” (med tomma faunaprover). I yttre delarna av innerskärgården hittas även mer störningskänsliga arter och miljöstatus för faunasamhället är måttlig till god. Mellan- och ytterskärgården har över lag god miljöstatus (t.ex. Raymond m.fl. 2016).

Den långa tidserien i Asköområdet i Södermanlands län (strax söder om det föreslagna pilotområdet) visar att sammansättningen av bottenfauna förändrats kraftigt sedan början på 1970-talet. Under 1970-talet kraschade populationen av vitmärlor (främst *Monoporeia affinis*). Det kan ha berott på försämrade syreförhållanden, eventuellt i kombination med födobrist. Under de första åren efter millennieskiftet etablerade sig havsborstmaskar av släktet *Marenzelleria* i området. Under de första åren ökade de kraftigt, men sedan 2012 har de minskat igen.

Miljöövervakning och andra tillgängliga dataunderlag för djupa (afotiska) bottnar finns sammanställt i tabell 4. Samordnad nationell och regional övervakning av bottenfauna på mjuka bottnar genomförs i mellan- och ytterskärgården i norra Stockholms skärgård. Tre stationer belägna i öppet hav längs slutningen mot Landsortsdjupet följs årligen i ett forskningsprojekt. I Asköområdet söder om Stockholms skärgård finns en lång mätserie i den nationella övervakningen, som bör kunna representera utvecklingen av djursamhällena i södra ytter- och mellanskärgården.

I innerskärgården och de inre delarna av mellanskärgården (från Mälarutflödet vid Strömmen till Trälhavet och Ägnöfjärden/Erstavik) provtas bottenfauna i 17 områden i ett samordnat recipientkontrollprogram av Stockholm Vatten och Avfall. I varje område tas prov med ökande djup till områdets maxdjup. Mätprogrammet startade på 1990-talet, men vissa stationer är provtagna sedan 1980-talet.

Utöver miljöövervakningens mätserier finns ytterligare en del stationer med provtagning av bottenfauna på mjuka bottnar i SMHI:s databas. En sammanställning av stationer med mjukbottendata fram till 2010 finns i Fyhr (2010), men flera kan ha tillkommit efter det.

Tillgången på heltäckande kartunderlag för pilotområdet finns sammanställd av Enhus och Hogfors (2015). Det finns ett bra kartunderlag för djup. Däremot finns det ingen detaljerad karta över bottenstrukturer, vilket gör utbredningen av olika typer av bottenhabitat osäker. Modellade utbredningskartor finns framtagna för de 15 vanligaste bottenlevande djurarterna, från projektet MMSS (Nyström Sandman m.fl. 2013). De visar den översiktliga utbredningen av lämpliga livsmiljöer för olika arter och är framtagna genom rumslig modellering från inventeringsdata



Foto: Juuso Haapaniemi / Metsähallitus

På djupa klipp- och stenbottnar under algbältena, dit ljuset inte når, dominerar blåmusslan i Östersjön.



Foto: Jilka och Anu Lastumäki / SYKE

Skorven, *Saduria entomon*, lever på djupa bottnar i Östersjön.

⁷Enligt BQI



Foto: Heidi Arponen/Metsähallitus

Östersjömusslan är vanlig på djupa mjuka bottenar i Stockholms skärgård.

och miljövariabler som djup och vågexponering. En grundläggande brist i dessa underlag är att det saknas tillräckligt detaljerade kartor över bottenstrukturer, som är en avgörande faktor för utbredningen av bottenlevande arter.

	Mätserier/data	Utförare, dataåtkomst
Nationell/regional miljöövervakning	Samordnad nationell och regional övervakning av bottenfauna på mjuka bottenar (ca 40 stationer i mellan- och ytterskärgård, många av stationerna strax söder om det föreslagna pilotområdet).	Den nationella och regionala övervakningen genomförs av Stockholms universitet. Datavärd: SMHI.
Recipientkontroll	Övervakning av bottenfauna på mjuka bottenar i recipientkontroll för Stockholm (17 områden i innerskärgård och angränsande fjärdar). ⁸	Stockholm Vatten och Avfall samordnar recipientkontrollprogrammet för Stockholm.
Kartunderlag	Djup Modellerade utbredningskartor för vanliga bottenlevande arter.	Underlagen finns i länsstyrelsernas geodataportal och presenteras i Nyström Sandman m.fl. (2013).

Tabell 4. Miljöövervakning och kartunderlag för djupa (afotiska) bottenar.

Ekosystem och födovävar

Det finns ingen numerisk födovävsmodell för Stockholms skärgård. För många arter vet vi ganska väl vad de äter och vilka habitat de utnyttjar, vilket gör det möjligt att skapa en konceptuell modell för hur arter och habitat interagerar och påverkar varandra och hur förvaltning av eller påverkan på en ekosystemkomponent kan ge indirekta effekter på andra.

Flera av de förändringar som dokumenterats i skärgårdens ekosystem föreslås bero på sådana indirekta effekter. Exempelvis tror forskarna att den kraftiga nedgången av ejder i Östersjöns kustområden kan bero på både en ökad predation från den ökade havsörnspopulationen och förändringar i tillgången på musslor som beror på storskaliga förändringar i Östersjön (t.ex. Larsson 2015). Att fiskätande fåglar har ökat de senaste åren skulle kunna bero på ökningen av mängden småfisk (Skärgårdsstiftelsen 2020), som i sin tur kopplas till minskade rovfiskbestånd (Eklöf m.fl. 2020).

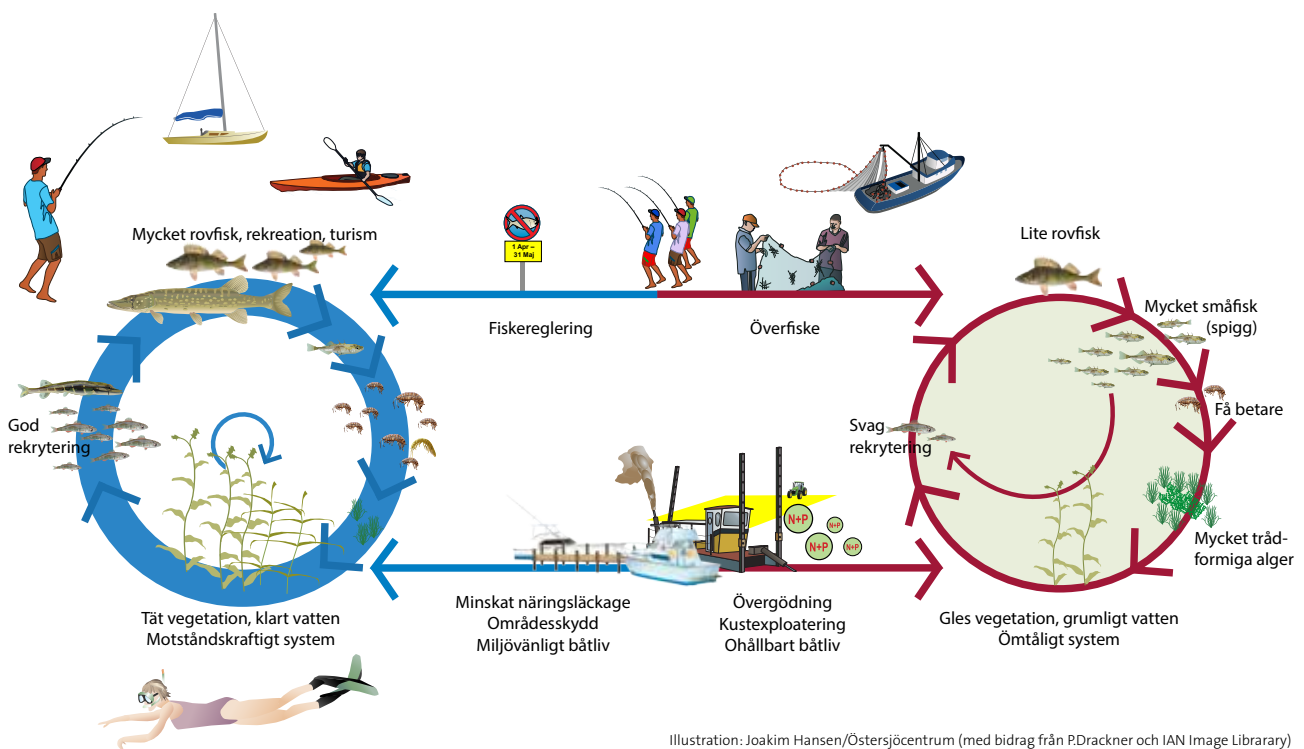
Mindre rovfisk och mer småfisk, som exempelvis storspigg, kan också ge effekter på vegetationen på grunda bottenar genom en trofisk kaskad (t.ex. Östman m.fl. 2016; Donadi m.fl. 2017). Om storspiggens bytesdjur, små betande kräftdjur, minskar så kan betarnas föda, trådformiga alger, i sin tur öka. De trådformiga algerna kan växa över och konkurrera ut stora, komplexa habitatbildande arter som nate, slingor och kransalger. En sådan förändring av bottenvegetationen kan bidra till att ytterligare försvaga bestånden av rovfisk genom att försämra fiskens lek- och uppväxtmiljöer. Det finns ett tydligt positivt samband mellan mängden fiskyngel och förekomsten av kransalger och annan komplext strukturerad vegetation i grunda havsvikar (Sandström m.fl. 2005; Hansen & Snickars 2014; Hansen m.fl. 2020). Figur 4 visar hur starka rovfiskbestånd och tät bottenvegetation potentiellt kan förstärka varandra i en positiv spiral och vilka förvaltningsåtgärder som kan bidra till en sådan positiv spiral. Den förstärkande effekten är dokumenterad från Stockholms skärgård (Donadi m.fl. 2017) och experimentella studier tyder på

⁸Se <http://www.stockholm.vattenochavfall.se/globalassets/pdf/rapporter/sjo-och-vattenvard/skargarden/skargardsrapporten-2018.pdf>

att top-down effekter kan vara lika viktiga som näringstillförsel för övergödningssymptom (Östman m.fl. 2016).

Kustens ekosystem påverkas också av förändringar i utsjön. Ett exempel är att en kraftig ökning av storspigg i öppna Östersjön kan ligga bakom en försämrad reproduktionsframgång för kustens rovfiskar (abborre och gädda) i ytterskärgården (Bergström m.fl. 2015; Eklöf m.fl. 2020). Storspiggen tillbringar en stor del av livet i öppna Östersjön, men simmar in till kusten under vår och sommar för att reproducera sig. Storspiggen är bytesdjur för vuxen abborre och gädda, men kan äta upp deras ägg och yngel. Nya studier visar att det tycks pågå ett regimskifte i Östersjöns kustområden, där en ökning av storspigg i rovfiskens lek miljöer leder till minskade rovfiskpopulationer (Eklöf m.fl. 2020).

För vissa delar av ekosystem och födovävar i Stockholms skärgård finns kvantitativa samband dokumenterade, vilket gör det möjligt att ta fram kvantitativa prediktioner utifrån förvaltningsscenarioer. Två exempel är sambandet mellan ytan av lämpligt reproduktionshabitat och fångsten av rovfisk i ett område (Sundblad och Bergström 2014) och sambandet mellan antalet bryggor i ett grunt område och påverkan på undervattensvegetationen (Hansen m.fl. 2020).



Figur 4. Ekologiska kopplingar mellan rovfisk och deras habitat i grunda, vågskyddade miljöer i Östersjöns kustområden och hur förvaltningsåtgärder kan styra systemet mot en positiv eller negativ förstärkning.

Belastningar i pilotområdet



Foto: Joakim Hansen

Stockholms skärgård är utsatt för en omfattande påverkan från utsläpp av näring och miljögifter.

Havsekosystemet i Stockholms skärgård har exploaterats och påverkats under lång tid. Historiskt har både jakt och fiske varit omfattande. Idag sker ett begränsat småskaligt yrkesfiske i skärgården, medan fritidsfiske är omfattande. Stora delar av kusten är utsatta för fysisk påverkan från anläggning av bryggor, marinor och andra strukturer och från fartygs- och båttrafik. Stockholm är en viktig transportnod för fartygstrafik och närheten till Stockholm innebär att skärgården är viktigt rekreationsområde med ett omfattande båtliv.

Skärgården utsätts också för en omfattande påverkan från utsläpp av näring och miljögifter. Avrinningsområdet till Stockholms skärgård omfattar hela Mälardalen med omgivningar och har en hög befolkningstäthet och omfattande näringsrika slättområden med mycket jordbruksmark. Vattenmiljön i kusten påverkas även av vattnet från öppna Östersjön. I princip hela skärgårdsområdet är påverkat av övergödning. Halterna av miljögifter är också höga i delar av skärgården, även om omfattningen av denna påverkan är mer osäker.

Nedan sammanställer vi kortfattat kunskapen om kända belastningar och aktiviteter i Stockholms skärgård. Sammanställningen utgår från kategoriseringen av belastningar i havsmiljödirektivet.

För varje belastning beskriver vi kunskapsläget för omfattning och utbredning av belastningarna i Stockholms skärgård. Vi inleder med en beskrivning av befintlig miljöövervakning av belastningar och miljötillstånd och vilka övriga dataunderlag som finns. Därefter ger vi en kort sammanfattning av vad forskning och miljöövervakning visar när det gäller (1) omfattningen av belastningen i Stockholms skärgård och vilka aktiviteter den kan knytas till och (2) påverkan av belastningen på ekosystemet i Stockholms skärgård.

Tillförsel av ämnen

Näring

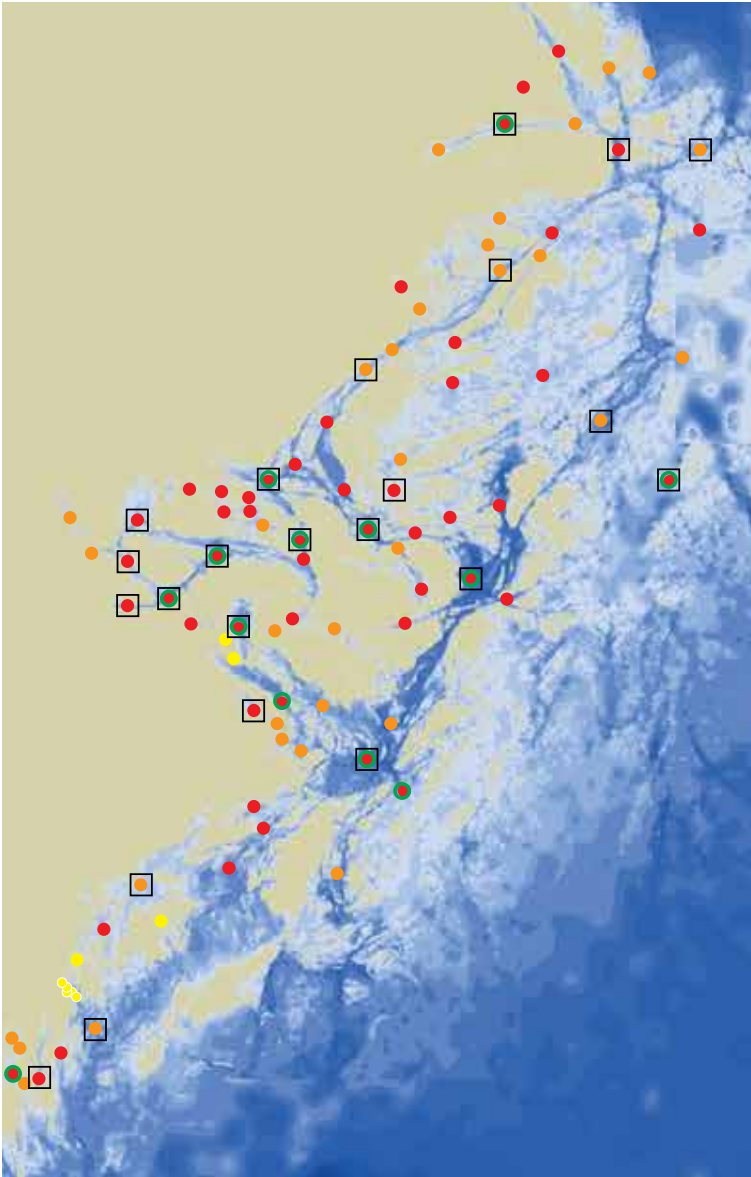
Tillförsel av näring och effekterna på kustmiljön övervakas i Svealands Kustvattenvårdsförbunds (SKVVF) omfattande synoptiska övervakningsprogram som omfattar hela Svealandskusten (utförare Stockholms universitet, Institutionen för ekologi, miljö och botanik). Programmet omfattar i stort sett alla skärgårdens vattenförekomster, sammanlagt 91 provtagningspunkter i Stockholms skärgård (figur 5), och är anpassat till Vattendirektivets bedömningsgrunder. Resultaten redovisas årligen i rapporten *Svealandskusten*⁹. Tidserier av samtliga fysikalisk/kemiska variabler och klorofyll finns grafiskt tillgängliga i en webbdatabas¹⁰.

Dessutom bedriver Stockholm Vatten och Avfall ett samlat recipientkontrollprogram i samarbete med Käppalaförbundet, Nacka, Värmdö och Österåkers kommuner samt Roslagsvatten AB. Programmet har 24 stationer i Skärgården fördelade i en sektor från Stockholms innerskärgård till Eknö i mellanskärgården (figur 6). Vid dessa stationer provtas fysikaliska/kemiska variabler och näringsämnen månatligen i djupprofiler från yta till botten. Klorofyll mäts i integrerat prov i de översta 5 metrarna. Vid de flesta stationer mäts även förekomsten av bakterier (*E. coli*). Resultaten redovisas i de årliga rapporterna *Skärgårdsrapport*¹¹. Delar av programmet går med enhetlig metodik tillbaka till 1963 och är en av de längsta historiska serierna i landet. Data finns till viss del hos SMHI (SHARK) men för äldre delar av programmet bör kontakt tas med Stockholm Vatten och Avfall.

⁹<https://www.skvvf.se/svealandskusten/>

¹⁰<https://www.havet.nu/svealandskusten/?d=3363#4>

¹¹<https://www.stockholm.vattenochavfall.se/kunskap/rapporter/rapporter/sjo--och-vattenvard/>



Figur 5. Regional pelagial övervakning och samordnad recipientkontroll i de beskrivna delarna av Stockholms skärgård. Denna karta visar SKVVF grundprogram i rött, Länsstyrelsens regionala övervakning i orange och samordnad recipientkontroll och miljöövervakning i gult. Fyrkanter visar var djupprofiler av näringsämnen tas och gröna ringar var växtplanktonprov tas.

Uppgifter om utsläpp från punktkällor och mätdata från vattendragsmynningar samlas in av Svealandskustens vattenvårdsförbund. En sammanställning av källfördelningen för kväve och fosfor till hela Svealandskustens kustvatten finns i Walve (2012) och en mer aktuell sammanställning för bara Stockholms skärgård går att göra med den data som finns. För Stockholms innerskärgård har Svealandskustens vattenvårdsförbund en datadriven massbalansmodell som beräknar den relativa tillförseln av fosfor från punktkällor, utflödet från Mälaren, inflöde från öppna Östersjön samt frisättning från bottensediment. Resultat från modellen finns beskrivna i vetenskapliga artiklar (Walve m.fl. 2018, 2021) och på svenska (Walve 2018; 2020) och sammanfattas i korthet nedan. För hela Stockholms skärgård modelleras omsättningen av näring inom och mellan olika delbassänger av SMHI:s kustzonsmodell, SCM (Almroth-Rosell m.fl. 2016).

Dataunderlagen visar att hela Stockholms skärgård är kraftigt påverkad av övergödning. Enligt den senaste klassningen enligt vattendirektivet (2019) har större delen av vattenförekomsterna i Stockholms skärgård måttlig ekologisk status och några, speciellt i innerskärgården, har otillfredsställande status.

Figur 6. Provtagningslokaler 2019 för Stockholm Vatten och Avfalls samlade recipientkontrollprogram. Bild från Lücke 2019.



Foto: Maria Lewander

Stockholms skärgård är kraftigt påverkad av övergödning. Detta kan ge upphov till algblomningar.

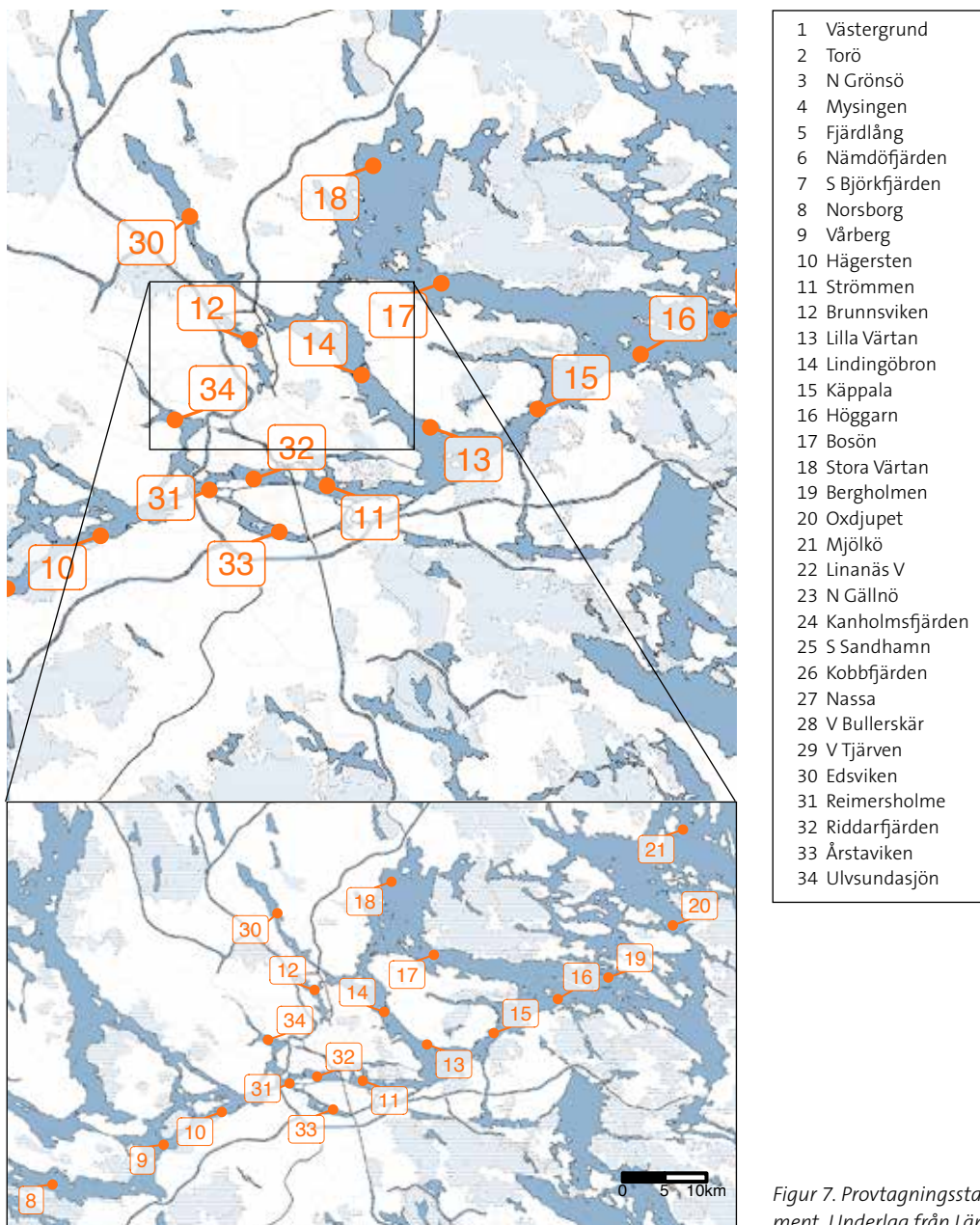
Näringsbelastningen i Stockholms skärgård kommer från en rad olika källor. Av punktkällorna är reningsverken i Stockholm den största källan. Tillförseln med sötvatten (från diffusa utsläpp från jordbruksmark och skogar samt punktkällor i inlandet) är betydligt större än tillförseln från kustens punktkällor. Det sker även en omfattande tillförsel av näring från öppna Östersjön och från sedimentbottnar.

Modellen för Stockholms innerskärgård visar att det är viktigt att förstå näringsomsättningen i skärgården och hur den varierar över året för att kunna förutsäga effekten av åtgärder mot enskilda källor (Walve 2018; 2020). Historiskt har punktkällor, speciellt Stockholms reningsverk, stått för en mycket stor del av belastningen till Stockholms skärgård, men tack vare utbyggd rening står de idag bara för 12 % av fosfortillförseln till ytvattnet i Stockholms innerskärgård. Mälaren, med dess stora avrinningsområde med stor befolkning och mycket produktiv jordbruksmark, står för 25 % av fosforbelastningen. Mälarutflödet har dock en dubbel påverkan på vattenkvaliteten i innerskärgården – samtidigt som det tillför näring späder det ut den fosfor som släpps ut från andra källor och ökar vattenflödet och transporten av näring ut i yttre delar av skärgården. Enligt massbalansmodellen kommer den största andelen fosfor (37 %) som tillförs Stockholms innerskärgård från näringsrikt bottenvatten som kommer in från omkringliggande fjärdar och i förlängningen från öppna Östersjön. Slutligen är sedimenten på djupa bottenar en betydande fosforkälla i innerskärgården. Modellberäkningarna visar att det framförallt beror på återcirkulering av näring som bundits i organiskt material under vårblomningen och frisätts genom nedbrytning under sommar och höst. Vissa år, när utbredningen av syrefria bottenar är större än normalt, sker ett visst läckage av ytterligare fosfor från bottenarna ("gamla synder"), men sett över flera år påverkas vattenkvaliteten i innerskärgården inte längre av upplagrad fosfor från sedimenten.

Ovanstående källfördelning gäller Stockholms innerskärgård. Den relativa betydelsen av olika näringskällor skiljer sig åt mellan olika delar av skärgården. Men generellt gäller att den största delen av belastningen kommer utifrån, från hushåll, industrier, jord- och skogsbruk i avrinningsområdet samt inflöde från öppna Östersjön. Aktiviteter inom Stockholms skärgård bidrar mycket lite, vilket gör det svårt att komma åt övergödningen med lokala åtgärder i pilotområdet. I inneslutna vikar med begränsat vattenutbyte kan den lokala påverkan dock vara betydande, vilket gör det möjligt att förbättra övergödningssituationen med lokala åtgärder. I projekt Levande kust ledde ett samlat åtgärdsarbete

mot utsläppskällor på land och läckage från syrefria sediment till en snabb och omfattande förbättring av vattenmiljön i Björnöfjärden (t.ex. Kumblad och Rydin 2019). SU:s Östersjöcentrum har precis inlett ett projekt om restaurering av inneslutna vikar (Levande vikar) som kan bidra med kunskap om denna typ av lokala åtgärder.

Effekterna av näringsutsläpp på ekosystemet i pilotområdet är väl studerade och dokumenterade. Innan effektiv fosforering infördes i Stockholms reningsverk i början av 1970-talet var innerskärgården kraftigt eutrof, med kraftiga algbloomingar och knappt två meters siktdjup. Under 1970-talet var större delen av de djupa och även ganska grunda bottenarna i innerskärgården döda på grund av tillfällig eller mer permanent syrebrist. Idag är större delen av bottenarna syresatta, men områden med tillfällig syrebrist under sommaren förekommer i hela skärgården på ackumulationsbottenar. Grunda, vegetationsklädda bottenar påverkas fortfarande av minskat siktdjup och blomningar av trådalger.



Figur 7. Provtagningsstationer för miljögifter i sediment. Underlag från Länsstyrelsen i Stockholm 2015.



Foto: Roland Magnusson/Mostphotos

Trafik och transporter är en källa till belastningen av farliga ämnen i Stockholms skärgård.

Farliga ämnen och skräp

Den regionala miljögiftsövervakningen i Stockholms skärgård består av provtagning av miljögifter i sediment på 23 stationer spridda över hela skärgården som övervakas vart sjätte år sedan 2007 (figur 7). Sedimenten analyseras med avseende på metaller, ett urval av organiska miljögifter samt organiska tennföreningar. Provtagningen 2013 beskrivs i Länsstyrelsen (2015)¹².

Därtill sker övervakning av miljögifter i biota genom provtagningen av miljögifter i fisk, framförallt abborre, med syfte att ge en rumslig bild av biotillgängliga miljögifter. Prover tas till biobanken på Naturhistoriska riksmuseet.

Den nationella miljögiftsövervakningen i havsmiljö har flera mätstationer i Stockholms skärgård. Miljögifter i strömning övervakas på två lokaler (Landsort och Lagnö). Embryonalutveckling hos vitmärkla följs i ett område beläget vid Svartlögefjärden, Kobbjärden och Svenska Björn. Biologiska effekter av organiska tennföreningar (TBT) övervakas i en småbåtshamn (Bullandö marina) en naturhamn (Lökaö) och en referenslokal (Stora Bäckskäret). Miljögifter i sediment övervakas i Landsortsdjupet.

Organisationen Håll Sverige Rent har mätt mängden strandskräp på ett antal stränder längs Sveriges kust sedan 2012, vilket inkluderar mätningar på Nåttarö i Stockholms skärgård. Vi har inte hittat uppgifter om några andra mätningar av makro- eller mikroskräp i Stockholms skärgård.

Stockholms skärgård är utsatt för en hög belastning av farliga ämnen. Viktiga källor är den stora urbana befolkningen i länet, trafik och transporter samt historiska och nutida industrier och andra verksamheter som lett till förorening av miljön. I Stockholms län finns ca 10 500 förorenade eller potentiellt förorenade områden som kan sprida miljögifter (Länsstyrelsen Stockholm 2017b).

Mätningar av miljögifter i havsmiljön visar att halterna av många miljögifter är höga, speciellt i den innersta delen av skärgården. De högsta halterna av nästan alla ämnen uppmäts i centrala Stockholm, som bland annat har mycket höga halter av kvicksilver, kadmium, bly, koppar, PAHer, PCB och TBT. För många ämnen överskrider gränsvärdena för god kemisk status. I flera fall, speciellt i de inre fjärdarna, går det att härleda höga halter av ett ämne till en specifik utsläppskälla, exempelvis ett reningsverk, en industri eller omfattande fartygs- eller fritidsbåtstrafik. Även mätningarna i fisk visar att halten av flera miljögifter (t.ex. kvicksilver, TBT och PFOS) är hög i centrala Stockholm och minskar utåt i skärgårdsgradienten (Karlsson & Viktor 2014). Men även i yterskärgården uppmäts förhöjda halter av många miljögifter, inklusive många tungmetaller, PAHer och TBT. Den nationella övervakningen visar också problematiska nivåer av flera miljögifter i sediment och biota i norra Egentliga Östersjön.

I norra Egentliga Östersjön mäts halterna av farliga ämnen i strömning på tre stationer: Landsort och Lagnö, som räknas till Stockholms skärgård, samt en utsjöstation öster om Landsort. I området ses generell nedåtgående trender för organiska miljögifter i strömning under de senaste tio åren (2009-2018), och många ämnen minskar signifikant. Det finns dock en indikation på att halterna av vissa högfluorerade ämnen ökar i strömning i Egentliga Östersjön. För metallerna ses inga generella mönster för halterna i strömning, trender kan även skilja sig åt mellan stationerna i Stockholms skärgård. Till exempel visar bly och nickel

¹²<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-2469>

motsatta trender i strömming på stationerna vid Lagnö och Landsort (Danielsson m.fl. 2020).

Havsörnen är en viktig indikatorart för miljögifter eftersom den befinner sig högst upp i näringskedjan. Att följa förändringar i havsörnens fortplantning ger därför bra möjligheter att upptäcka förändringar i miljön. Resultaten kopplas till undersökningar av olika miljögifter i framför allt ägg. Data för senast tillgänglig period (Faxneld m.fl. 2014¹³) visar en positiv bild för havsörnen i norra Egentliga Östersjön och Stockholms skärgård. Samtliga variabler, andelen par som får ungar, kullstorleken och det genomsnittliga antalet ungar per par, uppnår god miljöstatus. För kullstorlek är det relativt stor variation mellan år och variabeln låg nära gränsen för god miljöstatus för den senast undersökta perioden. De miljögifter som framförallt har hotat havsörnens fortplantning genom skalförtunning, PCB och DDT, förekom 2009-2014 i norra Egentliga Östersjön i halter under gränsen för att påverka havsörnens fortplantning.

Vi vet att de miljögifter som hittas i miljön och i biota i Stockholms skärgård kan skada djur och växter, men omfattningen av påverkan är osäker. Övervakningen av störningar i reproduktionen hos vitmärllor visar en stor andel honor med skadade embryon och en förhöjd andel missbildade embryon på provstationerna i Stockholms skärgård. Mätningarna av imposex hos snäckor indikerar påverkan från TBT på reproduktionen på alla tre provtagningslokaler i Stockholms skärgård, med tydligast effekt i småbåtshamnen.

Antropogent ljud och annan energi

Undervattensbuller övervakas inte i Stockholms skärgård. Havs- och Vattenmyndigheten samlar in uppgifter om aktiviteter som orsakar impulsivt buller från de myndigheter och företag som utför dessa aktiviteter. Uppgifterna lagras av ICES¹⁴. Kartor över modellerade nivåer för kontinuerligt buller från fartygstrafik finns för hela Östersjön, inklusive Stockholms skärgård, från projektet BIAS¹⁵. Det inkluderar inte buller från småbåtar.

Kunskapen om effekter av undervattensbuller på arter och habitat är begränsad och det är svårt att säga hur stor påverkan av buller är i Stockholms skärgård. En generell diskussion om risker med undervattensbuller från småbåtar i svenska kustområden finns i Moksnes m.fl. (2019).



Foto: Hans Christiansson/Mostphotos

Havsörnen är en viktig indikatorart för miljögifter.

¹³Naturhistoriska riksmuseet arbetar för närvarande med kvalitetssäkring och digitalisering av dataunderlaget. Under detta arbete uppdateras inte tidsserierna (de årliga inventeringarna i fält utförs dock). Nästa uppdatering av tidsserierna beräknas till 2021 och finns då tillgänglig digitalt på Naturvårdsverkets hemsida.

¹⁴<http://ices.dk/data/data-portals/Pages/impulsive-noise.aspx>

¹⁵<https://biasproject.wordpress.com/tasks/tools/>



Foto: Allan Wallberg/Mestphotos

Minken är en främmande art som har stor effekt på häckande sjöfågel i Stockholms skärgård.

Biologiska störningar

Tillförsel/spridning av främmande arter/genotyper, patogener och genetiskt modifierade arter

Det finns ingen riktad övervakning för introduktion av främmande arter i Stockholms skärgård. Fynd av nya främmande arter i miljöövervakning eller på andra sätt rapporteras till den internationella databasen AquaNIS¹⁶. Det görs ingen bedömning av belastningen för Stockholms skärgård.

Av de främmande arter som har etablerat sig i Stockholms skärgårds havsmiljö bedöms fyra taxa utgöra en mycket hög risk för inhemsk biologisk mångfald i ArtDatabankens nationella risklista (Strand m.fl. 2018).

Minken har stora lokala effekter på häckande sjöfågel och det pågår en riktad jakt för att begränsa beståndet i delar av skärgården (se avsnittet om marina däggdjur).

Svartmunnad smörbult (*Neogobius melanostomus*) har under senare år blivit talrik i de södra delarna av Stockholms skärgård (Mustamäki m.fl. 2018). I områden där den blivit vanlig i södra och östra Östersjön har den haft en stor effekt på grunda bottenhabitat genom att kraftigt minska tätheten av blåmusslor.

Flera arter av havsborstmaskar av släktet *Marenzelleria* är vanliga på mjukbottnar i området. Det första fyndet i Askö-området söder om Stockholms skärgård gjordes 1999 och under det följande decenniet blev de vanliga i Stockholms skärgård. Arterna är relativt tåliga mot syrebrist och förekommer i höga tätheter i inre delen av innerskärgården där flera andra arter saknas eller är ovanliga. Etableringen av *Marenzelleria* kan ha ändrat biogeokemiska processer på mjuka botten. Deras grävande syresätter botten, vilket föreslagits leda till bättre fastläggning av fosfor (Norkko m.fl. 2011). Samtidigt finns en oro för att det kan öka spridning av miljögifter från sedimenten, vilket skulle kunna vara ett problem i de kraftigt förorenade sedimenten i inre delen av Stockholms skärgård.

Vattenpestar (*Elodea canadensis* och *E. nuttallii*) förekommer i Stockholms skärgård, men bara på mycket få lokaler. De tar inte över vegetationen på samma sätt som de ibland gör i sötvatten och utgör troligen ingen betydande störning i skärgården.

Störning av arter p.g.a. mänsklig närvaro

Vad vi känner till sker ingen formell uppföljning eller utvärdering av störning från mänsklig närvaro i Stockholms skärgård.

Det är väl dokumenterat att både sälar och sjöfåglar kan störas, speciellt under fortplantnings/häckningstiden. Det innebär att det rörliga friluftslivet kan komma i konflikt med skydd av dessa arter. Störning från mänsklig närvaro pekas ut som möjlig delförklaring till minskningen av svärta i Stockholms skärgård.

Fiske och bifångst (uttag/skada av arter)

I Stockholms skärgård är fisket framförallt uppdelat på två sektorer, det småskaliga yrkesmässiga kustfisket och fritidsfisket (innefattar både sport- och husbehovsfiske). För de flesta arterna i Stockholms skärgård, strömmingen och skarpsillen undantaget, är fångsterna från fritidsfisket betydligt högre än de i det småskaliga kustyrkesfisket (Havs- och vattenmyndigheten 2020).

Strax utanför pilotområdet sker ett omfattande pelagiskt trålfiske med fokus på strömming och skarpsill. Preliminära analyser visar att det

¹⁶<http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis>

pelagiska trålfisket utanför Stockholms skärgård ökat under de senaste åren, medan omfattningen av det småskaliga kustfisket med båtar som är kortare än 10 meter minskat under samma tidsperiod (Joakim Hjelm, opublicerat).

Data för yrkesfisket baseras på fiskarnas journaler där bland annat art-sammansättning, kvantitet, ansträngning, fiskeplats och landningshamn noteras. Data från journalerna sammanställs och lagras hos Havs- och vattenmyndigheten. För fritidsfisket är kvaliteten på data betydligt sämre och baserar sig på frivillig rapportering och intervjuundersökningar. SCB utför till exempel en årlig enkätstudie för att skatta fritidsfiskets omfattning och landning av olika arter.

Fritidsfisket och det småskaliga yrkesfisket har framförallt en påverkan på bestånden som är i fokus för respektive sektor (Bergström m.fl. 2016). Studier av fiskefria områden i de södra delarna av pilotområdet har visat att ett fiskeförbud gynnar målarterna gös och gädda i det skyddade området. Övriga direkta effekter från fritidsfisket och det småskaliga kustfisket på ekosystemet är i regel ganska små då båda aktörerna fokuserar på enskilda arter och använder passiva redskap (husbehovsfisket och det småskaliga yrkesfisket) med relativt liten påverkan på miljön. Mängden bifångster i fiskena kan anses vara små. En möjlig negativ påverkan på miljön från fisket är uppgrumling av bottensediment i grunda vågskyddade vikar från motorbåtar som används framförallt inom sportfisket.

Fysiska störningar (störning eller förlust av bottnar, ändrad hydrografi)

Havs- och vattenmyndighetens projekt *Fysisk påverkan i svenska kustvatten* har tagit fram heltäckande kartor för hela Sveriges kust som visar fysiska byggnader och etableringar i grunda havsområden, samt verksamheter som exempelvis muddringar. Materialet presenteras i Törnqvist m.fl. (2020) och kommer att göras tillgängligt för förvaltning och forskning. Strukturer i vattnet och vid strandlinjen (t. ex. bryggor, pirar och kajer) samt muddringar har kartlagts från flygbilder, dels bilder från runt 1960 och dels de mest aktuella bilderna. För Stockholms län är även bilder från 1994 och 2008 analyserade, vilket gör det möjligt att beskriva utvecklingen över tid. Utifrån den kartlagda störningen finns modellerade kartor över *påverkanszoner*, områden med olika nivå av predikterad fysisk störning, som kommer att göras tillgängliga som GIS-skikt. Dessa underlag kommer att göra det möjligt att få en god rumslig bild av fysisk påverkan i Stockholms skärgård och hur den har utvecklats över tid. Det ger också ett bra underlag för vidare uppföljning av fysisk störning.

Exploatering av strandzonen ovanför vattenlinjen karteras vart femte år, med start 2013 med kartanalys (Lundberg & Nilsson 2018). Analysen kartlägger påverkan från strandnära byggnader, vägar och järnvägar i en 30, 100 och 300 meter bred zon ovanför vattenlinjen.

Stranderosion i Stockholms län har kartlagts i flera studier. Erosionsskador längs de stora farlederna karterades 1990 och 2000 (Granath 2004) och i en avgränsad del av mellanskärgården 2010 (Lindfors 2010). Potentiellt erosionspåverkade stränder (d.v.s. stränder med erosionsrisk) har kartlagts med hjälp av modellering i hela Stockholms skärgård och finns som heltäckande GIS-skikt (Sundblad m.fl. 2015).

Stockholms län har den högsta andelen exploaterad strandzon av alla svenska län; 47 % av strandzonen 100 meter från strandlinjen är



Fiskefria områden gynnar målarterna gös och gädda.

påverkad, i jämförelse med rikssnittet på 35 % (Lundberg & Nilsson 2018). Även exploateringen i grunda områden är omfattande. En analys baserad på den nya kartläggningen av fysisk påverkan (Törnqvist m.fl. 2020) visar att Stockholms län har flest bryggor per hektar i grunda, vågskyddade miljöer och den lägsta andelen grunda, vågskyddade bottenar helt utan bryggor (Moksnes m.fl. 2019). Analysen av historiska flygbilder visar att bryggor och andra strukturer tillkommer i hög takt och att takten i utbyggnaden inte tycks avta. Inom länet är tätheten av bryggor störst längst fastlandskusten och nära Stockholm och lägst i yttersta delen av skärgården.

Kartläggningen av stranderosion visar att de största problemen finns längs farlederna och att problemen är stora lokalt, med hög erosionstakt.

Den fysiska störningen kan kopplas till transport (sjöfart), rekreation (fritidsbåtar) och fysisk omstrukturering av kusten. Den relativa betydelsen av olika aktiviteter i olika områden kommer att vara möjlig att analysera när de rumsliga kartunderlagen blir tillgängliga. Något som redan lyfts av forskning är att småbåtar ofta står för den största delen av påverkan i grunda och vågskyddade miljöer, dels genom trafiken i sig och dels genom de bryggor som anläggs för småbåtar och de muddringar som görs för framkomlighet (t.ex. Moksnes m.fl. 2019).

Muddringsarbeten och anläggning av bryggor och andra strukturer leder till förändring och förlust av bottenhabitat i och i direkt anslutning till ingreppen. Svall och turbulens från fartyg och mindre båtar leder till habitatförändring när bottenar och stränder eroderar. Både muddring och svall orsakar uppgrumling av sediment, som skuggar bottenvegetation och som i höga koncentrationer kan skada vattenlevande djur. Även näringsämnen och miljögifter kan frigöras vid uppgrumling och försämrar vattenmiljön.

I Stockholms skärgård förkommer omfattande erosion och uppgrumling dels i de hårt trafikerade farlederna, dels i grunda och naturligt



Foto: Roland Lundgren/Mostphotos

Småbåtar står ofta för den största delen av den fysiska störningen i grunda och vågskyddade miljöer, dels genom trafiken i sig och dels genom de bryggor som anläggs för småbåtar och de muddringar som görs för framkomlighet.

vågskyddade miljöer (grunda havsvikar) med mycket fint bottensediment som grumlas upp även vid begränsad trafik. I grunda havsvikar kan effekterna på ekosystemet bli extra stora eftersom många arter som lever där är känsliga för grumling (t.ex. bottenväxter och fiskyngel) och eftersom förlust av vegetation och påverkan på fiskreproduktion indirekt kan påverka många andra arter samt leda till förlust av viktiga ekosystemtjänster. Samtidigt placeras bryggor och småbåtshamnar i stor utsträckning just i grunda vikar och andra naturligt vågskyddade miljöer. Enstaka båtar och bryggor har en begränsad påverkan på miljön, men den sammanlagda effekten av alla bryggor och båtar på grunda vikar i Stockholms skärgård blir betydande. Studier av vegetation och fiskrekrytering i vikar med olika densitet av bryggor, tillsammans med kartläggningen av bryggdensitet i grunda miljöer, visar att omkring en tredjedel av de riktigt grunda och vågskyddade miljöerna i Stockholms skärgård har så hög täthet av bryggor att miljön kan antas vara negativt påverkad.

Klimatförändringar

SMHI mäter vattentemperatur och salthalt med mätbojar precis utanför kusten vid Huvudskär (sedan 2001) och Landsortsdjupet (sedan 1978). En mätstation för vattenstånd och vattentemperatur i ytvattnet finns vid Landsort, vid skärgårdens södra gräns, och en för endast vattenstånd i centrala Stockholm. Vattentemperatur och salthalts mäts även i Svealands Kustvattenvårdsförbunds och Stockholm Vatten och Avfalls pelagiala provtagningsprogram (se sid 20-21, figur 5 och 6), vilket ger en heläckande bild över skärgården.

SMHI:s mätningar visar att vattentemperaturen ökar i Östersjön (Viktorsson m.fl. 2020). Bottentemperaturen på mätstationerna i norra Egentliga Östersjön har ökat med 0.5°C per decennium sedan 1990-talet. Även i ytvattnet visar mätserierna en uppvärmning. Sommartemperaturen i ytvattnet har ökat mest, över 1°C per decennium under hela mätperioden från 1960-talet i norra Egentliga Östersjön. Salthalten i både ytvatten och bottenvatten i öppna Östersjön varierar över cykler på flera decennier, beroende på mängden inflöden av saltvatten till Östersjön. I SMHI:s mätserier från Egentliga Östersjön är salthalten generellt högre på 1980-talet än perioderna både före och efter.

SMHI:s Klimatscenarier för hav¹⁷ förutsäger att vattentemperaturen i norra Östersjön kommer att fortsätta att öka (ca 2°C på hundra år för scenario RCP4,5). Salthalten förutsägs minska, på grund av ökad nederbörd och sötvattenstillförsel till Östersjön, men prediktionen är osäker. Den globala vattenståndsökningen har hittills inte uppvägt landhöjningen i Stockholms skärgård, men under andra hälften av den kommande hundraårsperioden predikteras höjda medel- och extremvattenstånd (Stensen m.fl. 2010).

Klimatförändringarna kan få stor påverkan på ekosystemet i Stockholms skärgård, men det är inte lätt att förutsäga hur förändringarna kommer att se ut. Studier av skärgårdens ekosystem under den extremt varma sommaren 2018 kan ge en fingervisning om följderna av ett varmare klimat. Rolff och Walve (2019) jämför hydrografen vid Svealandskusten mellan 2018 och det ovanligt kalla året 1998. Den höga vattentemperaturen i ytvattnet ledde till en mycket kraftig skiktning mellan yt- och bottenvatten. I Askö-området, söder om Stockholms skärgård blev syresituationen i djupvattnet dålig under en stor del av sommaren, troligen på grund av den ökade skiktningen i kombination med högre nedbrytningshastighet på grund av värmen. Under värmeböljan uppmättes ett



Foto: William Perugini/Mostphotos

I Stockholms skärgård förekommer omfattande erosion och uppgrumling i de hårt trafikerade farlederna.

¹⁷<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/framtidens-klimat-sa-paverkas-vi/om-klimatscenarier-for-hav-1.123229>

omfattande läckage av koldioxid och metan från kustnära bottnar i norra Östersjön, som kan ha varit triggade av värmen (Humborg m.fl. 2019). Det gjordes också många observationer av massdöd av växter och djur på grunda bottnar av forskare vid Stockholms och Helsingfors universitet.

Minskade syrehalter ("deoxygenation") lyfts mer och mer fram som en av de klimatdrivna förändringar som kan få störst påverkan på havets ekosystem, inte minst i kustnära områden. Det finns alltså en risk att vi kommer att få se försämrade syreförhållanden på djupa bottnar i skärgården som en följd av uppvärmningen. För att komplicera bilden finns det också faktorer som motverkar en sådan försämring. Minskad salthalt i ytvattnet kan försvaga vattnets skiktning och, tillsammans med minskad isutbredning, leda till kraftigare omblandning och ökad tillförsel av syre till bottenvattnet (Rolf och Walve 2019). Så sammantaget finns en risk för försämrade syreförhållanden på djupa bottnar i Stockholms skärgård, med kraftig påverkan på bottnarnas djursamhällen, men risken påverkas också av andra faktorer och varierar mellan olika delar av skärgården.

Sommaren 2018 visar att i grunda områden kan extrema temperaturer (värmeböljor) ha en kraftig påverkan på habitatbildande arter som sjögräs och blåmusslor och deras habitatfunktioner, något som kan bli vanligare med klimatförändringarna. Men även ett mindre extremt år har temperaturen stor påverkan på biologiska processer och kan påverka både metabolism och överlevnad för djur och växter. Temperaturen är en viktig förklaringsvariabel för populationsutvecklingen för många arter och det är därför viktigt att inkludera denna faktor i analyser och modeller för att förstå ekologiska samband i pilotområdet. Samma sak gäller andra klimatrelaterade faktorer som nederbörd och istäckning.



Foto: Philip Openshaw/Mostphotos

Ökad nederbörd och ökad sötvattentillförsel kan leda till att salthalten minskar i Östersjön.

Frågeställningar för pilotprojektet

En viktig fråga för ett pilotprojekt för ekosystembaserad förvaltning i Stockholms skärgård är att hantera miljöproblem som genereras utanför området men har en stor påverkan på ekosystemet. Genomgången av belastningar visar att ekosystemet i Stockholms skärgård påverkas mycket av omkringliggande områden. Tillförseln av näring kommer till stor del utifrån, från Mälarens stora avrinningsområde och från öppna Östersjön. Blomningarna av giftiga cyanobakterier under högsommaren startar ofta utanför kusten och driver inåt. Fisk som vandrar mellan utsjön och kusten (t.ex. strömming och storspigg) binder ihop näringsvärnarna och gör att ekologiska förändringar i öppna Östersjön kan påverka arter och habitat vid kusten.

Den här typen av extern påverkan blir lätt ett problem för lokal förvaltning och identifierades som ett betydande hinder i de tidigare pilotprojekten för samförvaltning av kustområden (Borgström m.fl. 2015). Den storskaliga övergödningen i Östersjön definierades som ett centralt problem i samförvaltningsplanerna, samtidigt som övergödningen framförallt kräver åtgärder utanför gränserna för pilotområden och bara har en svag koppling till lokala näringsutsläpp, exempelvis från enskilda avlopp. Baserat på de erfarenheter som finns från tidigare pilotprojekt i Östersjön tror vi att det är viktigt att hitta ett arbetssätt för att hantera olika skalor på ett bättre sätt och att det skulle kunna bli ett viktigt bidrag från projektet till den vidare utvecklingen av ekosystembaserad förvaltning i kustområden. Det kan handla om att tydligt definiera vilka frågor som är möjliga att hantera lokalt och vad som behöver skjutas till en annan nivå, att fokusera på de belastningar som går att åtgärda lokalt, att sätta upp realistiska mål för vad som går att uppnå med lokala åtgärder (se Jonsson m.fl. 2011 för ett exempel från vattenförvaltningen) och att samverka med förvaltning på andra skalnivåer.



Foto: Archoncodex/Mostphotos

Mälarens stora avrinningsområde har stor påverkan på Stockholms skärgård.

Några av de frågeställningar som med fördel hanteras lokalt i Stockholms skärgård, och även i andra skärgårdsområden, är:

- Påverkan från lokalt byggande, besöksnäring, och rekreation på ekosystem och ekosystemtjänster i grunda kustområden. Som beskrivs ovan visar datainsamling och forskning att det sker en långsam men ständigt pågående utbyggnad av kusten, där den sammanlagda påverkan som många bryggor och småbåtshamnar tillsammans har på miljön mycket sällan, eller aldrig, vägs in. Det rörliga friluftsliv som ofta följer med utbyggnaden, framförallt från småbåtar samt fritidsfiske, kan ofta leda till ytterligare påverkan på dessa grunda miljöer. Eftersom exploateringen ofta koncentreras till känsliga miljöer kan effekten bli stor även i de fall då en procentuellt liten del av kusten påverkas.
- En mer helhetlig förvaltning av kustens rovfiskbestånd, utifrån samtliga faktorer som påverkar bestånden. Det kan bland annat innefatta samplanering av fiskefredning och åtgärder för att restaurera och skydda deras habitat, något som ligger i linje med ett av åtgärdsförslagen i den nya aktionsplanen för Östersjön (BSAP).
- En aktuell fråga för Stockholms skärgård är beståndstatusen hos strömming i området och om strömmingen behöver skydd från pelagiskt fiske när den vandrar in i skärgården för att leka. Frågan berör fisket på öppet hav, utanför kusten, men eftersom strömmingen är en så viktig art i skärgårdens födoväv, har ett stort kulturellt värde samt ett värde för det lokala fisket i skärgården, är det svårt att bortse från denna fråga.

Övergödningen och dess påverkan på skärgården kommer troligen att komma upp som en viktig fråga i pilotprojektet, men det är viktigt att ha en realistisk bild av vad som är möjligt att åtgärda lokalt. Det är framförallt i inneslutna vikar och skärgårdens innersta fjärdar som det kan vara möjligt att uppnå tydlig lokal miljöförbättring med åtgärder mot lokala utsläppskällor, både på land och i sedimentet.



Foto: Mostphotos

Fisket ute i öppna Östersjön påverkar även miljön inne i skärgården.

Kunskapsluckor och behov av ytterligare data

Som framgår av föregående avsnitt är Stockholms skärgård ett förhållandevis datarikt område när det kommer till havsmiljön. Men det finns luckor i datatillgången, som kan behöva åtgärdas inom ramen för ett kommande pilotprojekt. Nedan lyfter vi de mest uppenbara bristerna, utifrån vår bild av vilka förvaltningsfrågor som kan bli aktuella att adressera i pilotprojektet (se *Frågeställningar för pilotprojektet*). Bristanalysen behöver uppdateras och kompletteras när beslut har tagits om vilka frågor som projektet tar sig an och fokuserar på.

En övergripande utmaning för pilotområde Stockholms skärgård är att området är så variabelt. Ekosystemet varierar längs de kraftiga gradienterna i t.ex. djup, vågexponering och salthalt. Mänskligt nyttjande och belastningar, liksom de samhällsekonomiska förutsättningarna, skiljer sig också mycket åt mellan olika delar av skärgården, som inkluderar både storstadsnära områden och svårtillgänglig glesbygd. Det innebär att både miljöstatus och vilka åtgärder som är aktuella och relevanta kan skilja mycket mellan olika delar av pilotområdet. Det talar för att det är viktigt att så långt som det är möjligt ha med ett rumsligt perspektiv i förvaltningen, t.ex. genom kartbaserade analyser eller genom att dela in området i delområden med lokala statusbedömningar och förvaltningsavvägningar. Beroende på projektets utformning kan det också vara ett alternativ att fokusera på en, eller flera, begränsade delar av skärgården (se *Avgränsning av pilotområdet*).

Dataunderlag för arter och habitat

En uppenbar brist är att det inte sker någon övervakning av vegetation eller andra habitat på grunda bottenar. Övergripande förändringar på grunda, relativt vågexponerade bottenar i ytterskärgården fångas in väl av den nationella miljöövervakningen vid Askö, även om den ligger utanför pilotområdet. Även den långa tidsserien av undersökningar vid Singö, norr om Stockholms skärgård, kan vara relevant. Men för hårda bottenar i innerskärgården och mjuka och vågskyddade bottenar i hela skärgården saknas övervakning idag. För pilotprojektet är speciellt bristen på data från grunda, vågskyddade vikar ett problem, eftersom skydd och restaurering av dessa miljöer hör till de mest aktuella åtgärderna för ekosystemet i pilotområdet. Flera sådana områden har provtagits upprepade gånger under flera år, men det har skett inom olika projekt och någon koordinerad långsiktig uppföljning finns inte.

När det gäller fiskbestånden i skärgården varierar kunskapen mellan arter. En uppenbar brist är att det saknas data för bestånden av de marina arterna (främst strömming, skarpsill och storspigg) i pilotområdet. Det kopplar exempelvis till den aktuella förvaltningsfrågan om i vilken grad det finns lokala, skyddsvärda bestånd av strömming i Stockholms skärgård, liksom till storspiggens möjliga trofiska effekter vid kusten. För kustfiskarter av sötvattensursprung saknas bra data för populationsutvecklingen av gädda eftersom övervakningen med nät ej provtar just denna mycket stationära art på ett tillförlitligt sätt. Gäddan är en viktig predator högt upp i kustens födoväv som har potential att påverka hela näringsväven. Den är en populär art för fritidsfiske och flera åtgärder pågår för att stärka populationerna i Stockholms skärgård.

För övriga livsmiljöer och arter finns övervakning som kan ge en bild av



En övergripande utmaning för pilotområde Stockholms skärgård är att området är så variabelt.

utveckling och miljöstatus på regional skala, i något fall även mer lokalt i recipientkontrollen för Stockholms stad. Beroende på projektets utveckling kan det finnas behov av mera data för att beskriva variationen inom pilotområdet och situationen på lokal skala. Det gäller exempelvis bestånden av kustfisk, som är mycket lokala och där de befintliga övervakningsstationerna inte ger en fullständig bild av alla kustfiskbestånd i pilotområdet. Framförallt ytterskärgården beskrivs dåligt av den befintliga övervakningen. Ett annat exempel är att lokala, rumsligt begränsade åtgärder (t.ex. områdesskydd eller habitatrestaurering) skapar behov av lokal uppföljning för att kunna utvärdera och utveckla åtgärderna.

Tillgången på heltäckande kartunderlag är relativt god. Det finns exempelvis prediktionskartor för många bottenlevande arter och reproduktionsområden för fisk, som ger en god beskrivning av utbredningen på regional skala. En generell svaghet med många av dessa prediktionskartor är att det saknas bra kartor över bottenstrukturer i den enormt komplexa skärgårdsmiljön, vilket gör underlagen osäkra på lokal skala.

Det finns betydande kunskapsluckor i betydelsen av olika påverkansfaktorer för utveckling och status av populationer och habitat. Viktiga frågor för Stockholms skärgård är exempelvis:

- Den relativa betydelsen av fiske, migrerande utsjöfisk (storspigg, strömming), reproduktionshabitat, predation från säl o skarv o.s.v. på kustfiskbeståndens utveckling och status.
- Vilka faktorer som påverkar populationsutvecklingen för olika kustfågelarter.
- Den relativa betydelsen av fysisk påverkan, övergödning och trofiska kaskadeffekter för miljöstatus för grunda botten.

Vi ser att det kommer att finnas behov av att samla ihop dataunderlag för denna typ av analyser med ett så stort rumsligt och tidsmässigt överlapp som möjligt mellan olika dataset. För påverkan på exempelvis kustrovfisk behövs överlappande information om fisketryck, predation från säl och skarv, strandexploatering, båttrafik, utbredning och kvalitet av rekryteringshabitat samt fiskevårdsåtgärdsområden.

Dataunderlag för belastningar

Som framgår av kapitlet om belastningar skiljer sig datatillgången mycket åt mellan olika påverkansfaktorer och aktiviteter.

En generell iakttagelse är att aktiviteter för friluftsliv och turism inte är kartlagda i någon större utsträckning i pilotområdet, även om det finns en del data för fritidsfisket. Det finns begränsat med data på trafik från småbåtar, som tros kunna vara en betydande påverkansfaktor i grunda områden. Det finns behov av att kartlägga användandet av kustlandskapet för rekreation, både som kartläggning av kulturella och försörjande ekosystemtjänster och för kartläggning av belastning från friluftslivet.

Generellt är datatillgången god för tillförsel av näring, som är en av de största (om inte den största) belastningen på Stockholms skärgård. Det finns modeller som visar tillförseln från land, transporten av näring mellan olika delar av skärgården, inflödet från öppna Östersjön samt frigörande av näring från bottenarna (beskrivs i avsnittet om tillförsel av näring samt i delrapporten *Analysramverk, verktyg och ekosystemmodeller*). Det regionala övervakningsprogrammet för Svealandskusten ger också en god bild av hur övergödningssituationen varierar i tid och mellan vattenförekomster i skärgården. Det som inte täcks in är situationen i vikar med begränsad vattenomsättning, som kan vara starkt påverkade



Aktiviteter för friluftsliv och turism är inte kartlagda i någon större utsträckning i pilotområdet.

av det lokala avrinningsområdet och/eller interna fosforkällor från sedimentet. Om det blir aktuellt med åtgärder i inneslutna vikar kan det finnas behov av lokal uppföljning av dessa åtgärder.

För kända miljögifter ger data en bild av situationen på regional nivå, samt lokalt vid flera punktkällor.

Data på omfattning och effekter av fysisk påverkan har i stor utsträckning saknats fram till nu, men den precis slutförda kartläggningen av hela svenska kusten täcker förhoppningsvis mycket av projektets databehov. Vi har dock inte haft tillgång till datamaterialet och därför inte kunnat bedöma om det finns behov av kompletteringar, exempelvis mer ingående studier i högre upplöst rumslig skala

Modeller och metoder för förvaltningen

Det saknas en officiell bedömningsgrund för grunda, vågskyddade mjukbottnar, men den bedömningsmetod som utvecklats och testats av SU¹⁸ kan användas för projektet. För däggdjur och kustfågel kan det finnas ett behov av att regionalisera bedömningarna, i samarbete med experter på dessa grupper.

För flera typer av belastningar saknas relevanta indikatorer och bedömningsgrunder för att bedöma status i havsmiljöförvaltningen (t.ex. fiskets påverkan på födoavvar, fysisk påverkan på habitat, buller). För fysisk påverkan är bedömningsgrunden för hydromorfologisk status i vattenförvaltningen delvis relevant. Bedömningen av hydromorfologisk status görs på skalan av vattenförekomst, vilket kan dölja lokala försämringar i inneslutna vikar som i de flesta fall utgör en mycket liten yta av vattenförekomster.

Sammantaget är det inte självklart hur miljöstatus ska bedömas i projektet. Det behövs en diskussion utifrån skalnivå, vilka aspekter som ska inkluderas och vilka data som finns att tillgå för bedömningen. Eventuellt finns det möjlighet att samordna med ett kommande projekt för en integrerad miljöstatusbedömning av Stockholms skärgård initierat av forskare på Stockholm Resilience Centre (Thorsten Blenckner), som bygger på metoden för Ocean Health Index¹⁹.

En presentation och diskussion av möjliga verktyg för analys av kumulativ påverkan och kartläggning av ekosystemtjänster finns i delleveransen *Analysramverk, verktyg och ekosystemmodeller*. För pilotområde Stockholms skärgård finns inget färdigt verktyg för rumslig analys av kumulativ påverkan, eftersom det saknas ett sådant verktyg för svenska kusten. Kartunderlag för kumulativ fysisk påverkan ska ingå i kartläggningen av fysisk påverkan (Törnqvist m.fl. 2020). När det gäller kartläggning av naturvärden och ekosystemtjänster är underlagen från Mosaic användbara, men kan behöva kompletteras med kartläggning av hur kustlandskapet nyttjas för att fånga in alla ekosystemtjänster.



Foto: Mostphotos

¹⁸<https://www.havet.nu/svealandskusten/?d=3364>

¹⁹<http://www.oceanhealthindex.org/>

Referenser

- Almroth-Rosell, E., Edman, M., Eilola, K., Meier, H.E.M., Sahlberg, J., 2016. Modelling nutrient retention in the coastal zone of an eutrophic sea. *Biogeosciences* 13, 5753–5769. <https://doi.org/10.5194/bg-13-5753-2016>
- Austin ÅN, Hansen JP, Donadi S, Eklöf JS 2017. Relationships between aquatic vegetation and water turbidity: A field survey across seasons and spatial scales. *PLoS ONE* 12(8): e0181419. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181419>
- Bergström, U., Olsson, J., Casini, M., Eriksson, B.K., Fredriksson, R., Wennhage, H., and Appelberg, M. 2015. Stickleback increase in the Baltic Sea - a thorny issue for coastal predatory fish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 163: 134-142.
- Bergström, U., Sköld, M., Wennhage, H. & Wikström, A. 2016. Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. Aqua reports. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/sidan-publikationer/aqua-reports-xxxx_xx/aquareports-2016_20-fiskefria-omraden_20161214.pdf
- Danielsson, S., Faxneld, S., Soerensen, A. L. 2020. The Swedish National Monitoring Programme for Contaminants in Marine Biota (until 2018 year's data) - Temporal trends and spatial variations. 1:2020. Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden.
- Donadi S., Austin Å. N., Bergström U., Eriksson B. K., Hansen J. P., Jacobson P., Sundblad G., van Regteren M. and Eklöf J. S. 2017. A cross-scale trophic cascade from large predatory fish to algae in coastal ecosystems. *Proc. R. Soc. B* 28420170045. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0045>
- Eklund N., Lindén S., Haglund A., Douhan B., Stav R. och Andersson Å. 2009. Kustfågelbeståndets utveckling i Stockholms läns skärgård. Kustfågelgruppen, Sveriges Ornitologiska Förening.
- Eklöf, J.S., Sundblad, G., Erlandsson, M. m.fl. 2020. A spatial regime shift from predator to prey dominance in a large coastal ecosystem. *Commun Biol* 3: 459. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01180-0>
- Enhus, C & Hogfors, H. 2015. Kartunderlag för marin grön infrastruktur – behovsanalys, datasammanställning och bristanalys. AquaBiota Report 2015:05. 62 sid. https://www.aquabiota.se/wp-content/uploads/ABWR_Report2015-05_GI_1B.pdf
- Eriksson BK, Sandström A, Isaeus M, Schreiber H, Karås P. 2004. Effects of boating activities on aquatic vegetation in the Stockholm archipelago, Baltic Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 61:339–49.
- Faxneld S., Nyberg E., Danielsson S. & Bigner A. 2014. Miljögifter i biota. I Svärd M. m.fl.: Havet 2015/2016, s. 98-102. <https://havsmiljoinstitutet.se/publikationer/havet/havet2015-2016>
- Flink, H, Mustamäki, N. och Adill, A. 2018. Faktablad – Resultat från övervakningen av kustfisk 2018:3. Asköfjärden (Egentliga Östersjön) 2005–2017. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/k-lab/provviske-vid-kusten/faktablad/2018/faktablad-askofjarden-2018.pdf>
- Fyhr F. 2010. Sammanställning av marinbiologiska data i Stockholms län. AquaBiota Notes 2010:3. https://www.aquabiota.se/wp-content/uploads/ABWR_Notes_2010_3_DataMMSS.pdf
- Granath L. 2004. Fartygstrafik och stranderosion i Stockholms skärgård. Länsstyrelsen i Stockholms län Rapport 2001:01.
- Hansen J. P., S. A. Wikström, and L. Kautsky 2008. Effects of water exchange and vegetation on the macroinvertebrate fauna composition of shallow land-uplift bays in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77: 535–547, doi: 10.1016/j.ecss.2007.10.013.
- Hansen J.P. och Snickars M. 2014. Applying macrophyte community indicators to assess anthropogenic pressures on shallow soft bottoms. *Hydrobiologia* 738:171–89.
- Hansen JP, Sundblad G, Bergström U, Austin ÅN, Donadi S, Eriksson BK, m.fl. 2020. Recreational boating degrades vegetation important for fish recruitment. *Ambio* 48: 539–551. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1088-x>
- Havs- och vattenmyndigheten 2018. Marin strategi för Nordsjön och Östersjön 2018-2023 - Bedömning av miljötillstånd och socioekonomisk analys. Rapport 2018:7.
- Havs- och vattenmyndigheten 2019. Nationell förvaltningsplan för gråsäl (*Halichoerus grypus*) i Östersjön.
- Havs- och vattenmyndigheten 2020. Fisk- och skaldjurbestånd i hav och sötvatten 2019 – resursöversikt. Rapport 2020:3 <https://www.havochvatten.se/download/18.473751eb16fd38f6a808067d/1591204280348/rapport-2020-03-fisk-skaldjursbestand-2019.pdf>
- Humborg C, Geibel MC, Sun X, McCrackin M, Mörth C-M, Stranne C, Jakobsson M, Gustafsson B, Sokolov A, Norkko A and Norkko J 2019. High Emissions of Carbon Dioxide and Methane from the Coastal Baltic Sea at the End of a Summer Heat Wave. *Front. Mar. Sci.* 6:493. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00493>
- ICES 2020. Herring (*Clupea harengus*) in subdivisions 25–29 and 32, excluding the Gulf of Riga (central Baltic Sea). In Report of the ICES Advisory Committee, 2020. ICES Advice 2020, her.27.25-2932. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5828>
- Jonsson, A.C., Andersson, L., Olsson, J.A., Johansson, M., 2011. Defining goals in participatory water management: merging local visions and expert judgements. *J. Environ. Plan. Manag.* 54, 909–935. <https://doi.org/10.1080/09640568.2010.541738>
- Karlsson M. & Viktor T 2014. Miljöstörande ämnen i fisk från Stockholmsregionen 2013. IVL Rapport B 2214. <http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/kemikalier/>
- Miljöstörande ämnen_i_fisk_fran_Stockholmsregionen_IVL_2013.pdf
- Kumblad L. och Rydin E. 2019. Vattnet åter klart i Björnöfjärden – ett framgångsrecept. Svealandskusten 2019, s. 27-29. <https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2019bjornofjarden.pdf>
- Larsson K. 2015. Ejder och alfågel - kan vi vända en nedåtgående trend? Svealandskusten 2015, s. 29-31. <https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2015fagel.pdf>
- Lindfors S. 2010. Båtars vågor väcker frågor – stranderosion i Stockholms mellanskärgård. Länsstyrelsen i Stockholms län Rapport 2010:22.
- Lücke, J. 2019. Undersökningar i Stockholms skärgård 2018. Vattenkemi, plankton och bottenfauna. Stockholm Vatten och Avfall. <http://www.stockholmavfall.se/globalassets/pdf1/rapporter/vattenvard/skargarden/skargardsrapporten-2018.pdf>
- Lundberg C. och Nilsson T. 2018. Exploatering av stränder 2013 – 2018. Jämförande statistik på läns- och kommunnivå. Länsstyrelsens rapportserie nr 15/2018
- Länsstyrelsen Stockholm 2010. Marin samverkansplan för BSPA Stora Nassa-Svenska Högarne. Rapport 2010:23.
- Länsstyrelsen Stockholm 2015. Miljögifter i sediment i Stockholms skärgård och östra Mälaren 2013, Rapport 2015:3. <https://www.lansstyrelsen.se/stockholm/tjanster/publikationer/2015/miljogifter-i-sediment-i-stockholms-skargard-och-ostra-malaren-2013.html>
- Länsstyrelsen i Stockholm 2017a. Modellering av potentiella födosöksområden för sjöfågel i Stockholms län. Rapport 2017:11.
- Länsstyrelsen Stockholm 2017b. Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden Stockholms län år 2018–2020. Rapport 2017:22.
- Länsstyrelsen i Stockholm 2018. Sillgrisslor och tordmular– studie av

födosöksområdena vid Svenska Högarna. Rapport 2018:4.

Madsen J. D., P. A. Chambers, W. F. James, E. W. Koch, and D. F. Westlake 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes, *Hydrobiologia* 444: 71–84. doi: 10.1023/A:1017520800568

Moksnes P-O, Eriander L, Hansen J, Albertsson J, Andersson M, Bergström U, Carlström J, Egardt J, Fredriksson R, Granhag L, Lindgren F, Nordberg K, Wendt I, Wikström S, Ytreberg E. 2019. Fritids-båtars påverkan på grunda kustekosystem i Sverige. Havsmiljöinstitutets Rapport nr 2019:3.

Munsterhjelm R. 2005: Natural succession and human-induced changes in the soft-bottom macrovegetation of shallow brackish bays on the southern coast of Finland. PhD Dissertation, University of Helsinki.

Mustamäki, N., Tärlund, S. och Pettersson, M., 2018. Faktablad – Resultat från övervakningen av kustfisk 2018:1. Muskö (Egentliga Östersjön) 1992–2017. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/k-lab/provfiske-vid-kusten/faktablad/2018/faktablad-musko-1992-2017.pdf>

Mustamäki, N., Yngwe, R. och Blass, M. 2020. Faktablad – Resultat från övervakningen av kustfisk 2020:3. Lagnö (Egentliga Östersjön) 2002–2019. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/k-lab/provfiske-vid-kusten/faktablad/2020/faktablad-lagno-2020.3.pdf>

Mustamäki, N. och Franzén, F. 2020. Faktablad – Resultat från övervakningen av kustfisk 2020:2. Vaxholm (Egentliga Östersjön) 2016–2019. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/k-lab/provfiske-vid-kusten/faktablad/2020/faktablad-vaxholm-2020.2.pdf>

Naturvårdsverket 2011. Samverkansplaner för värdefulla kust- och havsområden. Naturvårdsverkets rapport 6471. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6471-6.pdf>

Naturvårdsverket 2020. Sveriges arter och naturtyper i EU:s art- och habitatdirektiv. Resultat från rapportering 2019 till EU av bevarandestatus 2013–2018.

Norrby m.fl. 2011: Framtidens Flexibla Förvaltningsformer? En utvärdering av projektet Samverkansplaner för värdefulla kust- och havsområden. Naturvårdsverkets rapport 6435. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6435-8.pdf>

Nyström Sandman A, Didrikas T, Enhus C, Florén K, Isaeus M, Nordemar I, Nikolopoulos A, Sundblad G, Svanberg K, Wijkmark N. 2013. Marin Modellering i Stockholms län. AquaBiota Rapport 2013:10. 76 sid.

Olsson J, Jakubavičiūtė E, Kaljuste O, Larsson N, Bergström U, Casini M, Cardinale M, Hjelm J and Byström P. 2019. The first large-scale assessment of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) biomass and spatial distribution in the Baltic Sea. *Journal of Marine Science*, 76: 1653–1665. doi:10.1093/icesjms/fsz078

Qvarfordt S. och Schagerström E. 2018. Blåstång – den viktigaste algen. Svealandskusten 2018, s. 22-25. <https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2018Fucus.pdf>

Raymond C., Svensson O., Dahlgren M., Gunnarsson J. och Albertsson J. 2016. Stora förändringar i mjukbottenssamhället. Svealandskusten 2016, s. 25-28. <https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2016mjukbottenfauna.pdf>

Rolf C. och Walve J. 2019. Skärgården i ett varmare klimat – kommer syresituationen försämrats? Svealandskusten 2019, s. 10-12. <https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2019varmareklimat.pdf>

Schubert H. och I. Blindow (Eds.) 2003. Charophytes of the Baltic Sea. The Baltic Marine Biologists Publication No.19, Koltz Scientific Books, Königs-tein/Taunus.

Sandström A, Eriksson BK, Karås P, Isaeus M, Schreiber H. 2005. Boating and navigation activities influence the recruitment of fish in a Baltic Sea archipelago area. *Ambio* 34:125–30.

Snickars M, Sundblad G, Sandström A, Ljunggren L, Bergström U, Johansson G, Mattila J 2010. Habitat selectivity of substrate-spawning fish: modelling requirements for the Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Mar Ecol Prog Ser* 398:235-243. <https://doi.org/10.3354/meps08313>

Skov, H., m.fl. 2011. Waterbird Population and Pressures in the Baltic Sea. Tema Nord 2011: 550. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

Skärgårdsstiftelsen 2020. Levande Skärgårdsnatur 2020.

Stensen B., Andréasson J., Bergström S., Dahné J., Eklund D., German J., Gustavsson H., Hallberg K., Martinsson S., Nerheim S., Wern L., 2011. Regional klimatsammanställning - Stockholms län. Rapport nr 2010-78, SMHI.

Strand, M., Aronsson, M., & Svensson, M. 2018. Klassificering av främmande arters effekter på biologisk mångfald i Sverige – ArtDatabankens risklista. ArtDatabanken Rapport nr 21. ArtDatabanken SLU, Uppsala.

Sundblad G., Nikolopoulos A., Didrikas T. och Isaeus M. 2015. Hydromorfologisk modellering av risk för båtinducerad strand-erosion i Stockholms skärgård. Länsstyrelsen i Stockholms FAKTA-serie 2015:13.

Sundblad, G. & Bergström, U. 2014. Shoreline development and degradation of coastal fish reproduction habitats. *AMBIO* 43, 1020–1028. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0522-y>

Tobiasson S. & Qvarfordt S. 2016. Vegetationsklädda bottnar. I Svärd M. m.fl.: Havet 2015/2016. <https://havsmiljoinstitutet.se/publikationer/havet/havet2015-2016>

Törnqvist O., Klein J., Vidisson B., Häljestig S., Katif S., Nazerian S., Rosengren R. och Giljam 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, 126 sidor.

Viktorsson L, Wesslander K, Thor P, Nilsson M, Skjevick A-T 2020. The Swedish National Marine Monitoring Programme 2019 - hydrography, nutrients, phytoplankton. In: Report Oceanography. pp Page, Gothenburg, Sweden., Swedish Meteorological and Hydrological Institute. Walve J. 2012. Stor belastning på Svealands kust. Svealands kustvattenvårdsförbund, Årsrapport 2012, s. 4-8.

Walve J. 2018. Slut på gamla synder – om fosforflöden i Stockholms innerskärgård. Svealandskusten 2018, s. 10-13. <https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2018fosfor.pdf>

Walve J. 2020. Vilka källor bidrar mest? – fosforflöden i innerskärgården. Svealandskusten 2020, s. 12-16. <https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2020Fosforkallor.pdf>

Walve, J., Sandberg, M., Larsson, U., and Lännergren, C. 2018. A Baltic Sea estuary as a phosphorus source and sink after drastic load reduction: seasonal and long-term mass balances for the Stockholm inner archipelago for 1968–2015, *Biogeosciences* 15: 3003–3025. <https://doi.org/10.5194/bg-15-3003-2018>

Walve, J., Sandberg, M., Elmgren, R. m.fl. 2021. Effects of Load Reductions on Phosphorus Concentrations in a Baltic Estuary—Long-Term Changes, Seasonal Variation, and Management Implications. *Estuaries and Coasts* 44, 30–43. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00769-2>

Östman, Ö., Eklöf, J., Eriksson, B.K., Olsson, J., Moksnes, P.-O. and Bergström, U. 2016. Top-down control as important as nutrient enrichment for eutrophication effects in North Atlantic coastal ecosystems. *J Appl Ecol*, 53: 1138-1147. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12654>

RAPPORTER FRÅN ÖSTERSJÖCENTRUM

RAPPORT 1/2017

Människan, näringen och havet

RAPPORT 1/2018

Historien om Östersjötorsken

REPORT 2/2018 (på engelska)

Limitations of using blue mussel farms as a nutrient reduction measure in the Baltic Sea

RAPPORT 1/2019

Miljögifter i Östersjön – en exposé

RAPPORT 1/2020

Våtmarker som fiskevårdsåtgärd vid kusten

RAPPORT 2/2020

Framtidens Östersjön – påverkan av övergödning och klimatförändringar

Förslag på pilotområde för ekosystembaserad havsförvaltning i Stockholms skärgård

Stockholms skärgård är utvalt som ett av tre pilotområden för ekosystembaserad havsförvaltning, som en del av Sveriges arbete med att införa ekosystemansatsen i havs- och fiskeförvaltningen. Den här rapporten presenterar ekosystemet i Stockholms skärgård och hur det påverkas av mänsklig störning. Rapporten ger även en sammanställning av vilka data, kartunderlag och mätserier som finns tillgängliga och kan användas som underlag för en ekosystembaserad havsförvaltning i området. Sammanställningen innefattar data om arter och livsmiljöer, men även mänskliga aktiviteter och belastningar på miljön. Rapporten avslutas med förslag på frågeställningar som kan vara viktiga för pilotprojektet och en översikt över kunskapsluckor och brist på data och analysverktyg för ekosystembaserad förvaltning i Stockholms skärgård.

Stockholms universitets Östersjöcentrum

Vid Stockholms universitet har framgångsrik forskning och utbildning om havet bedrivits i över fem decennier. Här utförs världsledande Östersjöforskning, men även forskning i andra svenska havsområden, i tropiska hav och i polarområdena. Forskningen bidrar i sin tur till universitetets breda utbud av marina kurser och utbildningar. Östersjöcentrum har i uppdrag att stärka och synliggöra den marina verksamheten vid universitetet.

Vi är en länk mellan vetenskapen och samhället. En unik kombination av forskare, kommunikatörer och omvärldsanalytiker som arbetar med att öka kunskapen om havet och förbättra samhällets åtgärder mot olika miljöutmaningar. Vi ger vetenskapligt stöd i Östersjörelaterade beslut och gör forskningsresultat användbara för samhället. Fokus ligger på Östersjöns miljöutmaningar; minska övergödningen, nå ett hållbart fiske, minska miljögiftsbelastningen och bevara den biologiska mångfalden.