

Institutionen för akvatiska resurser

Lovisa Wennerström, Mikaela Bergenius Nord,
Anders Adill, Ulf Bergström, Ronny
Fredriksson, David Gilljam, Yvette Heimbrand,
Katja Ringdahl, Torbjörn Säterberg, Daniel
Valentinsson

PM

2023-05-05

SLU ID: SLU.aqua.2022.5.2-392

Vetenskapligt underlag till HaVs regeringsuppdrag: vetenskapligt projekt som motsvarar en utflyttad trålgräns

Innehåll

1.	Frågeställning och beställning	2
2.	Sammanfattning	2
3.	Beståndstatus och -utveckling	4
4.	Strömmings livscykel i centrala Östersjön och Bottniska viken.....	5
	Migration	5
	Tillväxt och dödlighet	9
	Reproduktion.....	10
	Strömmingen som larv och juvenil	11
	Lek och uppväxtområden.....	12
5.	Fiskerianalyser	15
	Metod och datakällor	15
	Totala strömmingsfångster i svenskt vatten.....	16
	Rumslig och tidsmässig variation av strömmingsfångster i svenskt vatten	18
6.	Populationsgenetiska mönster hos strömming i centrala Östersjön och Bottniska viken	22
	Pågående studier	22
	Populationsgenetiska mönster i centrala Östersjön och Bottniska viken.....	22
7.	Underlag för utökad provtagning.....	28
	Pågående- och förslag på utökade provfisken.....	29
	Dataläggning av journalföring	35
8.	Förslag till försöksområden	35

9. Referenser	38
10. Appendix.....	44

1. Frågeställning och beställning

Havs- och vattenmyndigheten (HaV) har genom Regeringens beslut den 19 maj 2022, fått i uppdrag att genomföra ett tidsbegränsat vetenskapligt projekt som motsvarar en utflyttning av trålgränsen för fartyg som fiskar efter pelagiska arter i Östersjön, i syfte att utvärdera effekterna på sill- och strömmingsbeståndens biomassa samt deras storleks-, bestånds- och åldersstruktur. SLU Aqua har som uppdrag att bistå HaV med vetenskapliga underlag inom regeringsuppdraget. Målet med det här kunskapsunderlaget är att presentera en sammanställning och analys av fångster för fartyg, oavsett flagg, som bedrivit fiske av sill/strömming inom svensk ekonomisk zon i centrala Östersjön (SD 25-27, 28.2, 29, 32) samt Bottniska viken (SD 30-31) under 2012-2021. Målet är även att rapportera nuvarande kunskapsläge vad gäller genetiska analyser på sillen/strömming i Östersjön. SLU Aqua har även åtagit sig att som del i detta underlag 1) utöka, till hela centrala Östersjön och Bottniska viken, den kunskapssammanställning om sill och strömmingens ekologi och migrationsmönster som levererades i samband med beställningen från HaVs till SLU Aqua om sill/strömming i norra Egentliga Östersjön (SLUID: SLU.aqua.2022.2022.5.5-46), och 2) presentera en sammanställning av pågående och tidigare provfisken av särskilt intresse för sill- eller strömming (härefter benämnt strömming i texten). Kunskapsunderlaget är utformat för att utgöra en bakgrund inför HaVs beslut om lämpliga försöksområden.

2. Sammanfattning

Strömmingens tillväxt och kondition har sjunkit under de senaste 30 åren i Östersjön. Det har även skett en minskning av stor strömming i delar av centrala Östersjön och Bottenhavet både i öppet hav och i grunda kustområden. Strömming växer generellt långsammare i Bottenhavet jämfört med centrala Östersjön och når normalt en storlek av 18-20 cm vid cirka 6-8 års ålder i Bottenhavet och 4-5 års ålder i centrala Östersjön. De viktigaste lekområdena för strömming utgörs av grunda skärgårdsområden (0-15 m djup). Tillgången på lekområden är generellt god i hela Östersjön och utgör sannolikt inte någon begränsning för bestånden. Kustzonen utgör även huvudsakligt uppväxtområde för strömming under de första åren. Strömmingens rekrytering i både centrala Östersjön och Bottniska visar ingen riktad förändring över de senaste tre decennierna, vilket tyder på att exempelvis övergödning och klimatförändringar hittills inte lett till någon betydande påverkan på rekryteringen. Kunskapen om skillnader i rekrytering mellan delbestånd är dock

bristfällig, och eventuella mindre delbestånd kan därför påverkas om lekområden förstörs. Strömmingen övervintrar främst i områden djupare än 50-60 meter. Dessa djup förekommer endast begränsat innanför den nu gällande trålgränsen (4 nautiska mil) i centrala Östersjön, norra Bottenhavet och Bottenviken. Det innebär att den stora merparten av strömmingsbestånden är exponerade för trålfisket vintertid. I centrala Östersjöns delområde 25 och i södra delen av Bottenhavet är även övervintringsområden mellan 4 nm och territorialgränsen (12 nm) begränsade, vilket innebär att en utflyttning av trålgränsen till 12 nm inte skulle skydda strömmingen vintertid i dessa områden.

Analyser av VMS-data och svenska loggboksdata för fartyg under 12 meter innanför svensk ekonomisk zon visar att merparten av strömmingsfångsterna i svenskt vatten sker inom geografiskt tydligt avgränsade områden. I Bottenhavet fångas den största kvantiteten strömming i området utanför 12 nm-gränsen och främst i den södra delen, där fisket är koncentrerat till den ekonomiska zonen, framför allt i de djupa områdena kring Finngrundan. I centrala Östersjön, SD 27-29, fångas en relativt stor andel av strömmingen inom 4-12 nm-zonen, medan merparten av fisket i SD 25 och 26 sker utanför 12 nm. En utflyttning av trålgränsen från 4 till 12 nm skulle således förmodligen få större effekter på eventuella lokala strömmingsbestånd i norra delen av centrala Östersjön (SD 27-29) än i Bottenhavet (SD 30) och i södra delen av centrala Östersjön (SD 25-26). I Bottenhavet fångas relativt små mängder strömming innanför 12 nm-gränsen.

Kunskapen om populationsgenetiska mönster visar att strömmingen har en komplex genetisk populationsstruktur som inte tydligt kopplat till geografiskt avgränsade områden eller avstånd mellan områden. De största genetiska skillnaderna ses mellan höst- och vårlekande strömming. Ett antal genetiskt särpräglade lokala lekpopulationer och vissa genetiska skillnader mellan havsområden har också identifierats. Genetiska skillnader mellan havsområden finns framför allt mellan strömming från SD 25 och övriga områden i Östersjön. Ett skydd mot fiske för stora delar av kusten ökar sannolikheten för att skydda lokala, genetiskt särpräglade delpopulationer, vars frekvens i dagsläget inte är känd.

För att följa upp effekter av områdestängningar är det centralt att följa bestånden både i försöksområden och utanför. Det är även viktigt att utöka kunskapen om populationsstruktur och vandringsmönster hos strömming. Utökad övervakning i syfte att följa upp effekterna av stängda områden kan innefatta: 1) utökade provfiske längs kusten i områden som bedöms vara intressanta för försöket, 2) förbättrad provtagning av yrkesfiskets fångster både kustnära och i utsjön, 3) utökad individprovtagning av strömming i befintliga övervakningsprogram, samt 4) utökad genetisk provtagning och 5) kemisk analys av otoliter och annan vävnad. Detaljerna kring den uppföljning som behövs kommer bero på utformningen av områdena.

Baserat på ovanstående tillgänglig information om strömmingens ekologi och migrationsmönster, fiskets fångster och populationsgenetiska mönster, samt möjligheter till uppföljning, föreslår SLU följande försöksområden där regleringar som motsvarar en utflyttning av trålgränsen bör införas:

Ett område i södra Bottenhavet som täcker samtliga områden kring Finngrundens där ett omfattande trålfiske efter strömming har pågått de senaste åren. Försöksområdena bör även innefatta kustområden i anslutning till Finngrundens och vattnen däremellan och gälla över hela året för att regleringarna ska skydda strömmingen under hela livscykeln, samt både vår- och höstlekande bestånd.

I tillägg till ett stort område kring Finngrundens och i närliggande kustområden, men inte som ett alternativ till detta område, föreslås ett eller fler försöksområden längre norrut i Bottenhavet i områden där fångsterna av strömming är stora, till exempel kuststräckorna Hudiksvall-Sundsvall samt Örnköldsvik-Umeå, inklusive havsområdena utanför.

I centrala Östersjön föreslås en generell utflyttning av trålgränsen till 12 nautiska mil i de områden där lämpliga övervintringsområden, dvs djupområden >50 m, finns inom 12 nm från baslinjen. I SD25 bör trålgränsen flyttas ut för att minst täcka in djup på 50-60 m, vilket i detta område innebär en utflyttning av trålgränsen utanför 12 nm.

SLU har i tidigare kunskapsunderlag visat att den säkraste åtgärden för att öka biomassan av strömming är att minska fiskeridödligheten, det vill säga att minska fångstkvoterna som helhet. Effekterna av fiskereglering i avgränsade områden är svåra att förutse, då det saknas detaljerad kunskap om strömmingens bestandsstruktur och migrationsmönster. SLU föreslår inte någon formell experimentell design med försöks- eller kontrollområden med uppföljning före, under och efter försöket. För att öka möjligheter till effekter på bestånden förordar SLU istället stora försöksområden och uppföljning som baseras på utvärdering av trender i områdena.

3. Bestandsstatus och -utveckling

Likt för andra internationellt förvaldade fiskbestånd utgör Ices bestandsuppskattningar och rådgivning om fiskemöjligheter grunden för politiska beslut om kvoter för strömmingsbestånden i Östersjön. Ices rådgivning presenteras årligen i slutet av maj och kan hittas [här](#). Sammanfattningsvis bedömde Ices 2022 att för sillbeståndet i centrala Östersjön 2022 var fiskeridödligheten över det referensvärde för fiskeridödlighet som ger ett hållbart fiske över tid (F_{MSY}) och lekbiomassan under det gränsvärdet för beståndets biomassa som inte bör underskridas när fisket sker vid den nivå som ger maximal hållbar avkastning ($MSY B_{trigger}$). För beståndet i Bottniska viken är lekbiomassan minskande, men var 2022 över gränsvärdet $MSY B_{trigger}$. Fiskeridödligheten var under F_{MSY} .

Strömmingens bestandsstatus och -utveckling har beskrivits mer i detalj för svenska havsområden i tidigare sammanställningar från SLU Aqua, bland annat i ett [PM till HaV om trender i biomassa för strömming i SD 25-30](#) (Wennerström m.fl. 2022a) och ett [kunskapsunderlag om fiskets effekter på storleksstruktur hos strömming i Bottniska viken SD 30-31](#) (Gilljam m.fl. 2022). Generellt visar de detaljerade analyserna för svenska havsområden på nedgångar i biomassa och andel av stor

strömning i både öppet hav och grunda kustområden, liksom minskande bestånd av strömning som helhet i Bottniska viken.

SLU har samlat svar på många vanliga frågor kopplat till strömningen, fisket och förvaltningen i Östersjön i [denna FAQ som är riktad till allmänheten, myndigheter och media](#).

4. Strömmings livscykel i centrala Östersjön och Bottniska viken

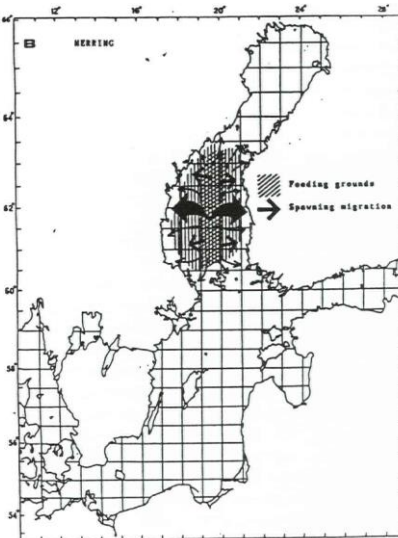
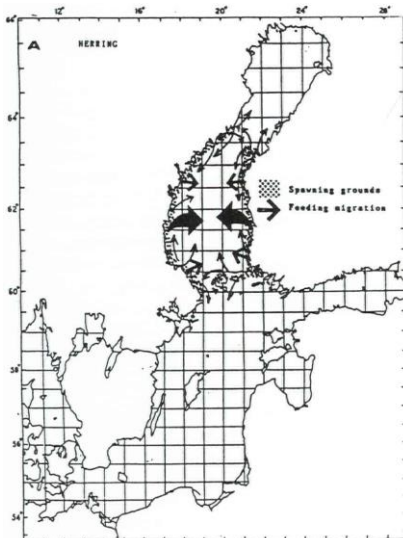
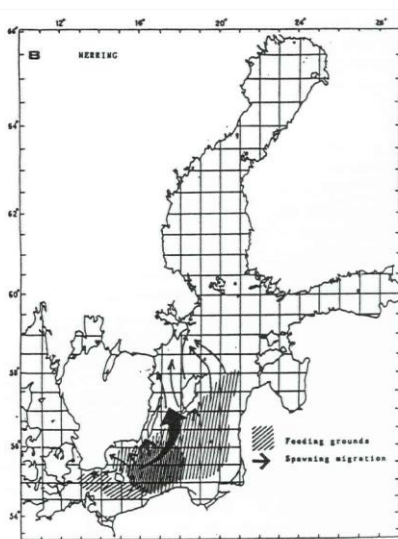
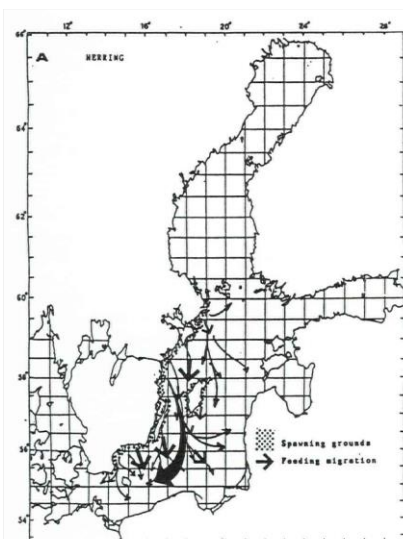
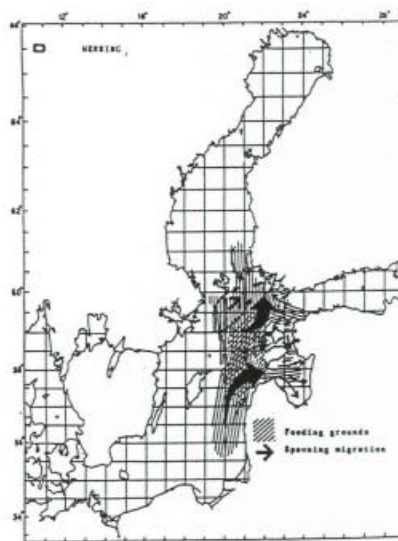
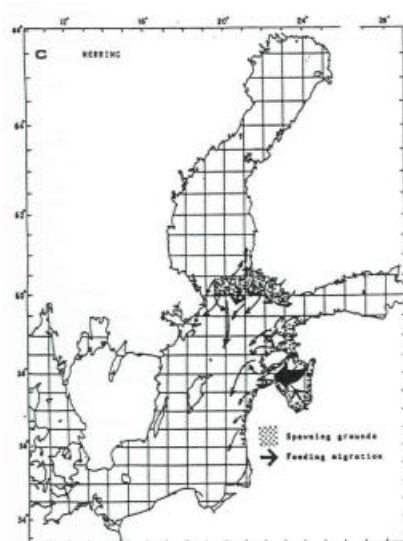
I detta avsnitt redogör vi för strömningen livscykel, inklusive migrationsmönster och lek- och uppväxtområden i Östersjön. Östersjön är ett innanhav med stor variation i många abiotiska och biotiska variabler. T.ex. är både vattnets salinitet och temperatur lägre i norr jämfört med i söder, vilket påverkar strömningens könsmognad och tillväxt. Vidare skiljer sig havsbottnens struktur och djupprofil mellan olika områden, vilket i sin tur påverkar strömningens lek- och uppväxtmöjligheter, och migrationsmönster. Vi beskriver därför, där det är möjligt, kunskapsläget specifikt för Bottniska viken (med Bottenhavet i söder och Bottenviken i norr) och för centrala Östersjön.

Migration

Strömningen är en i huvudsak pelagisk art, som tillbringar merparten av livscykeln i det öppna havet. Den kan bli upp till 25 år gammal, även om den sällan blir äldre än 10 år. Arten formar stora stim och företar vertikala migrationer mellan olika vattendjup. På dagen håller den sig nära botten eller på djupare vatten, och rör sig mot ytan vid skymning, för att sprida sig över ett större område nattetid för födosök (Nilsson m.fl. 2003).

Kunskapen kring strömningens horisontella migrationer i Östersjön omfattar främst generella mönster. I nuläget saknas mer detaljerad kunskap om förekomsten av olika lekbestånd i Östersjön och då även hur olika lekbestånd vandrar. Strömningen har traditionellt delats in i vårlekande och höstlekande bestånd (Ojaveer, 1981), vilka visat sig utgöra genetiskt distinkta beståndskomponenter (Han m.fl. 2020). Vårlekare och höstlekare har olika migrationsmönster, men allmänt kan sägas att de mest omfattande migrationerna görs mellan kustens lek- och uppväxtområden och födosöks- och övervintringsområden i utsjön (Aro 1989). Strömningen övervintrar generellt på djupt vatten, under haloklinen på ca 50-60 m djup, där vattnet vintertid är lite varmare. Mindre delar av bestånden, framför allt juvenil fisk, kan vara kvar i skärgårdarnas grundare vatten hela året (Ojaveer 2003, Kaljuste m.fl. 2009). Under våren migrerar strömningen från övervintringsområdena i öppet hav in mot grunda kustområden för lek och för att söka föda. En sammanställning av märkningsdata, utförda på adult fisk, visar att strömningen längs svenska Bottenhavskusten generellt företar rätt korta vandringar ut till öppet hav, medan strömningen i centrala Östersjön ibland kan företa längre vandringar till mer sydliga utsjöområden där

temperaturer och födoförhållandena är gynnsamma vintertid (Figur 1, Aro 1989, 2002). Det är också sannolikt att det även förekommer mer stationära lekbestånd i en del kustområden (Aro 2002). Migration mellan Bottniska viken och centrala Östersjön har visats vara begränsad (Jørgensen m.fl. 2005).



Figur 1. Lek- och födosökmigrationer för vårlekande strömming vid svenska kusten i centrala Östersjön och i Bottenhavet enligt Aro (1989).

Den lek som sker under våren infaller vanligen i april-juni, men varierar mellan olika områden (Tabell 1) och sker främst på vegetation eller hårbottenar inne i skärgårdarna. Lek senare på säsongen sker närmare ytterskärgården, och höstleken, som infaller i augusti-oktober, kan även ske på utsjögrund (Gunnartz m.fl. 2011).

Tabell 1. Länsvis sammanställning över uppgifter gällande huvudsaklig lektid, djup, bottensubstrat samt beståndsutveckling längs den svenska ostkusten grundat på en intervjuundersökning utförd av Gunnartz m.fl. (2011). När uppgifterna skiljer sig åt anges detta som ”oklart” och om uppgifter saknas anges tecknet –. Notera att bedömningen i kolumnen ”beståndsutveckling” härrör från Gunnartz m.fl. (2011). Intervjustudien utfördes år 2003, varför beståndsutvecklingen som anges speglar situationen fram till det året.

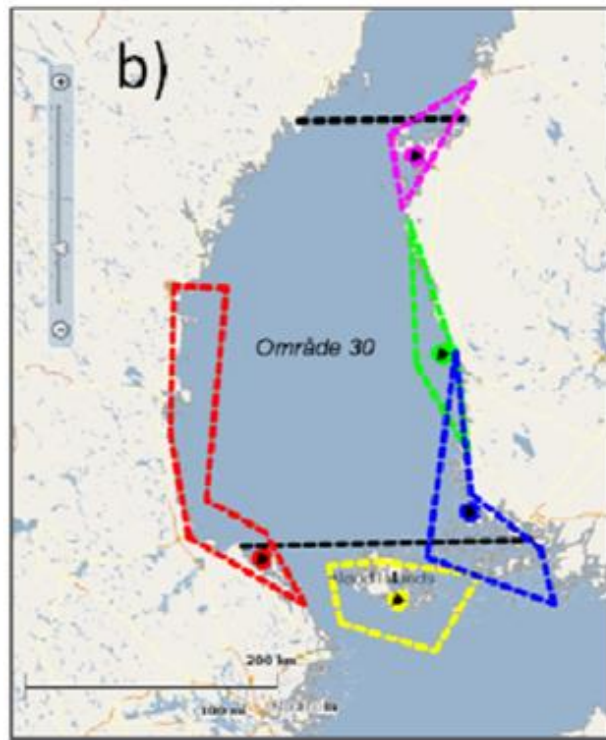
Vårlekande strömming

<i>län</i>	<i>lektid</i>	<i>djup (m)</i>	<i>bottensubstrat</i>	<i>beståndsutveckling</i>
Norrbottn	juni-juli	0–15	sten	minskande
Västerbotten	maj-sep	0–15	sten, sand	minskande
Västernorrland	apr-juni	0–10	sten, sand, grus, tång	minskande
Gävleborg	apr-juni	0–10	sten, sand, grus, tång	minskande
Uppsala	maj-juli	0–10	sten, grus	minskande
Stockholm	maj-juli	1–10	klippa, sten, brunalger	minskande
Södermanland	maj-juni	varierande	varierande	minskande
Östergötland	maj-juni	varierande	varierande	minskande
Kalmar	varierar	6–8	tång, hårbotten	oklart
Gotland	april-maj	varierande	klippa, grus, sten, blåstång	stabil
Blekinge	april-maj	2–3	hårbotten, ålgräs	minskande
Skåne	april-juni	–	–	minskande

Höstlekande strömming

<i>län</i>	<i>lektid</i>	<i>djup (m)</i>	<i>bottensubstrat</i>	<i>beståndsutveckling</i>
Norrbottn	–	–	–	–
Västerbotten	sep-okt	3–30	sten	oklart
Västernorrland	sep-okt	3–15	sten	oklart
Gävleborg	sep-okt	3–15	grus, sten	ökande
Uppsala	sep-okt	3–15	–	ökande
Stockholm	aug-sep	3–15	–	ökande
Södermanland	aug-sep	0–20	sten, sand, grus	oklart
Östergötland	–	–	–	–
Kalmar	–	–	–	–
Gotland	–	–	–	–
Blekinge	–	–	–	–
Skåne	–	–	–	–

Ett antal märkningsstudier som genomfördes under 1950- till 1990-talet visar att strömmingen i Bottenhavet verkar vara hemortstrogen och återkommer till samma lekområde år efter år (Hannerz 1955, 1956, Otterlind 1957, Parmanne and Sjöblom 1982, 1986, Bergström m.fl. 2007). De flesta återfångster gjordes inom 150 km från märkningsplatsen (Saulamo och Neuman 2002, Figur 2). Även en märkningsstudie (Jönsson och Biester 1979) och otolitkemiska studier av sill i centrala Östersjön har visat på ett hemortstroget beteende (Moll m.fl. 2019).



Figur 2. Sammanställning av återfångster av strömming som märkts i Bottenhavet utgående från Parmanne (1990) och Bergström m.fl. (2007). Punkterna anger var märkningen gjorts och de prickade områdena anger inom vilket område merparten av återfångsterna gjorts. Figuren är från Lundmark 2010.

Tillväxt och dödlighet

Strömmingen i Östersjön växer långsammare än på västkusten och övriga Atlanten. Som ett exempel når strömmingen normalt en storlek på ungefär 18-20 cm (den storlek då strömmingen är stor nog för humankonsumtion) vid 6-8 års ålder i Bottenhavet och 4-5 års ålder i centrala Östersjön. Tillväxten har minskat betydligt sedan början av 1990-talet, då fisken nådde samma storlek vid 4-5 års ålder i Bottenhavet och vid 3-4 års ålder i centrala Östersjön (ICES 2022).

Nedgångar kan även ses i konditionen (relationen mellan en individs vikt och längd) hos strömmingen i centrala Östersjön, som gradvis minskat ända sedan 1980-talet

(Casini m.fl. 2011). I Bottenhavet har konditionen hos större strömming minskat drastiskt under 2020-2021 (ICES 2022).

Strömming livnär sig i huvudsak på djurplankton. Förändrad tillgång på djurplankton (främst copepoder) och konkurrens om föda med skarpsill har identifierats som viktiga faktorer som generellt har påverkat tillväxten hos strömming både i centrala Östersjön och Bottenhavet (Cardinale & Arrhenius 2000, Möllman m.fl. 2004, Casini m.fl. 2010, Lindegren m.fl. 2011, Rönkkönen m.fl. 2004, Karlson m.fl. 2020). Andra korrelativa studier gjorda i centrala Östersjön har också lyft fram att storskaliga klimatförhållanden, främst kopplat till direkta och indirekta effekter av temperatur och salinitet, samt att nederbörden i avrinningsområdet kan ha betydelse för tillväxten hos strömming (Bartolino m.fl. 2014, Cardinale and Arrhenius 2000, Casini m.fl. 2006, Kornilovs m.fl. 2001, Margonski m.fl. 2010, Smoliński, 2019). Förändrad tillväxt hos strömming har även blivit kopplad till ”top-down” faktorer såsom storleksselektiv dödlighet orsakad av fiske, torsk och säl (Beyer och Lassen 1994, Östman m.fl. 2014, Karlson m.fl. 2020) i både centrala Östersjön och Bottenhavet. Generellt har det pelagiska fisket och sälbestånden ökat de senaste årtiondena, medan torskbeståndens låga nivå lett till en lägre predation från torsk. Sambanden är inte helt utredda, men dessa faktorer kan ha orsakat en ökad mortalitet för stor strömming i relation till liten (Kulatska m.fl. 2021), och en förskjuten ålders- och storleksstruktur mot yngre och mindre individer (Gilljam m.fl. 2022).

Reproduktion

Strömmingen i Östersjön blir könsmogen vid 1-3 års ålder. Åldern för könsmognad i framför allt Bottniska viken har minskat över tid, där i huvudsak proportionen könsmogna tvååriga individer ökat (ICES 2021). Inför leken rör sig strömmingen från övervintringsområdena, som normalt är djupare än 50 m (Ojaveer 2003, Kaljuste m.fl. 2009) mot grunda kustområden och formar då stora lekstim. Vanligen sker leken på hårbottenar grundare än 10 m, i områden som ligger nära djupare vatten (Figur 3, Tabell 1, Aneer 1989, Kääriä m.fl. 1997, Gunnartz m.fl. 2011). I Östersjön läggs rommen ofta på vegetation. Strömmingen är relativt flexibel när det gäller lekhabitat i övrigt och kan leka både längs exponerade kuststräckor och långt inne i innerskärgårdsvikar längs hela svenska ostkusten (Figur 3). Habitatmodeller baserade på omfattande fältprovtagningar visar att de högsta tätheterna av larver förekommer inne i större skärgårdsområden, i eller i närheten av djupa vatten (Kallasvuo m.fl. 2017, Erlandsson m.fl. 2021). Höstlekande strömming leker vanligen i ytterskärgård och på utsjögrund (Gunnartz m.fl. 2011), men information om dessa lekbestånd är mer bristfällig.

Varje hona producerar en omgång ägg per år, som släpps nära botten och då befruktas av hanen som simmar några centimeter ovanför honan (Blaxter and Hunter 1982). De klubbiga äggen sjunker till botten där de bildar stora ansamlingar, som

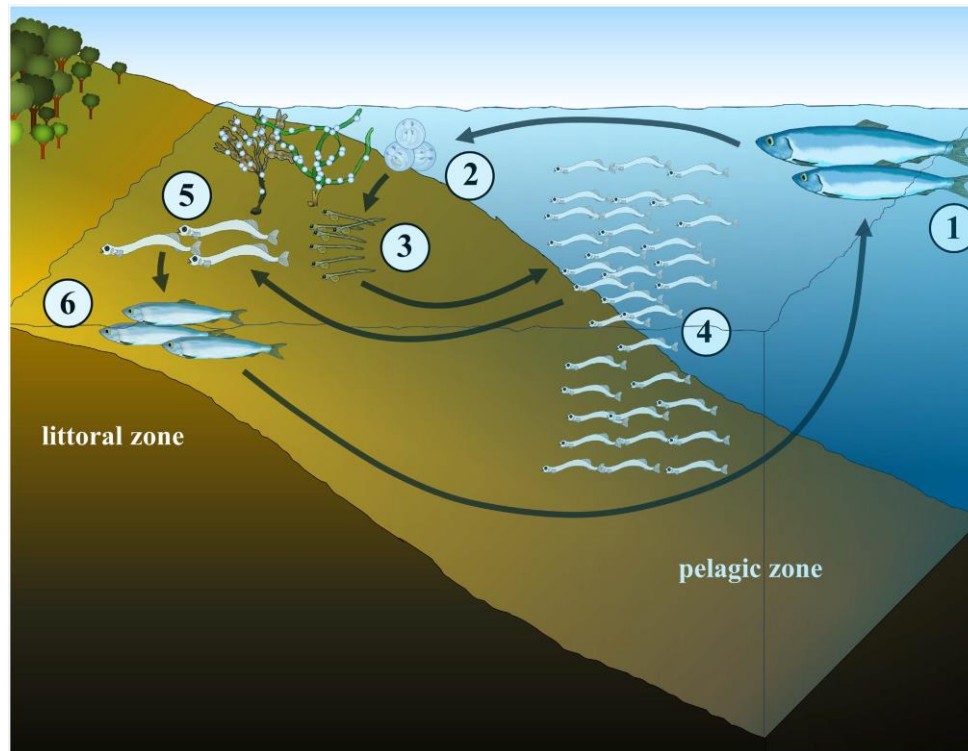
ibland kan vara många lager tjocka och täcka områden upp till en hektar (Blaxter och Hunter 1982). En hona producerar i genomsnitt mellan 10 000 och 60 000 ägg (ICES 2009). Det tar upp till två veckor för äggen att kläckas, beroende bland annat på vattentemperatur (Blaxter och Hunter 1982). Efter kläckning lever larverna i den fria vattenmassan, främst i eller i anslutning till skärgårdsområden (Polte m.fl. 2017)

För en marin art som strömming är Östersjöns låga salthalt en utmaning. Under sådana kan honans kondition förväntas ha en relativt sett högre påverkan på avkommans kvalitet (Green 2008). Till exempel visar laboratoriestudier och undersökningar från Bottenhavet att honans kondition påverkar äggets befruktning, kvalitet och överlevnad (Laine och Rajasilta 1999, Rajasilta m.fl. 2021). Det finns ett flertal korrelativa studier om hur miljöfaktorer påverkar strömmingens rekrytering i Centrala Östersjön, men då få slutsatser om huvudsakliga påverkansfaktorer har kunnat reproduceras i andra studier är det svårt att dra entydiga slutsatser. Dock tycks vattentemperaturen under sommaren (augusti) och djurplanktonförekomsten (särskilt *Pseudocalanus* sp.) vara positivt korrelerade med rekryterings framgång (Cardinale m.fl. 2009, Margonski m.fl. 2010, Bartolino m.fl. 2014, Pécuchet m.fl. 2015). Även den lekande fiskens kondition tycks vara relaterad till rekrytering (Cardinale m.fl. 2009). Detta stöds av histologiska studier som visar ett samband mellan svag individuell kondition under mognadsprocessen och minskad fekunditet.

Strömmingen som larv och juvenil

I takt med att larverna växer till sig och utvecklar förmågor att mera aktivt välja habitat (Moyano m.fl. 2016), förflyttar de sig mot uppväxtområden i grunda kustområden, där de utvecklas till juveniler som lever i kustnära stim under 1-3 år för att sedan röra sig ut mot öppet hav (Figur 3, 4, Polte m.fl. 2017). Hur stor beståndet av adult strömming blir bestäms i stort av dödligheten hos det kritiska larvstadiet (Hjort 1914), där predation (Bailey och Houde 1989), tillgång på föda (Cushing 1974), och temperatur (Peck m.fl. 2012; Margonski m.fl. 2010) är viktiga påverkansfaktorer.

En schematisk sammanfattning av strömmingens vandringar och habitatutnyttjande under livscykeln visas i Figur 3.

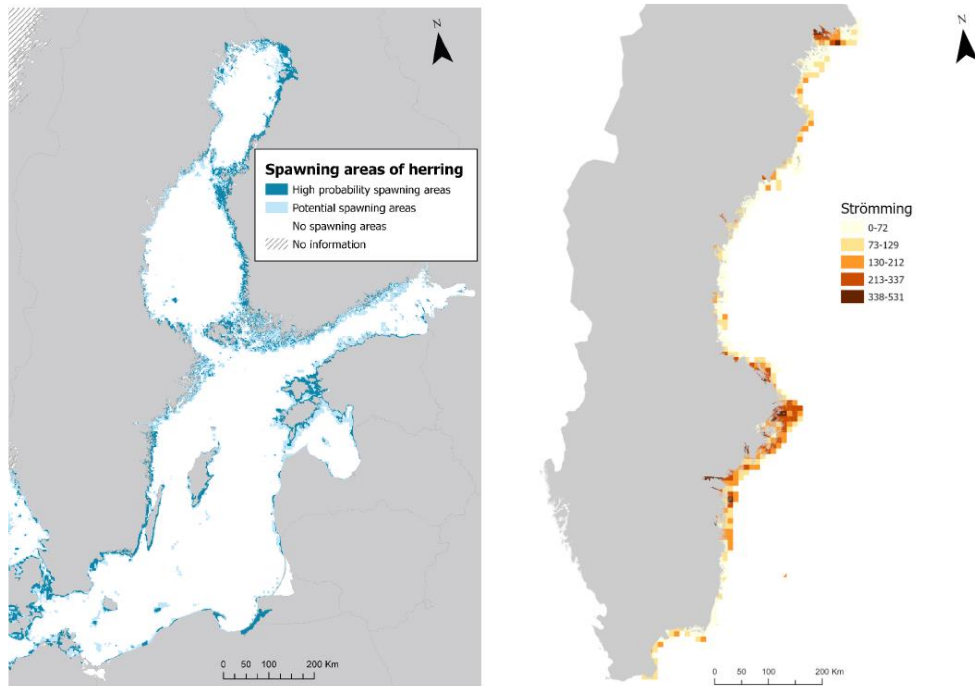


Figur 3. Strömmingens habitatutnyttjande under olika delar av livscykeln. Vuxen strömming (1) vandrar från öppet hav till kusten för leken som sker på grunda vegetationsklädda hårbottenar (2). Larver i gulesäcksstadiet (3) finns ofta koncentrerade i närheten av lekområdena. Efter att gulesäcken konsumerats (4) är larverna ofta horisontellt utspridda i det närliggande kustområdet. Larver i det sista larvstadiet (5) återvandrar sedan till littoralzonen där de metamorfoserar till juveniler (6). De växande stimlevande juvenilerna migrerar successivt till utsjön och rekryterar sedan till den vuxna populationen vid 1-3 års ålder. Från Polte m.fl. 2017.

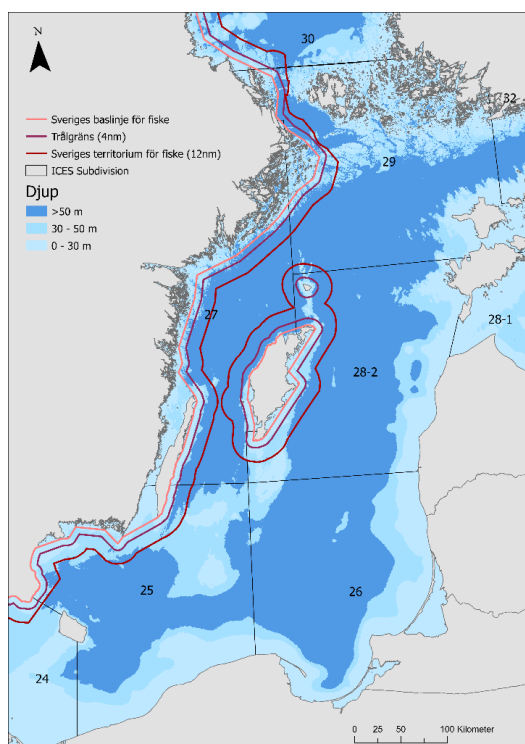
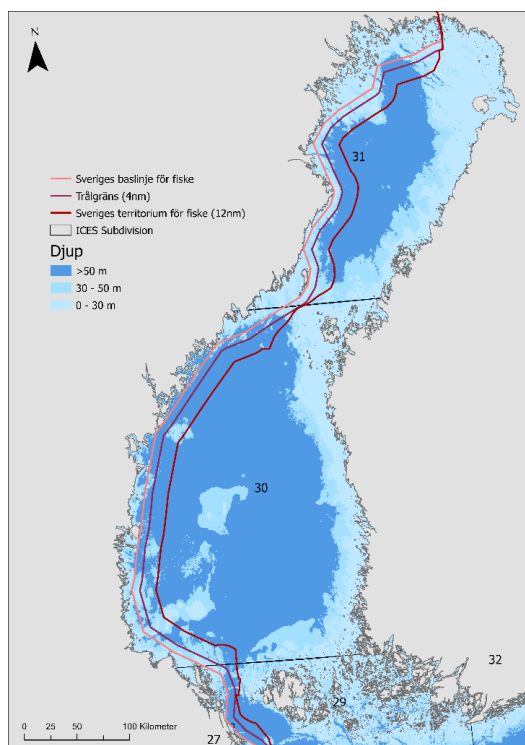
Lek och uppväxtområden

Strömmingsyngel använder olika habitat under olika livsstadier och förefaller ha mindre specifika krav på lek- och uppväxtområden än många andra arter i Östersjön (Erlandsson m.fl. 2021). Eftersom det finns stora områden längs kusterna i hela Östersjön som är potentiellt lämpliga för strömmingens fortplantning, utgör tillgången till reproduktionsområden sannolikt inte en lika tydlig begränsning för populationerna som för många varmvattenarter (Figur 4). Eftersom rekryteringen för strömming enligt beståndsskattningen för både centrala Östersjön och Bottniska viken har varit relativt stabil de senaste 30 åren (ICES 2022), förefaller påverkan från exempelvis övergödning och klimatförändringar hittills inte ha lett till någon betydande påverkan på reproduktionsframgången. Dock är kunskapen om skillnader i rekrytering mellan eventuella delbestånd bristfällig. Polte m.fl. 2017 menar att då olika habitat används i olika livsstadier, kan detta introducera en rad möjliga

flaskhalsar relaterade till tillgänglighet och anslutningar till livsmiljöer för fiskyngel och att påverkan från exploatering på olika kusthabitat bör undersökas vidare, samt beaktas i förvaltningen av regionala kustområden.



Figur 4. Till vänster: potentiella lekområden för strömming i Östersjön utgående från översiktlig karta över vegetationsklädda bottnar (figuren är från Bergström m.fl. 2021). Till höger: modellerade uppväxtområden för strömming längs svenska kusten från Hanöbukten till Norrbotten baserade på högupplöst information på fiskförekomst och habitatvariabler. För tydligare visualisering har modellprediktionerna i den högra kartan aggregerats till en cellstorlek om 5x5 km (figuren från Erlandsson m.fl. 2021). Lek- och uppväxtområden förekommer längs hela ostkusten, där de stora skärgårdarna utgör de viktigaste områdena.



Figur 5. Karta över Bottniska viken (överst) och centrala Östersjön (nederst) med baslinje, nuvarande trålgräns (4 nm), territorialgräns (12 nm) samt djup grundare än 30 meter, mellan 30 och 50 meter, och djupare än 50 m.

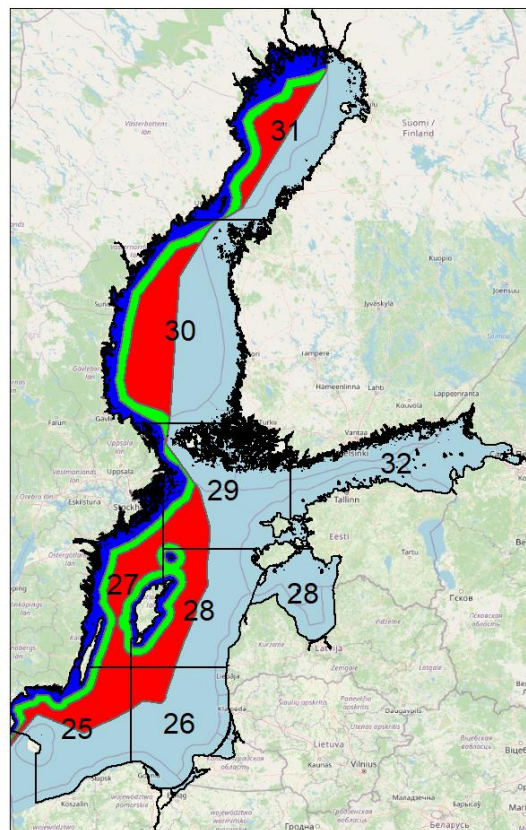
5. Fiskerianalyser

Metod och datakällor

För att kartlägga strömmingsfisket omfattning i Östersjön för 2012-2021 begärde HaV in data på fångster av strömming från Danmark, Finland, Lettland, Litauen, Polen, Sverige och Tyskland (Havs- och Vattenmyndigheten; Reg. No. 1909-22). Data erhöles enligt förfrågan från samtliga länder förutom Lettland och Tyskland. Eftersom Tyskland och Lettland de tre senaste åren i genomsnitt landat 0.5% respektive 3.4 % av de totala landingarna av strömming i centrala Östersjön är dessa länders fångster i svenskt vatten av försumbar betydelse för analyser av de totala landningarna. Det data som efterfrågades var loggboksdata kopplat till positioner från fartygens VMS-system (kallas här efter VMS-data) från ländernas fiske i hela Östersjön förutom Rigabukten. Utöver detta data efterfrågades även rumsligt mer grovt upplöst data från loggböcker (summerade fångster per Ices rektangel (1° latitud $\times$ $0,5^{\circ}$ longitud rektanglar; WGS 84) från övrigt fiske som inte kunde kopplas till VMS, för samma områden. Eftersom fartyg under 12 meter inte är ålagda att använda VMS-utrustning användes även kompletterande data för små fartyg för att på ett mer detaljerat sätt kartlägga mindre fartygs aktiviteter i svenskt vatten. Denna del av analysen omfattade endast svenska loggböcker.

Den totala fångsten av strömming inom svenskt vatten aggregerades och analyserades på olika sätt för att undersöka den rumsliga och tidsmässiga variationen i strömmingsfisket. Resultaten från denna analys presenteras här i form av tabeller och kartor. Tabellerna togs fram genom att i en GIS-miljö summera fångsterna (detaljerade VMS-data och svenskt loggboksdata för fartyg mindre än 12 meter; punktdata), inom olika delområden (polygoner) som representerar: (i) området innanför trålgränsen (4 nautiska mil från baslinjen); (ii) området mellan trålgänsen och territorialvattengränsen (4-12 nautiska mil från baslinjen); (iii) vatten utanför territorialvattengränsen, dvs. svensk ekonomisk zon, inom olika Ices delområden (Figur 6). I de data som användes i analyserna fanns även information om fartygsstorlek och redskapstyp. Förutom total landning analyserades även fördelningen av fångsten enligt tre storleksklasser på fartyg (<12, 12-24 och >24 meter), samt enligt fyra redskapstyper (bottentrål, pelagisk trål, vad/not och passiva redskap).

Kartorna i rapporten skapades genom att göra raster (0.05×0.05 graders rutnät WGS84), dvs. summera strömmingsfångster inom rutor i ett rutnät, av det detaljerade VMS-data som erhöles från alla länder. Djupzoner djupare eller grundare än 50 meter erhöles genom att skapa polygoner av rasterdata från Baltic Sea Bathymeter Database (<http://data.bshc.pro/-2/57.9/22.3>).



Figur 6. Analyserade delområden inom svenskt vatten. Blått visar området innanför trålgränsen (4 nm), grönt visar området mellan trålgränsen och den svenska territorialvattengränsen (4-12 nm), och rött visar svensk ekonomisk zon. Inom trålgränsen finns undantagsområden där visst trålfiske sker, men dessa visas inte i denna kartbild.

Totala strömmingsfångster i svenskt vatten

Totalt sett är den årliga medelfångsten av strömming i Östersjön för 2012-2021 ungefär 230 000 ton (medelfångst för allt tillgängligt data), varav svenskt fiske står för ungefär 25%. Inom svenskt vatten (Figur 6), är den totala medelfångsten för alla länder cirka 73 500 ton år^{-1} , och svenskt fiske står för cirka 57 % av fångsterna. Inom svenskt vatten i centrala Östersjön (delområde (SD) 25-29), står svenskt fiske för drygt 75% av fångsterna, och i SD 27 och 28 dominerar det svenska fisket med nära 90 % av fångsterna (tabell 2). I SD 25 är utländska och svenska fångster ungefär lika stora, medan nära 80% av fångsterna i SD 29 utgörs av svenskt fiske. Totalt sett sker de största fångsterna i SD 27 och 28 i området innanför territorialvattnets gräns (<12 nm) och då främst av svenskt fiske. I SD 25 sker de största svenska landningarna i området 4-12 nm, medan de största utländska landningarna sker utanför territorialvattengränsen (>12 nm). I SD 29 sker de största fångsterna utanför territorialvattengränsen för både svenskt och utländskt fiske. Fisket i SD 27-29

domineras av fiske med pelagisk trål och fisket sker mestadels med båtar större än 24 meter, även om det förekommer en del fiske med bottentrål (Appendix tabell 1).

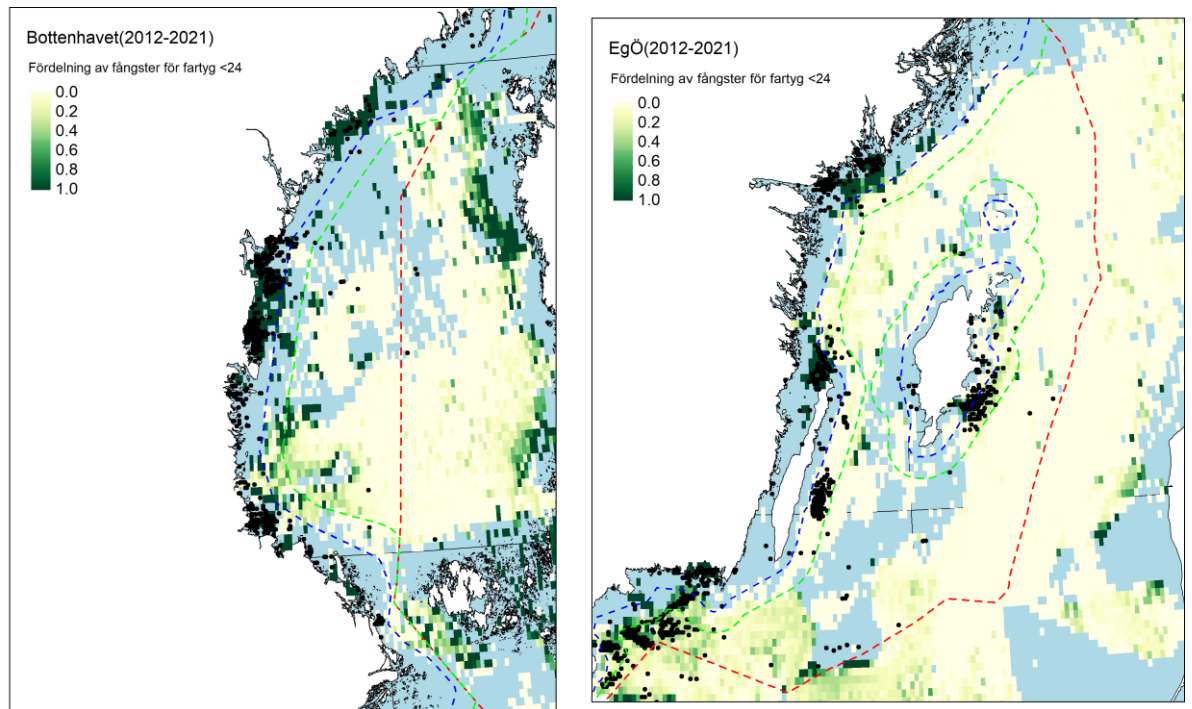
Tabell 2. Svenska och utländska medelfångster (i ton per år för 2012-2021) av strömming i svenskt vatten. Fångsterna anges separat för tre zoner - innanför trålgränsen (4 nm), mellan trålgränsen (4 nm) och gränsen för svenskt territorium (12 nm), eller i svensk ekonomisk zon (EEZ). VMS-data och svenska loggboksdata för fartyg under 12 meter har använts för att skapa denna tabell.

Delområde	Fångstland	<4 nm	4-12 nm	EEZ	Total
25	Sverige	459(8%)	3138(56%)	2017(36%)	5614
25	Annat land	14(0%)	518(11%)	4351(89%)	4883
26	Sverige	0(0%)	0(0%)	2136(100%)	2136
26	Annat land	0(0%)	0(0%)	1766(100%)	1766
27	Sverige	2152(19%)	6739(60%)	2430(21%)	11321
27	Annat land	23(2%)	758(57%)	558(42%)	1339
28	Sverige	366(4%)	5839(63%)	3021(33%)	9226
28	Annat land	35(2%)	560(37%)	902(60%)	1497
29	Sverige	24(1%)	1320(34%)	2506(65%)	3850
29	Annat land	17(2%)	488(45%)	585(54%)	1090
30	Sverige	402(4%)	589(5%)	10148(91%)	11139
30	Annat land	211(1%)	1132(5%)	19466(94%)	20809
31	Sverige	79(100%)	0(0%)	0(0%)	79
31	Annat land	0(0%)	0(0%)	2(100%)	2

Strömmingsfisket i svenskt vatten i Bottenhavet (SD 30) utgör cirka 43 % av den totala fångsten i svenskt vatten. Det svenska fisket står här endast för cirka en tredjedel av fångsterna, medan Finland står för resten. De absolut största fångsterna sker utanför territoriet och endast 5 % av fångsterna (både svenska och finska) sker i området 4-12 nm. Det förekommer ett visst fiske med bottentrål, men det pelagiska fisket dominerar. Nästan 90 % av landningarna görs av båtar större än 24 meter som fiskar med pelagiska trålar (tabell A1).

En mer detaljerad analys visar att strömmingsfångsterna domineras av stora fartyg (fartyg > 24 m) i stora delar av både Bottenviken och centrala Östersjön (figur 7;

figur A1-A3). I kustnära områden fångas dock en del strömming av mindre fartyg (12-24 meters båtar) Landningspositionerna för de minsta fartygen (<12 meter) som fiskar både med trål och passiva redskap (~21 % pelagisk trål; ~22% bottentrål; ~49 % passiva redskap; 8% not) tenderar också att överlappa med områden där fartyg av storleksklassen 12-24 meter dominerar fiskets uttag.



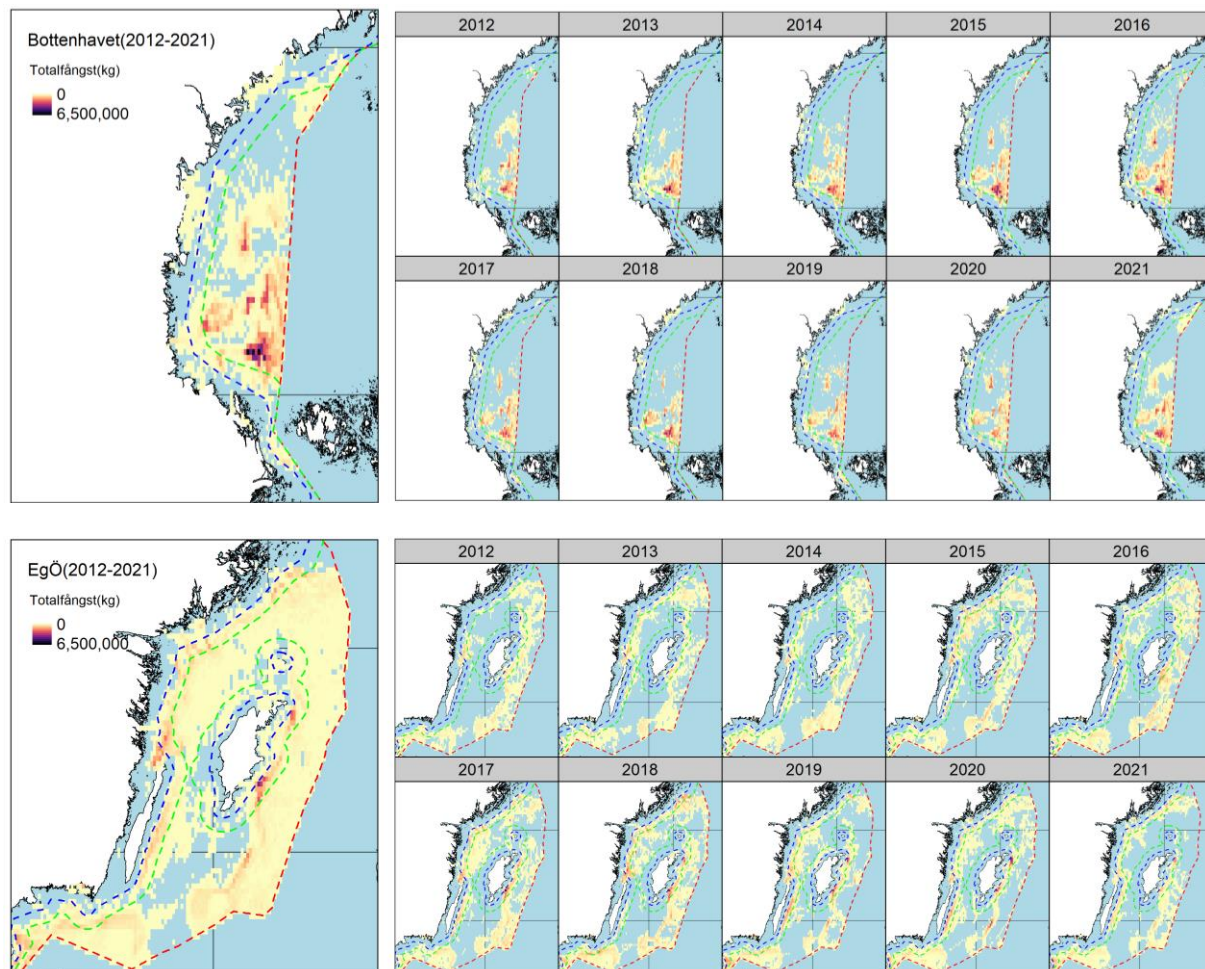
Figur 7. Rumslig fördelning av strömmingsfångster för små och stora fiskefartyg under 2012-2021. Kartorna visar kvoten mellan totalfångst för båtar av storleken 12-24 meter och totalfångst för alla båtar över 12 meter. Grönt innebär att 12-24 meters båtar dominerar fisket inom ett område och vitt innebär att stora fartyg (över 24 meter) dominerar fisket. Blått visar områden utan strömmingsfångst under 2012-2021. Totalfångsterna är aggregerade inom ett 0.05 x 0.05 graders rutnät (WGS 84) och kvoten har beräknats för varje ruta. Vänstra panelen visar Bottenhavet och högra panelen centrala Östersjön. Små svarta punkter visar GPS-positioner från loggboksdata för båtar mindre än 12 meter. Loggbokspositionerna har lägre noggrannhet än VMS-datat, men ger en överblick av områden där småskaligt kustfiske pågår.

Rumslig och tidsmässig variation av strömmingsfångster i svenskt vatten

Detaljerade analyser av VMS-data visar att fisket generellt sett fångar stora mängder strömming inom geografiskt väl avgränsade områden, både i Bottenhavet och centrala Östersjön (figur 8).

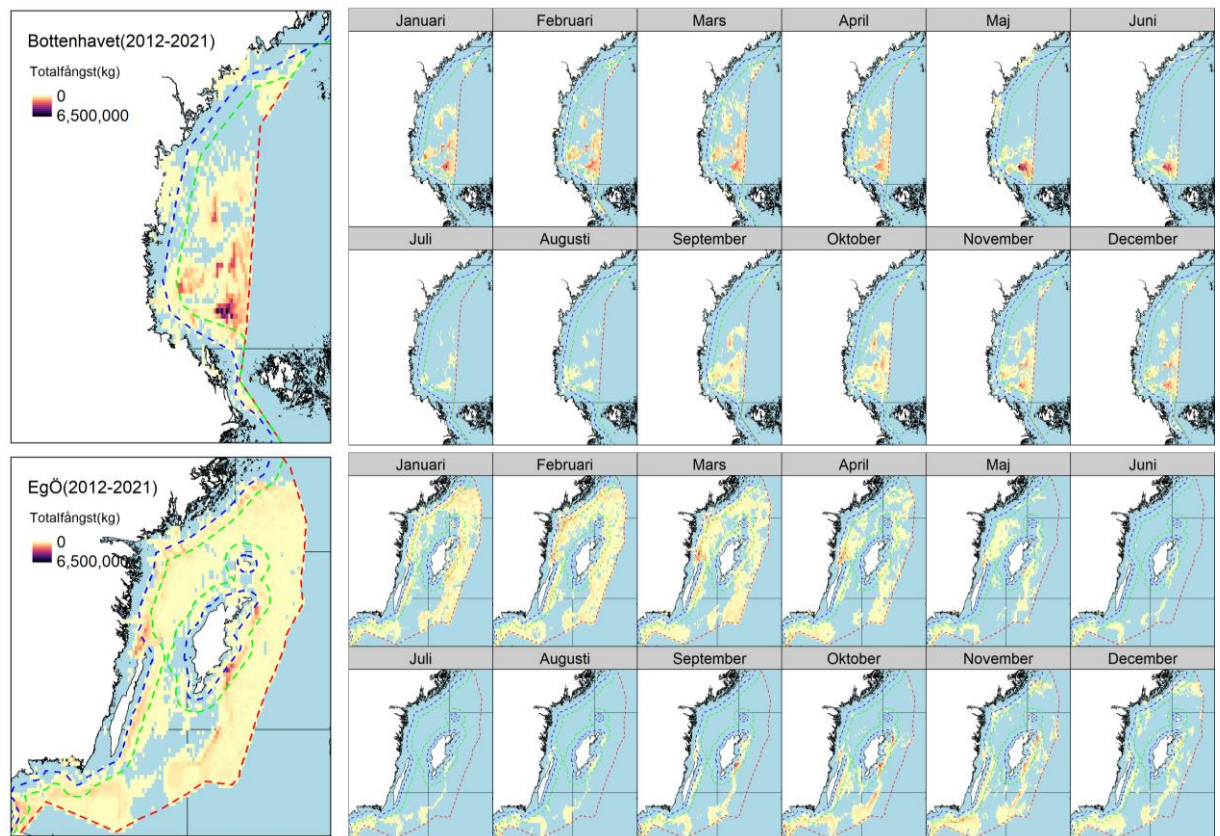
Även om den totala fångsten inom olika delområden varierat något mellan år (figur A1-A3), har den geografiska fördelningen av strömmingsfångsterna inte varierat

nämnvärt mellan år för 2012-2021 (figur 8). De totala fångsterna av strömming för perioden 2012-2021 ger således en relativt god bild av den årsvisa geografiska fördelningen av fisket och visar att vissa områden är att betrakta som hotspots. Det bör dock nämnas att fisket utanför svenskt vatten även kan påverka strömmingen inom svenskt vatten. Vissa områden utanför svensk ekonomisk zon skulle således kunna vara viktiga att ta hänsyn till i ett val av försöksområden för det vetenskapliga experimentet.



Figur 8. Strömmingsfångst per år i svenskt vatten för perioden 2012-2021. De stora panelerna visar alla länders totalfångst av strömming i Bottenhavet (de övre panelerna) respektive centrala Östersjön (de nedre panelerna) under tidsperioden 2012-2021. Små paneler visar strömmingsfångst per år. Färgskalan i de små panelerna anger fångst i relation till den maximala fångsten i någon ruta under något år för 2012-2021. Den blå streckade linjen visar trålgränsen (4 nm), den gröna streckade linjen visar gränsen för svenskt territorialvatten (12 M) och den röda streckade linjen visar gränsen för svensk ekonomisk zon. Strömmingsfångsterna är summerade i ett 0.05×0.05 graders rutnät (WGS 84). VMS-data har använts för att skapa denna figur.

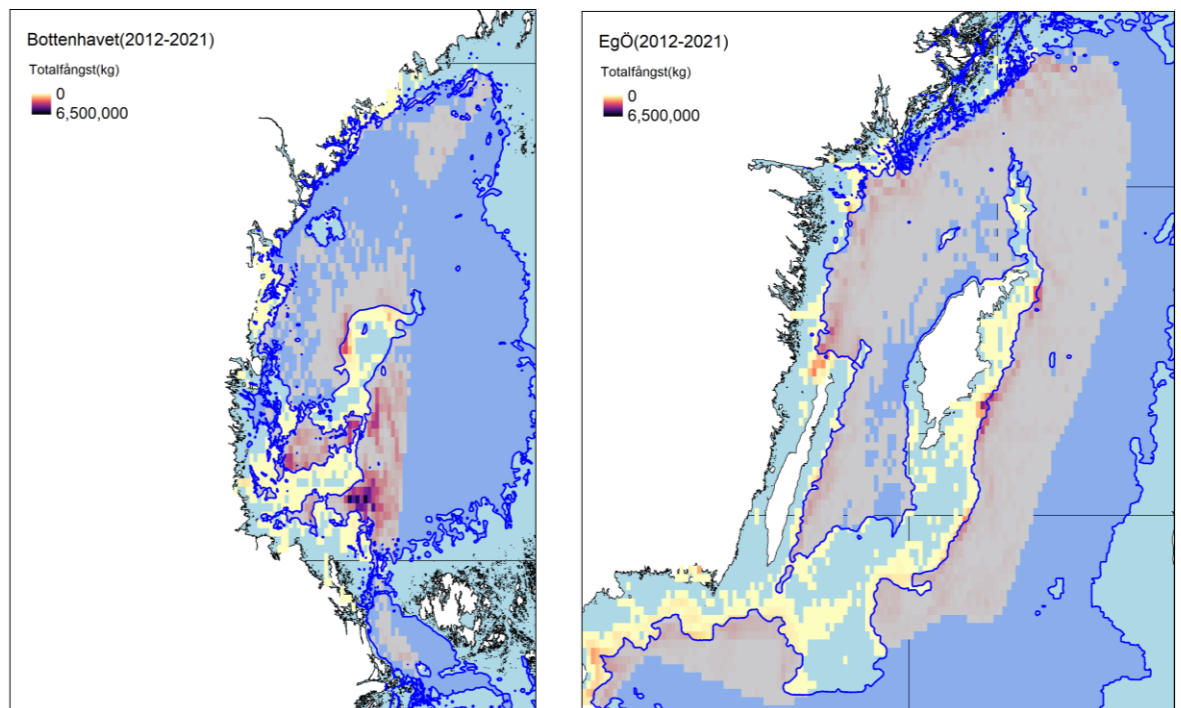
Den säsongsmässiga variationen i strömmingsfisket är betydligt större än den årsmässiga variationen (jmf. små paneler i figur 8 och figur 9). Stora fångster av strömming sker i Bottenhavet under årets samtliga månader, förutom under juli och augusti månad då fångsterna är låga. I Bottenhavet (övre panelerna figur 9) fångas stora mängder strömming i några geografiskt avgränsade områden i svensk ekonomisk zon (mellan grön och röd streckad linje). Fångsterna är spridda mellan dessa områden under stora delar av året, men under maj och juni månad är fisket tydligt koncentrerat till ett geografiskt område i södra delen av Bottenhavet (figur 9). I centrala Östersjön är strömmingsfångsterna störst i början på året och lägst under juni till augusti. Fångsterna är mer geografiskt spridda under januari-mars månad för att senare under året (september-december) vara mer koncentrerade till vissa områden, till exempel öster om Gotland.



Figur 9. Genomsnittlig strömmingsfångst per månad i svenskt vatten för åren 2012-2021. Stora paneler visar den totala fångsten av strömming i Bottenhavet (de övre panelerna) respektive centrala Östersjön (de nedre panelerna) under tidsperioden 2012-2021. Små paneler visar medelfångsten av strömming per månad för perioden 2012-2021. Färgskalan i de små panelerna är baserad på medelfångst under en månad i relation till den maximala medelfångsten i någon ruta under någon månad för perioden 2012-2021. Den blå streckade linjen visar trålgränsen (4 nm), den gröna streckade linjen visar gränsen för svenskt territorium (12 nm) och den röda streckade linjen visar gränsen för svensk ekonomisk zon. Strömmingsfångster är summerade i

ett 0.05 x 0.05 graders rutnät (WGS 84). VMS-data har använts för att skapa denna figur.

En viktig parameter, som särskilt vintertid kan påverka förekomsten av strömming, är vattendjup. I figur 10 visas därför fördelningen av totala strömmingsfångster för 2012-2021 i relation till djup. Analysen visar att de största fångsterna av strömming görs i nära anslutning till djupkurvan för 50 meter (motsvarande figurer för 30 respektive 70-meters djupkurvor visas i figur A4 & A5). I centrala Östersjön är de största strömmingsfångsterna koncentrerade nära djupkurvan för 50-meter. I Bottenhavet tas de största strömmingsfångsterna i områden djupare än 50 meter (Figur 10).



Figur 10. Relationen mellan djup och strömmingsfångst inom svenskt vatten. Kartorna visar total fångst av strömming (gula rutor liten fångst och mörka rutor stor fångst) i svenska vatten i Bottenhavet (vänstra panelen) respektive centrala Östersjön (högra panelen) för 2012-2021. Den mörkblåa linjen visar djupkurvan för 50 meter. De mörkare blå områdena, som avgränsas med djupkurvan, visar vatten djupare än 50 meter. VMS-data har använts för att skapa denna figur.

6. Populationsgenetiska mönster hos strömming i centrala Östersjön och Bottniska viken

Pågående studier

I skrivande stund analyseras ett stort antal prover av strömming med avseende på populationsgenetiska mönster. Dessa prover är i huvudsak på lekande fisk från det svenska kustnära fisket samt från det pelagiska fisket i utsjön och som utgör strömming i olika mognadsgrad. I detta avsnitt presenteras preliminära resultat från lekmogen strömming insamlad under längs svenska ostkusten under 2021. En sammanställning över prover och genetiska data som finns tillgängliga presenteras i tabell 3.

Tabell 3. Sammanställning av prover som med pågående analyser för ca 5000 SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms, variation i enskilda baspar i den genetiska koden). Tillgängliga data presenteras i denna rapport.

Typ av prov	Geografisk täckning	Antal prover totalt	Antal för sekvensering	Data tillgängligt	Ansvariga universitet
Lekprover	Hela ostkusten	11932	2637	Presenteras i denna rapport	SU/SLU
Prover från pelagiskt fiske	SD 25-29, 30	750 +	757	Analyseras under 2023-2024	SLU/SU/UU
I huvudsak lekprover, analyserade map dioxinhalter	SD 30, SD 25	496	496	Presenteras i denna rapport	UU/SLU
Prover med tillhörande dietanalyser	Hela ostkusten	2474	60	Analyseras under 2023-2024	SLU/UU

Populationsgenetiska mönster i centrala Östersjön och Bottniska viken

Genetiska studier av strömming i Östersjön och Bottniska viken har identifierat skillnader mellan strömming från olika områden och lektider och kopplat dessa skillnader till ekologiska anpassningar, framför allt associerat med vår- och höstlek och till viss del även sommarlek (t. ex. Lamichhaney m.fl. 2012; Martinez-Barrio m.fl. 2016; Hill m.fl. 2019; Pettersson m.fl. 2019; Han m.fl. 2020).

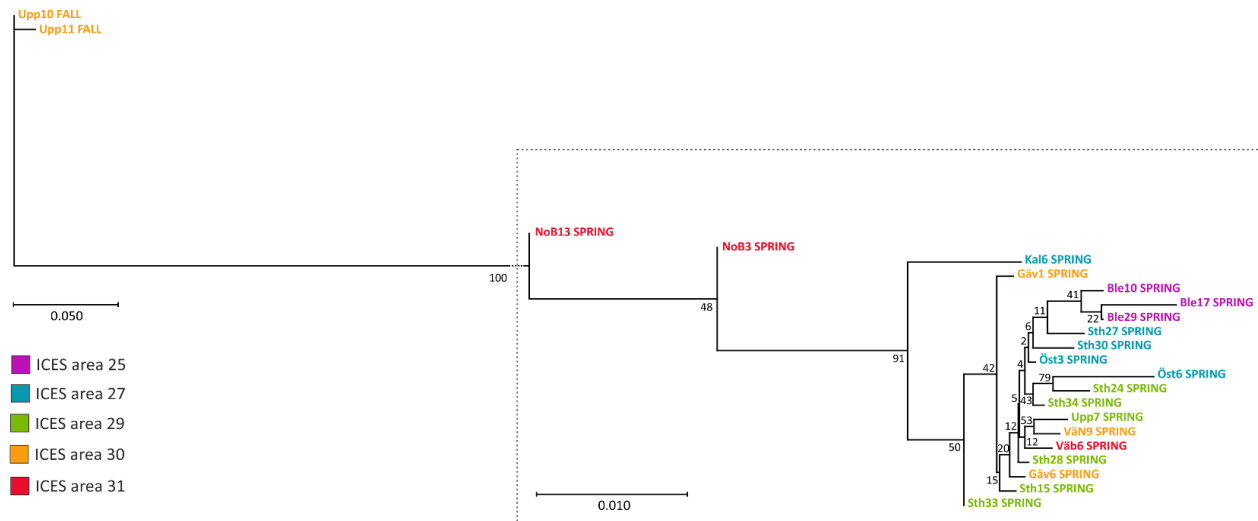
2022 levererade SLU och SU ett underlag till HaV: Preliminär rapportering avseende frågeställningen: finns det genetiska skillnader bland vårlekande strömming i ICES delområden 27 och 29 (Wennerström m.fl. 2022). I detta material presenterades

resultat från analyser av främst vårlekande strömming inom ICES delområden 27 och 29, men även från två prover av höstlekande strömming från Upplandskusten och ett fåtal prover från delområde 25, 30 och 31 (Figur 11). För analyserna användes 47 genetiska markörer (SNPs, Single Nucleotide Polymorphisms), framför allt framtagna för att skilja på höst- och vårlekande strömming.



Figur 11. Insamlingsplatser för strömming i Wennerström m.fl. (2022). Alla prover representerar vårlekare förutom Upp10 och Upp11 som representerar höstlekare..

Dessa analyser visade att det finns genetiska skillnader mellan populationer i Centrala Östersjön och Bottniska viken (Wennerström m.fl. 2022). De största genetiska skillnaderna identifierades mellan prover som representerade höst- och vårlekande strömming (Figur 12, Tabell 4), men vissa genetiska skillnader återfanns också mellan prover av vårlekande strömming. Särskilt ett prov från Kalmar län skiljde ut sig från övriga prover av vårlekande strömming. Statistiskt signifikanta genetiska skillnader fanns även mellan prover från ICES delområde 31 och övriga vårlekande bestånd från svenska ostkusten.



Figur 12. Ett fylogenetiskt träd som illustrerar det genetiska förhållandet mellan stickprov från ICES-delområde 25, 27, 29, 30 och 31, där ”FALL” och ”SPRING” indikerar prover från höst- respektive vårlekare. Trädet bygger på Nei’s D_A distance, som är ett mått på genetiskt avstånd, där längre grenavstånd innebär större genetisk skillnad. Bootstrap-värden (i procent) längs grenarna anger sannolikheten för att de representerar en verklig skillnad. Notera att trädet är uppdelat i två delar som har olika skalor för grenlängd. Från Wennerström m.fl. 2022.

Tabell 4. Parvisa F_{ST} -värden mellan prover med individer i gonadstadie 6 (pågående lek) och provstorlek >20 . Proverna är sorterade från norr till söder inom ICES delområden, men prover från höstlekande strömming (delområde 30) är placerade sist (längst till höger respektive längst ner). Statistiskt signifikanta jämförelser står i fetstil och är färglagda, ju högre F_{ST} -värden desto mörkare färg. Statistiska tester här utförda med hjälp av programmet Genepop. SD=delområde. Negativa F_{ST} -värden tolkas som $F_{ST}=0$. Från Wennerström m.fl. 2022.

	NoB13	NoB3	Väb6	VäN9	Gäv1	Gäv6	Upp7	Sth15	Sth28	Sth24	Sth34	Sth33	Sth30	Sth27	Öst3	Öst6	Kal6	Ble29	Ble10	Ble17	Upp10	Upp11
NoB13			SD 31																			
NoB3	0.008																					
Väb6	0.014	0.011																				
VäN9	0.023	0.019	0.001																			
Gäv1	0.022	0.017	0.002	0.009																		
Gäv6	0.022	0.021	0.001	0.012	-0.003																	
Upp7	0.010	0.014	-0.001	-0.001	0.006	0.008																
Sth15	0.030	0.017	-0.001	0.005	-0.004	-0.007	0.007															
Sth28	0.023	0.016	-0.004	0.000	0.000	-0.004	0.000	-0.007														
Sth24	0.058	0.050	0.009	0.020	0.012	0.003	0.021	-0.001	0.003													
Sth34	0.020	0.026	-0.006	0.000	0.002	-0.004	0.001	-0.006	-0.009	0.001												
Sth33	0.018	0.010	-0.002	0.012	-0.004	-0.005	0.004	-0.010	-0.005	0.012	-0.004											
Sth30	0.040	0.035	0.011	0.015	0.006	0.002	0.016	0.000	0.004	0.009	-0.001	-0.004										
Sth27	0.028	0.019	0.001	0.004	0.013	0.006	0.000	0.004	-0.002	0.010	0.003	0.002	0.008									
Öst3	0.027	0.026	0.002	0.003	0.007	-0.001	0.000	0.003	-0.002	0.009	-0.002	0.007	0.005	0.001								
Öst6	0.042	0.044	0.013	0.021	0.001	-0.002	0.011	0.006	0.002	0.010	0.001	0.005	0.011	0.013	0.005							
Kal6	0.098	0.052	0.081	0.070	0.069	0.086	0.069	0.068	0.073	0.108	0.086	0.053	0.064	0.060	0.086	0.106						
Ble29	0.044	0.036	0.026	0.034	0.019	0.019	0.024	0.019	0.022	0.036	0.024	0.007	0.012	0.011	0.028	0.026	0.038					
Ble10	0.038	0.037	0.020	0.026	0.019	0.018	0.017	0.020	0.017	0.027	0.025	0.017	0.020	0.007	0.017	0.026	0.067	0.009				
Ble17	0.061	0.046	0.049	0.055	0.041	0.038	0.038	0.041	0.042	0.063	0.050	0.027	0.028	0.023	0.042	0.048	0.042	0.005	0.007			
Upp10	0.564	0.549	0.607	0.628	0.617	0.627	0.624	0.625	0.624	0.664	0.636	0.597	0.628	0.628	0.638	0.668	0.591	0.600	0.627	0.616		Höst
Upp11	0.569	0.552	0.612	0.636	0.623	0.633	0.632	0.633	0.630	0.672	0.644	0.603	0.635	0.637	0.643	0.678	0.602	0.606	0.635	0.625	0.003	

F_{ST} (%)

NS

0-2.5

2.5-5

5-7.5

7.5-10

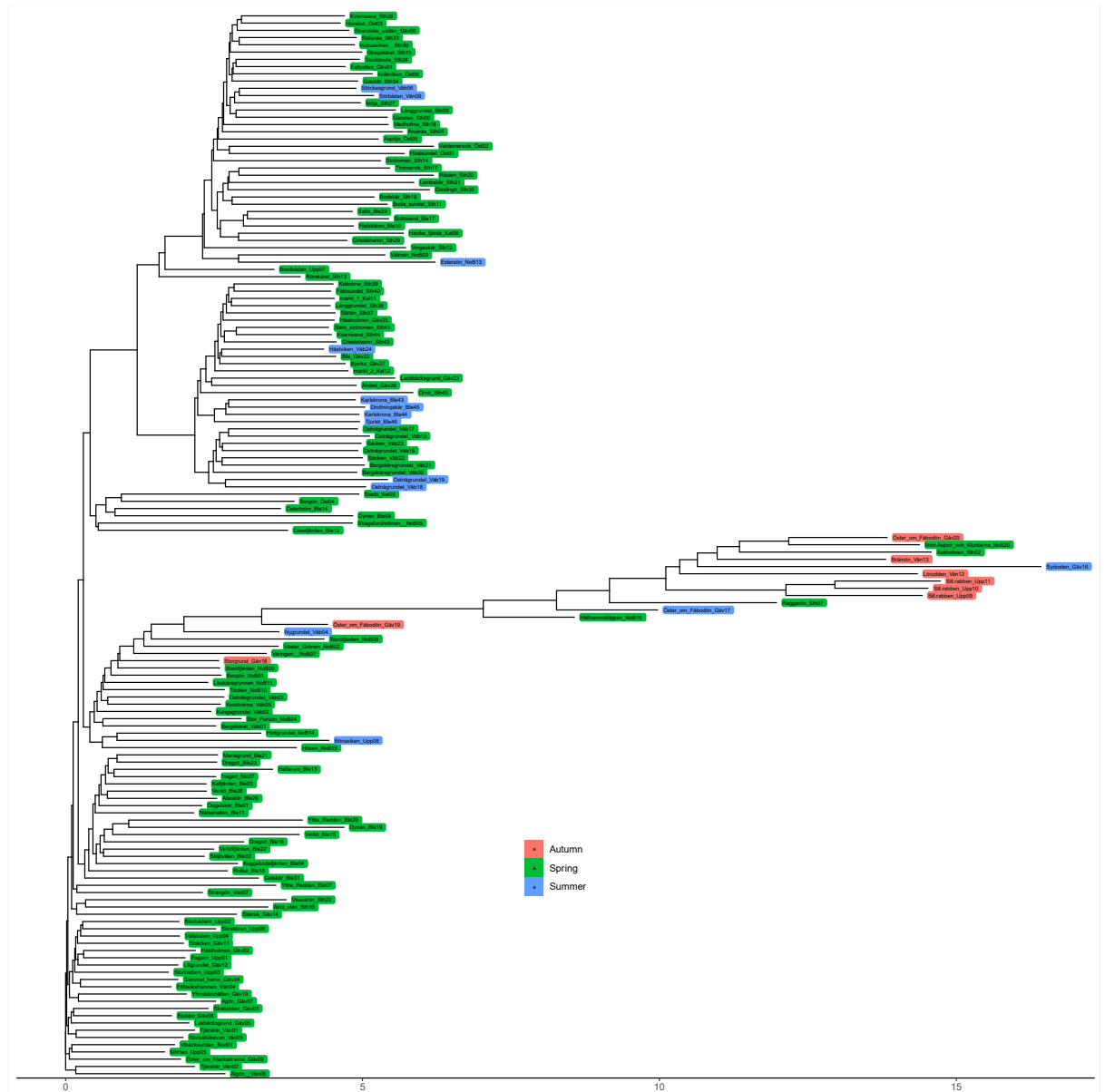
>10

NS= ej signifikant

I uppföljande arbete sekvenserades 4 838 individer från totalt 151 prover av lekande strömming för ca 4 000 SNPs (Figur 13). De sekvenserade individerna utgjordes samtliga av individer med gonadstatus 5 (nära lek) eller 6 (pågående lek). I följande figurer presenteras endast resultat från individer med gonadstatus 6, det vill säga lekande fisk. De första resultaten från detta arbete tyder på en genetisk struktur som är komplex och inte har en enkel geografisk koppling till avgränsade geografiska områden eller avstånd mellan dessa (Laikre och Johannesson 2023). Generellt fanns de största genetiska skillnaderna mellan höst- och vårlekande strömming och dessa skillnader kopplade till lektid var större än genetiska skillnader mellan havsområden längs svenska ostkusten. Ett antal prover från vårlekande strömming grupperade sig dock genetiskt med höstlekande strömming, och även det motsatta förekom, det vill säga att strömming som fångats under pågående lek på hösten genetiskt grupperades med vårlekare (Figur 14). Det är viktigt att påpeka att denna mismatch mellan lektid och hur individer grupperar genetiskt inte gällde enstaka individer, utan samtliga eller merparten av individer från ett visst provtillfälle. Höstlekare som genetiskt grupperade med vårlekare hade även genetiska skillnader mot övriga höstlekare. Det tycks därför inte handla om enstaka individer som leker vid en annan tidpunkt på året utan lokala populationer som har ett unikt genetiskt mönster.



Figur 13. Positioner för insamlade prover av strömming 2021 och 2022 som ingår i den genetiska kartläggningen av artens genetiska struktur. Från Laikre och Johannesson 2023.



Figur 14. Så kallat ”Neighbor-joining-dendrogram” som baseras på både adaptiva och neutrala SNPs ($n=4003$) erhållit med programmet Ape (Paradis och Schliep 2019). Grafen baseras på en distansmatris, som beräknas på basis av likhet i allelfrekvenser mellan olika prover, med hjälp av programmet Plink2 (Purcell m.fl. i press). Proverna ($n=149$) är färgkodade efter säsong när de samlats in, enligt grön=vår, blå=sommar, röd=höst. Samtliga prover är på lekmogen fisk (gonadstadium 6). Det framgår en tydlig struktur så att höstlekare bildar en separat grupp. Men bilden visar också att flera vårlekande bestånd genetiskt grupperas tillsammans med höstlekare, och motsvarande för två prov av sommarlekare samt två höstlekande bestånd som genetiskt grupperas med vårlekare. Från Laikre och Johannesson (2023).

Under 2022 och 2023 genomfördes en studie finansierad av Jordbruksverket och BalticWaters2030 där strömming från Gävlebukten och Hanöbukten studerades och sekvenserades i ca 2 500 SNPs (Andersson 2023). Syftet med denna studie var att identifiera bestånd särskilt lämpade för humankonsumtion genom att även analysera dioxinhalter i proverna. Åtta prover från Gävlebukten och nio prover från Hanöbukten analyserades. Resultaten från studien visade återigen att de största genetiska skillnaderna återfinns mellan strömming som samlats in som lekmogen under hösten respektive våren. Ett prov insamlat på sent på hösten efter lektid vid Eggegrund i Södra Bottenhavet innehöll både strömming som grupperades bland höst- och vårlekande, vilket tyder på att bestånden i detta område blandas utanför lektid. I Hanöbukten hittades inga genetiska skillnader mellan sill fångad under maj och juli. Detta tyder på att den vårlekande sillen sannolikt är kvar i området även efter lek.

Ett av proverna från Gävlebukten utgjordes av ett prov från den så kallade ”Slåttersillen” som utpekats av en lokal kustfiskare som ett ovanligt storvuxet bestånd som leker något senare på året jämfört med annan strömming i området. ”Slåttersillen” var tydligt genetiskt skild från övriga prover av vårlekare från Gävlebukten. ”Slåttersillen” var även betydligt större än annan strömming från Gävlebukten. ”Slåttersillen” var i medel 28.5 cm och vägde i genomsnitt 192 gram, vilket kan jämföras med de andra proverna från Gävlebukten där medellängden var 18.5-19.9 cm och medelvikten 38-51 g. ”Slåttersillen” hade även lägre dioxinhalter än övriga prover från Gävlebukten (Andersson 2023).

Det fanns genetiska skillnader generellt mellan den vårlekande strömmingen från Gävlebukten och den från Hanöbukten. Dessa skillnader var dock mindre än mellan höst- och vårlekande strömming och även mindre än mellan det unika beståndet ”slåttersill” och övriga prover från Gävlebukten.

7. Underlag för utökad provtagning

Strömmingsbestånden i Östersjön övervakas längs kusten genom olika provfiske och i utsjön genom vetenskapliga expeditioner. Vidare finns omfattande övervakningsprogram av yrkesfiskets fångster. Delar av övervakningen regleras i EUs datainsamlingsförfordningar (EU 2017/1004) medan andra sker på nationellt initiativ. SLU är den huvudsakliga utföraren av övervakningen men även länsstyrelserna genomför övervakningsinsatser. Övervakningen längs kusten sker oftast med standardiserade nät medan övervakningen i utsjön sker med hjälp av hydroakustik (ekolod) och flyttrål.

Målet för övervakningen är att skatta trender i beståndens storlek, lokalt eller för hela beståndets förvaltningsområde. För att göra det räknas, längdmäts och åldersbestäms fisken. Vidare görs provtagning av individer för att bland annat studera kondition och könsmognad. Förbättrade möjligheter till analys av strömmingens DNA har

också inneburit att den biologiska provtagningen kompletterats, där det varit möjligt, med genetisk provtagning.

För att kunna följa upp effekter av områdesstängningar är det centralt att utöka kunskapen om populationsstruktur och vandringsmönster hos strömmingen. Förutom genetisk provtagning är kemisk analys av olika vävnader, som otoliter och fjäll, av betydelse för att öka denna kunskap.

Utökad övervakning i syfte att följa upp effekterna av stängda områden/trålgräns utflytt kan därför innefatta:

- Utökade provfisker längs kusten, i områden som bedöms vara intressanta för försöket. Det kan vara av intresse både att återuppta provfisker i områden där det finns äldre data och att starta nya fisker där tidigare data saknas.
- Förbättrad provtagning av yrkesfiskets fångster (kustnära och utsjö)
- Utökad individprovtagning av strömming i befintliga övervakningsprogram
- Utökad genetisk provtagning samt kemisk analys av otoliter och annan vävnad för den strömming som provtas biologiskt.

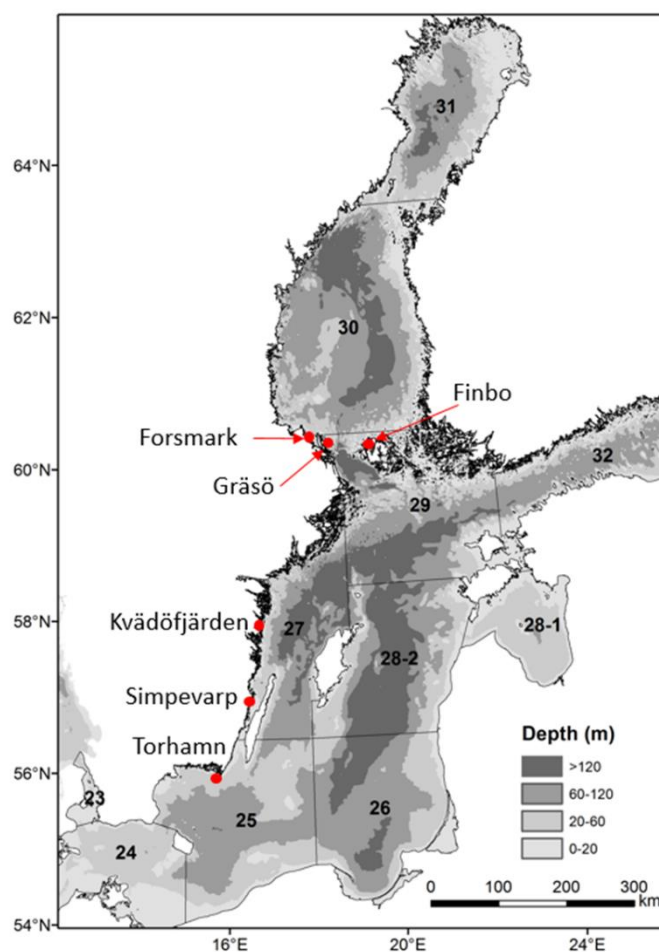
Exakt vilken uppföljning som behövs kommer bero på den slutliga utformningen av områdena.

Pågående- och förslag på utökade provfisker

Tabell 5 visar pågående övervakningsprogram där strömming är en av målarterna. I tabellen anges också vilka typer av data som samlas in samt eventuella förslag för utökning. I vissa områden föreslås även ett utökat fiske för att täcka en längre tidsperiod över året i syfte att utvärdera lekperioder för vår- och höstlekande strömming. Detta visas i tabell 6. Notera att eventuella ytterligare utökningar kan komma att föreslås, bland annat beroende på hur områdena utformas.

Även provfisker som inte i första hand är inriktade på strömming, kan ge information (trender) om strömmingsbeståndens status. SLU genomför årligen ett antal sådana provfisker med nät längs kusten. Var dessa bedrivs visas i figur 15. Även den årliga bottentrålningsexpeditionen BITS på kan på liknande sätt bidra till kunskap även om strömming inte är en måltart för expeditionen.

Vad som menas med individprovtagning respektive utökad individprovtagning summeras i tabell 7 och 8.



Figur 15. Karta över ICES subdivisioner (ICES SD) och föreslagna lokaler för provfisker enligt tabell 5 och 6.

Tabell 5. Pågående övervakning av strömming i Östersjön.

Area	ICES SD	Tidsp eriod	Redskap	Vad samlas in?	Komment ar	Förslag
Forsmark	30	Augu sti	Nordiska kustöversik tsnät	Artsammansä ttning, fångst per ansträngning, längdfördelni ng	Analys av ålder och DNA inte finansiera t	Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Forsmark	30	Okto ber	Kustöversik tsnät	Artsammansä ttning, fångst per ansträngning, längdfördelni ng	Analys av ålder och DNA inte finansiera t	Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska parametrar och DNA

Forsmark	30	v 17–24 och 38–49	Silstation på kärnkraftverk	Artsammansättning, längdfördelning	Analys av ålder och DNA inte finansierat	Extra insamling av strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Kvädöfjärden	27	Augusti och oktober	Nordiska kustöversikttnät och nätlänkar	Artsammansättning, fångst per ansträngning, längdfördelning	Analys av ålder och DNA inte finansierat	Extra insamling av strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Simpevarp	27	Vår	Kustöversikttnät	Artsammansättning, fångst per ansträngning, längdfördelning	Analys av ålder och DNA inte finansierat	Extra insamling av strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Torhamn	25	Augusti	Nordiska kustöversikttnät	Artsammansättning, fångst per ansträngning, längdfördelning	Analys av ålder och DNA inte finansierat	Extra insamling av strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Finbo, Åland	29	Augusti	Nordiska kustöversikttnät	Artsammansättning, fångst per ansträngning, längdfördelning	Analys av ålder och DNA inte finansierat	Fångst- och individdata, Ålands landskapsregering utför fisket. Extra insamling av strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA SLU utför individprovtagning
Bottenhavet	30	v 38–40	Flyttrål, akustik (BIAS Aranda)	Täthetströmning, längdfördelning, biologiska parametrar		Extra insamling av strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA.

Eg. Östersjön	29N	v 38–40	Flyttrål (BIAS Aranda)	Täthetströmning, längdfördelning, biologiska parametrar		Extra insamling av strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA.
Eg. Östersjön	28	v 40–42	Flyttrål (BIAS Svea)	Täthetströmning, längdfördelning, biologiska parametrar		Extra insamling av olika typer av vävnadsprov från strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA.
Eg. Östersjön	27	v 40–42	Flyttrål (BIAS Svea)	Täthetströmning, längdfördelning, biologiska parametrar		Extra insamling av olika typer av vävnadsprov från strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA.
Eg. Östersjön	25	v 40–42	Flyttrål (BIAS Svea)	Täthetströmning, längdfördelning, biologiska parametrar		Extra insamling av olika typer av vävnadsprov från strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA.
Eg. Östersjön	27	Maj	SPRAS-expeditionen trål	Täthetströmning, längdfördelning, biologiska parametrar		Extra insamling av olika typer av vävnadsprov från strömning för provtagning av biologiska parametrar och DNA.

Eg. Östersjön	25-29	Hela året när fiske bedrivs	Provtagnin g av yrkesfiskets fångster (trålare)	Längdfördelning, biologiska parametrar, DNA	Analys av DNA inte finansierat	Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Eg. Östersjön	25-29	Hela året när fiske bedrivs	Provtagnin g av yrkesfiskets fångster (garnfiske)	Längdfördelning, biologiska parametrar, DNA	Startades 2022. Logistiskt utmanande. Större fokus behövs för att lyckas bättre. Analys av DNA inte finansierat	Utökad provtagning för att provta flera fångster. Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska parametrar och DNA.
Bottenhavet	30-31	Kvartal 2-3	Provtagnin g av yrkesfiskets fångster (skötar)	Längdfördelning, biologiska parametrar	Analys av DNA inte finansierat	Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Bottenhavet	30	Kvartal 2-4	Provtagnin g av yrkesfiskets fångster (trålare)	Längdfördelning	Analys av DNA inte finansierat	Införliva SD30 i den design som finns för 25-29 så individprover kan tas. Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Eg. Östersjön	25-29	Hela året när fiske bedrivs	Ombordprovtagning yrkesfiskets fångster	Artsammansättning fångster, bifångster, storleksfördelning	Analys av DNA inte finansierat	Ombordprovtagning SD30.
Bottenhavet	30	Hela året när fiske	Ombordprovtagning yrkesfiskets fångster	Artsammansättning fångster, bifångster,	Analys av DNA inte finansierat	Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska

		bedri vs		storleksfördel ning		parametrar och DNA
--	--	-------------	--	------------------------	--	-----------------------

Tabell 6. Förslag på utökade kustprovfisken/insamling från yrkesfisket i Östersjön.

Area	ICES SD	Tidsperio d	Redskap	Syfte
Forsmark	30	Vår (v 17, 19, 21, 23, 25)	Kustöversiktsnät	Utökad tidsperiod för att täcka hela lekperioden under våren och upprepa provfiske från 1970- och 1980-talet och 2022. Extra insamling av strömming i samband med omgivningskontroll för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Forsmark	30	V 38	Strömmingsgarn	Extra insamling av strömming i samband med omgivningskontroll för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Gräsö	30	Oktober	Kustöversiktsnät	Återuppta tidsserie 1989–2000 Extra insamling av strömming i samband med omgivningskontroll för provtagning av biologiska parametrar och DNA
Kväddfjärden	27	Maj och juni	Strömmingsgarn	Extra insamling av strömming för provtagning av biologiska parametrar och DNA från yrkesfisket under maj och juni

Tabell 7. Individprovtagning.

Biologisk parameter	Enhet	Syfte
Totallängd	Millimeter, semi stratifierad provtagning, n=10 per halvcentimeter längdgrupp.	Längdfördelning, tillväxt, konditionsindex

Vikt	gram	Konditionsindex
Kön	hona/hane	Könsfördelning
Gonadstadium	8-gradig ICES-skala	Andel könsmogna vår- eller höstlekare, tidpunkt för lek
Otoliter	2 st <i>Sagittae</i>	Åldersbestämning, tillväxt och otolitkemi, migrationsstudier

Tabell 8. Biologiska parametrar vid utökad individprovtagning.

Biologisk parameter	Enhet	Syfte
Genetikprov	muskel	Lektyp och populationstillhörighet
Fjäll	Minst 10 st	Åldersbestämning, tillväxt och fjällkemi
Ögonlinser	2 st	Kemianalys

Dataläggning av journalföring

Viss äldre journalföring finns endast i form av pappersprotokoll i arkiv. Dessa föreslås dataläggas för att möjliggöra en historisk jämförelse av fångstdata. Även analys och eventuell dataläggning av information inom en äldre märkningsstudie av strömming på 1970-talet föreslås.

8. Förslag till försöksområden

SLU har i tidigare kunskapsunderlag visat att den säkraste åtgärden för att öka biomassan av stor strömming är att minska fiskeridödligheten, det vill säga att minska fångstkotorna för beståndet som helhet (Valentinsson m.fl. 2021; Gilljam m.fl. 2022). Den huvudsakliga bakomliggande orsaken till att en generell minskning av fiskeridödligheten är den säkraste åtgärden är att effekterna av fiskereglering i avgränsade områden är svåra att förutse, då det saknas detaljerad kunskap om strömmingens bestandsstruktur och migrationsmönster.

Mot denna bakgrund och för detta kunskapsunderlag, vars utgångspunkt inte är minskade fiskemöjligheter utan införande av spatiotemporala åtgärder motsvarande en utflyttning av trålgränsen, har SLU Aqua identifierat ett antal kriterier att utgå från i utpekandet av tänkbara försöksområden för ett begränsat eller stängt fiske. Dessa kriterier är som följer:

- Nuvarande fisketryck
- Lämpligt vattendjup för ansamlingar vid lek- och övervintring
- Genetisk bestandsstruktur

- Migrationsmönster
- Tecken på ansamling av stor strömming
- Möjligheter till uppföljning av effekter på bestånden

Kriterierna har vägt olika tungt i valet av försöksområden, framför allt då de är belagda med varierande mängd kunskap i dagsläget.

Ett försöksområde bör ha haft ett högt fisketryck de senaste åren, eftersom detta sannolikt speglar höga koncentrationer av strömming, samtidigt som en stängning eller stark begränsning av fisket kan ge en markant minskad dödlighet på lokal skala. Av ovanstående kriterier finns goda kunskapsunderlag framför allt om fiskets mönster och Östersjöns vattendjup. Därför väger dessa två kriterier tungt. Den information som finns tillgänglig vad gäller kriterierna om strömmingens migrationsmönster och genetik har använts endast som stödjande information då kunskapen är mer begränsad. Ansamling av stor sill/strömming är ett centralt kriterium för detta uppdrag men analyser av dessa mönster förväntas utföras senare under 2023, och har därför inte beaktats i detta kunskapsunderlag.

För att öka effekten av försöksområdena bör de inbegripa livsmiljöer som nyttjas av strömmingen under hela livscykel. De viktigaste lekområdena för strömming är grunda skärgårdsområden (0-15 m djup). I dessa områden sker det inte något trålfiske, dock sker fiske med andra redskap. Strömmingen ansamlas under vintern och inför lek i djupområden (>50-60 m) utanför skärgården. Beroende på kustens djupprofil (Figur 5) finns dessa områden både innanför och utanför nuvarande trålgräns (4 nm) och territorialgränsen (12 nm). I huvudsak finns dock endast en liten andel av dessa djupområden innanför nuvarande trålgräns (4 nm) och är till stor del alltså i områden exponerade för trålfiske. En utflyttning av trålgränsen från 4 till 12 nm skulle förmodligen få större effekter på strömmingsbeståndet i centrala Östersjön (SD 27-29) än i Bottenhavet (SD 30) och i södra delen av centrala Östersjön (SD 25). Baserat på fiskerianalyserna har områdena öster om Gotland och norr om Öland högst fiske i centrala Östersjön. Dessa områden ligger både innanför trålgränsen (4 nm) och i området 4-12 nm. Fisket i södra Bottenhavet är koncentrerat till den ekonomiska zonen, framför allt i de djupa områdena kring Finngrund. Där skulle troligen stängda områden i ekonomisk zon, där fisket är stort, vara en verkningsfull åtgärd.

Förekomst och utbredning av lokala lekpopulationer är inte känd i Östersjön som helhet. För att inte riskera att utarma sådana lokala populationer bör så stor del av kusten som möjligt skyddas. Regleringar av fisket bör gälla över hela året för att ge möjlighet till effekter både på vår- och höstlekande bestånd.

Möjligheter till uppföljning av försöksområden är god längs kusten i södra Bottenhavet där både pågående fiskövervakning och återupptag av äldre provfisken kan nyttjas för att beskriva förändringar av abundans och storleksfördelning av strömming på en lokal skala. I centrala Östersjön finns det möjlighet att utöka pågående provtagningsprogram för att öka kunskap om strömming. Både i Bottenhavet och i centrala Östersjön finns också möjligheter att utnyttja yrkesfisket

för insamling av data för att följa beståndsutvecklingen. SLU föreslår inte någon formell experimentell förvaltning med försöks- eller kontrollområden med uppföljning före, under och efter försöket. För att öka möjligheter till effekter på bestånden förordar SLU i stället stora försöksområden och uppföljning som baseras på utvärdering av trender i områdena. Effekter av föreslagna regleringar kan förväntas först efter flera år.

Baserat på det underlag som presenteras i denna rapport föreslår SLU att följande regleringar bör beaktas:

Bottniska viken

SLU föreslår att ett försöksområde inrättas i ett område kring Finngrunden och in till kusten i södra Bottenhavet. Detta försöksområde bör vara så stort att det innefattar samtliga områden kring Finngrunden med stora fångster av sill/strömming. SLU föreslår vidare att försöksområdet innefattar vattenområden i anslutning tillfrån Finngrunden och in till kusten. Regleringar i detta område kan förväntas påverka strömmingens hela livscykel, under antagandet att strömming som födosöker och övervintrar kring Finngrunden migrerar in till kusten i södra Bottenhavet för lek. Under förutsättning att ett stort försöksområde inrättas kring Finngrunden och i kustzonen i anslutning till Finngrunden kan regleringar även införas i ett eller två ytterligare områden längre norrut i Bottenhavet där fångsterna av sill/strömming är som störst. Områden med stora fångster av strömming finns längs kuststräckan Hudiksvall-Sundsvall samt Örnsköldsvik-Umeå inklusive havsområdet i svensk ekonomisk zon. Dessa försöksområden bör vara så stora att de innefattar områden med högt fisketryck och bör betraktas som ett tillägg och inte som ett alternativ till det föreslagna försöksområdet kring Finngrunden och anslutande kustområden.

Centrala Östersjön

Fisket i centrala Östersjön är mindre koncentrerat till enskilda områden än i Bottenhavet. Det är även känt att strömmingen migrerar längre sträckor i centrala Östersjön än i Bottniska viken. En generell utflyttning av trålgränsen i centrala Östersjön ger därför större möjligheter till observerbara effekter på bestånden än begränsade områden. SLU föreslår därför att trålgränsen generellt flyttas ut till 12 nautiska mil i de områden där lämpliga övervintringsområden, dvs områden djupare än 50 m, finns inom 12 nm från kusten. I delområden 27, 28 och 29 omfattar området ut till 12 nm till stora delar lämpliga övervintringsområden med djup större än 50 m (Figur 5). I delområde 25 är tillgången på lämpliga övervintringsområden inom 12 nm från baslinjen begränsad. Trålgränsen bör i detta område därför flyttas ut för att minst täcka in vattendjup på 50-60 m där sillen vintertid är exponerad för fiske.

Analyserna är utförda och skrivelsen författad av: Mikaela Bergenius Nord (Forskare, SLU Aqua), Lovisa Wennerström (Miljöanalysspecialist, SLU Aqua), Ulf

Bergström (Docent, SLU Aqua), Daniel Valentinsson (Forskare, SLU Aqua), David Gilljam (Forskare, SLU Aqua), Katja Ringdahl (Miljöanalytiker, SLU Aqua), Torbjörn Säterberg (Forskare, SLU Aqua), Yvette Heimbrand (Forskare, SLU Aqua), Ronny Fredriksson (Miljöanalytiker, SLU Aqua), Anders Adill (Miljöanalytiker, SLU Aqua)

Analyserna och skrivelsen är granskade av: Lena Bergström (Docent, SLU Aqua) och Mattias Sköld (Docent, SLU Aqua).

Kontaktpersoner för underlaget är Lovisa Wennerström (SLU) och Mikaela Bergenius Nord (SLU).

9. Referenser

- Andersson L. 2023. Förekomst av miljöföroreningar hos olika bestånd av Östersjösill och dess betydelse för ett uthålligt fiske. Rapport Jordbruksverket dnr 3.311-04147/2022-1.
- Aneer, G. 1989. Herring (*Clupea harengus* L.) spawning and spawning ground characteristics in the Baltic Sea. Fisheries Research 8, 169-195.
- Aro, E. 1989. A review of fish migration patterns in the Baltic. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 190: 72-96.
- Aro, E. 2002. Fish migration studies in the Baltic Sea—a historical review. In ICES Marine Science Symposia 215, 361-370.
- Bartolino, V., Margonski, P., Lindegren, M., Linderholm, H.W., Cardinale, M., Rayner, D., Wennhage, H., Casini, M., 2014. Forecasting fish stock dynamics under climate change: Baltic herring (*Clupea harengus*) as a case study. Fish. Oceanogr. 23, 258–269. <https://doi.org/10.1111/fog.12060>.
- Bailey, K. M. & Houde, E. D. Predation on Eggs and Larvae of Marine Fishes and the Recruitment Problem. Adv. Mar. Biol. 25, 1–83 (1989).
- Bergström, L. Karås, P. Modin, J. 2006. Biologiska förändringar hos strömming vid Forsmark och i Bottenhavet. Fiskeriverkets Kustlaboratorium, Öregrund.

Bergström L, Erlansson M, Putnis I, Støttrup J, Kallasvuo M, Taal I, Bergström U, Jokinen H, Plikšs M, Kokkalis A, Brown E, Husa S, Sundstöm L, Yurtseva A, Selnes T, Ustups D. 2020. Essential fish habitats in the Baltic Sea – identification of potential spawning, recruitment and nursery areas. HELCOM, 2021.

Beyer J.E., Lassen H.. The effect of size-selective mortality on the size-at-age of Baltic herring, Dana, 1994, vol. 10 (pg. 203-234)

Blaxter, J. H. S. and J. R. Hunter 1982 - The biology of clupeoid fishes. Adv. Mar. Biol. 20: 1-223.

Bucholtz R.H., Tomkiewicz J., Nyengaard J.R., Andersen J.B. 2013. Oogenesis, fecundity and condition of Baltic herring (*Clupea harengus* L.): A stereological study. Fisheries Research 145: 100-113.

Cardinale, M., Arrhenius, F., 2000. Decreasing weight-at-age of Atlantic herring (*Clupea harengus*) from the Baltic Sea between 1986 and 1996: a statistical analysis. ICES J. Mar. Sci. 57, 882–893. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0575>.

Cardinale M., Möllmann C., Bartolino V., Casini M., Kornilovs G., Raid T., Margonski P., Grzyb A., et al. 2009. Effect of environmental variability and spawner characteristics on the recruitment of Baltic herring *Clupea harengus* populations. Mar. Ecol. Prog. Ser. 388: 221-234.

Casini, M., Bartolino, V., Molinero, J.C., Kornilovs, G., 2010. Linking fisheries, trophic interactions and climate: threshold dynamics drive herring *Clupea harengus* growth in the central Baltic Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 413, 241–252. <https://doi.org/10.3354/meps08592>.

Casini, M., Cardinale, M., Hjelm, J., 2006. Inter-annual variation in herring, *Clupea harengus*, and sprat, *Sprattus sprattus*, condition in the central Baltic Sea: what gives the tune? Oikos 112, 638–650.

Casini, M., Kornilovs, G., Cardinale, M., Möllmann, C., Grygiel, W., Jonsson, P., Raid, T., Flinkman, J. and Feldman, V. (2011), Spatial and temporal density dependence regulates the condition of central Baltic Sea clupeids: compelling evidence using an extensive international acoustic survey. Popul Ecol, 53: 511-523. <https://doi.org/10.1007/s10144-011-0269-2>

Cushing, D. H. The natural regulation in fish populations. In Sea Fisheries Research (ed. Harden Jones, F. R.) 399–412 (Elek Science, London, 1974).

Erlandsson M, Fredriksson R, Bergström U 2021. Kartläggning av viktiga uppväxtområden för fisk i grunda kustområden i Östersjön. Aqua reports 2021:17, Sveriges lantbruksuniversitet.

EU 2017. Regulation (EU) 2017/1004 of 17 May 2017 of the European Parliament and the Council on the establishment of a Union framework for the collection, management and use of data in the fisheries sector and support for scientific advice

regarding the common fisheries policy and repealing Council Regulation (EC) No 199/2008.

Gilljam, D., Bartolino, V., Bergenius Nord, M., Cardinale, M., Valentinsson, D. 2022. Beställning storleksstruktur strömming i Bottniska viken (SD 30-31). SLU.aqua.2022.5.5.309. Sveriges lantbruksuniversitet.

Green, B. S. (2008). Maternal effects in fish populations. *Adv. Mar. Biol.* 54, 1–105. doi: 10.1016/S0065-2881(08)0000

Gunnartz U, Lif M, Lindberg P, Ljunggren L, Sandström A, Sundblad G 2011. Kartläggning av lekområden för kommersiella fiskarter längs den svenska ostkusten - en intervjustudie. *Finno* 2011:3.

Han F., M. Jamsandekar, M. E. Pettersson, L. Su, A. P. Fuentes-Pardo, B. W. Davis, D. Bekkevold, F. Berg, M. Casini, G. Dahle, E. D. Farrell, A. Folkvord, L. Andersson. 2020. Ecological adaptation in Atlantic herring is associated with large shifts in allele frequencies at hundreds of loci. *eLife* 9: e61076.

Hannerz, L. 1955. Strömmingsmärkningen i Bottenhavet 1954 (Tagging of herring in the Bothnian Sea in 1954). *Ostkusten (East Coast)*, 1:14-15.

Hannerz, L. 1956. Preliminary results of the herring investigations in the Bothnian Sea 1954. *Annales Biologiques du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 11:156-158.

Hill J., E. F. Enbody, M. E. Pettersson, C. G. Sprehn, D. Bekkvold, A. Folkvord, L. Laikre, G. Kleina, P. Scheerer, L. Andersson. 2019. Recurrent convergent evolution at amino acid residue 261 in fish rhodopsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116: 18473-78.

ICES, 2009. Report of the Herring Assessment Working Group for the Area South of 62 N, 17-25 March 2009. ICES Headquarters, Copenhagen. 648 p.

ICES. 2021. Herring (*Clupea harengus*) in subdivisions 25-29 and 32, excluding the Gulf of Riga (central Baltic Sea). In Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, her.27.25-2932. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7767>.

ICES. 2022. Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). ICES Scientific Reports. 4:44. 659 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.19793014>

Jönsson, N., and Biester, E. 1979. Results of tagging experiments on the Rügen spring herring 1977/78. ICES CM 1979/J:29. 13 pp.

Jørgensen, H.B.H., Hansen, M.M., Bekkevold, D., Ruzzante, D.E. and Loeschcke, V. (2005), Marine landscapes and population genetic structure of herring (*Clupea harengus* L.) in the Baltic Sea. *Molecular Ecology*, 14: 3219-3234. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02658.x>

- Kaljuste, O., Blass, M. och Söderberg, K., (2009). Research report from the Bothnian Sea spring survey (Vårsurvey, 16–25.03.2009), Fiskeriverkets Kustlaboratorium, 19 pp.
- Kallasvuo, M., Vanhatalo, J., & Veneranta, L. 2017. Modeling the spatial distribution of larval fish abundance provides essential information for management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 74, 636–649.
- Karlson, A.M.L., Gorokhova, E., Gårdmark, A. et al. Linking consumer physiological status to food-web structure and prey food value in the Baltic Sea. *Ambio* 49, 391–406 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01201-1>.
- Kornilovs, G., Sidrevics, L., Dippner, J.W., 2001. Fish and zooplankton interaction in the Central Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 58, 579–588. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1062>.
- Kulatska, N., Woods, P. J., Elvarsson, B. P., and Bartolino, V. Size-selective competition between cod and pelagic fisheries for prey. – *ICES Journal of Marine Science*, 78: 1900–1908.
- Kääriä, J., Rajasilta, M., Kurkilahti, M., Soikkeli, M. 1997. Spawning bed selection by the Baltic herring (*Clupea harengus membras*) in the Archipelago of SW Finland. *ICES J. Mar. Sci.* 54: 917–923.
- Laikre, L., K. Johannesson. 2023. Miljöövervakning av genetisk mångfald. Preliminär slutrapportering av uppdragen (dnr 1716-22; dnr 2007-21; dnr 1717-2022).
- Laine, P. & Rajasilta, M. 1999. The hatching success of Baltic herring eggs and its relation to female condition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 237: 61–73
- Lamichhaney, S., A. Martinez Barrio, N. Rafati, G. Sundström, C-J. Rubin, E. R. Gilbert, J. Berglund, A. Wetterbom, L. Laikre, M. T. Webster, M. Grabherr, N. Ryman L. Andersson. 2012. 'Population-scale sequencing reveals genetic differentiation due to local adaptation in Atlantic herring', *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 109: 19345–50.
- Lindgren, M., Östman, Ö., Gårdmark, A., 2011. Interacting trophic forcing and the population dynamics of herring. *Ecology* 92, 1407–1413.
- Lundmark B 2010. Strömmingsbeståndets fluktuationer under de senaste århundradena i Bottenhavet. Gävle Offset, Gävle.
- Margonski, P., Hansson, S., Tomczak, M.T., Grzebielec, R., 2010. Climate influence on Baltic cod, sprat, and herring stock-recruitment relationships. *Prog. Oceanogr.* 87, 277–288. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.08.003>.
- Martinez Barrio, A., S. Lamichhaney, G. Fan, N. Rafati, M. Pettersson, H. Zhang, J. Dainat, D. Ekman, M. Höppner, P. Jern, M. Martin, B. Nystedt, X. Liu, W.

- Chen, X. Liang, C. Shi, Y. Fu, K. Ma, X. Zhan, C. Feng, U. Gustafson, C-J. Rubin, M. Sällman Almén, M. Blass, M. Casini, A. Folkvord, L. Laikre, N. Ryman, S. Ming-Yuen Lee, X. Xu, L. Andersson. 2016. The genetic basis for ecological adaptation of the Atlantic herring revealed by genome sequencing. *eLife*, 5: e12081.
- Moll, D., Kotterba, P., Jochum, K. P., von Nordheim, L., Polte, P. 2019. Elemental inventory in fish otoliths reflects natal origin of Atlantic herring (*Clupea harengus*) from Baltic Sea juvenile areas. *Frontiers in Marine Science*, 6, 191.
- Moyano, M., Illing, B., Peschutter, P., Huebert, K. B. & Peck, M. A. Thermal impacts on the growth, development and ontogeny of critical swimming speed in Atlantic herring larvae. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 197, 23–34, doi: 10.1016/j.cbpa.2016.02.020 (2016).
- Möllmann, C., Kornilovs, G., Fetter, M. and Köster, F.W. (2004), Feeding ecology of central Baltic Sea herring and sprat. *Journal of Fish Biology*, 65: 1563-1581. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00566.x>
- Ojaveer, E. 1981. Marine pelagic fishes. In *The Baltic Sea*. Elsevier Oceanography Series No. 30, pp. 276-292. Ed. By A. Voipio. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- Otterlind, G. 1957. Från strömmingsmärkningarna på ostkusten (Tagging of herring in the East coast). *Ostkusten (East Coast)*, 3:24-30.
- Paradis E, K. Schliep. 2019. “ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R.” *Bioinformatics*, 35, 526-528. doi:10.1093/bioinformatics/bty633.
- Parmanne, R., and Sjöblom, V 1982. Recaptures of Baltic herring tagged off the coast of Finland in 1975-81. *ICES CM1982/Jr 19*. 12 pp.
- Parmanne, R., and Sjöblom, V. 1986. Recaptures of Baltic herring tagged off the coast of Finland in 1982-85. *ICES CM 1986/J:28*. 12 pp.
- Peck, M. A., Kanstinger, P., Holste, L., and Martin, M. 2012. Thermal windows supporting survival of the earliest life stages of Baltic herring (*Clupea harengus*). – *ICES Journal of Marine Science*, 69: 529–536.
- Pécuchet L., Nielsen J.R., Christensen A. 2015. Impacts of the local environment on recruitment: a comparative study of North Sea and Baltic Sea fish stocks. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 1323-1335.
- Pettersson, M. E., C. M. Rochus, F. Han, J. Chen, J. Hill, O. Wallerman, G. Fan, X. Hong, Q. Xu, H. Zhang, S. Liu, X. Liu, L. Haggerty, T. Hunt, F. J. Martin, P. Flicek, I. Bunikis, A. Folkvord, L. Andersson. 2019. A chromosome-level assembly of the Atlantic herring genome—detection of a supergene and other signals of selection', *Genome Research*, 29: 1919-28.

- Polte, P., Kotterba, P., Moll, D., and Von Nordheim, L. (2017). Ontogenetic loops in habitat use highlight the importance of littoral habitats for early life-stages of oceanic fishes in temperate waters. *Sci. Rep.* 7:42709. doi: 10.1038/srep42709.
- Purcell S, Neale B, Todd-Brown K, Thomas L, Ferreira MAR, Bender D, Maller J, de Bakker PIW, Daly MJ, Sham PC (in press). PLINK: a toolset for whole-genome association and population-based linkage analysis. *American Journal of Human Genetics*. Package: PLINK (including version number) Author: Shaun Purcell URL: <http://pngu.mgh.harvard.edu/purcell/plink/>
- Rajasilta, M., Mäkinen, K., Ruuskanen, S. Hänninen, J., Laine, P. (2021) Long-term data reveal the associations of the egg quality with abiotic factors and female traits in the Baltic herring under variable environmental conditions. *Frontiers in Marine Science; Marine Fisheries, Aquaculture and Living Resources*. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.698480>
- Rönkkönen, S., Ojaveer, E., Raid, T., Viitasalo, M., 2004. Long-term changes in Baltic herring (*Clupea harengus membras*) growth in the Gulf of Finland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61, 219–229. <https://doi.org/10.1139/f03-167>.
- Saulamo och Neuman. 2002. Local management of Baltic fish stocks – significance of migrations. *Fiskeriverket informerar. FINFO 2002:9*.
- Sparholt, H. & [B. Jensen, 1992. The effect of cod predation on the weight-at-age of herring in the Baltic. — *ICES mar. Sci. Symp.* 195: 488-491.
- Smoliński, 2019. Sclerochronological approach for the identification of herring growth drivers in the Baltic Sea *Ecol. Indic.*, 101 (2019), pp. 420-431, 10.1016/j.ecolind.2019.01.050.
- Valentinsson D., M. Bergenius, U. Bergström, P. Johnsson, L. Bergström, D. Gilljam, M. Sköld. 2021. Kommentar på Kustfiskarnas förslag på fredningsområde i Bottenviken. SLUID: SLU.aqua.2021.5.5-304.
- Wennerström L., O. Kaljuste, U. Bergström. 2022. Trender i biomassa för strömming i SD 25-30. PM (2022-02-18).
- Wennerström L., A. Andersson, J. Hill, I. Dahlin, G. Ståhl, N. Ryman, L. Laikre. 2022. Preliminär rapportering avseende frågeställningen: finns det genetiska skillnader bland vårlekande strömming i ICES-områdena 27 och 29? Delrapportering av uppdragen dnr 2007-21, 01601-2021; 02213-2020, Kust och utsjöinteraktioner, sill/strömmingsgenetik.
- Östman, Ö., Karlsson, O., Pönni, J., Kaljuste, O., Aho, T. and Gårdmark, A. 2014. Relative contributions of evolutionary and ecological dynamics to body size and life-history changes of herring (*Clupea harengus*) in the Bothnian Sea. *Evolutionary Ecology Research*, 2014, 16: 417– 433.

10. Appendix

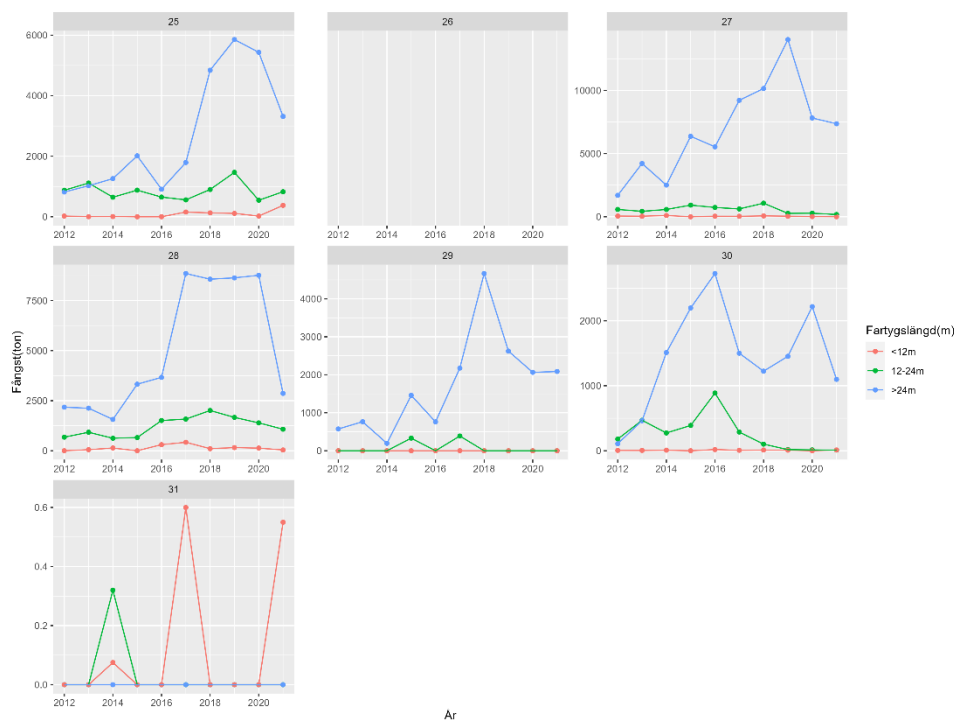
Tabell A1. Alla länders totala fångster av strömming i svenskt vatten för olika redskap och båtlängder. Fångster anges separat för tre zoner - innanför trålgränsen (4 nm), fiske mellan trålgränsen (4 nm) och svensk territorialvattengräns (12 nm), och fiske i svensk ekonomisk zon (EEZ) för åren 2012-2021. VMS-data och svenska loggboksdata för fartyg under 12 meter har använts för att skapa denna tabell.

Subdivision	Båtlängd	Redskapstyp	<4nm	4-12nm	EEZ	Total
25	12-24m	Bottentrål	3(0%)	332(49%)	337(50%)	672
25	12-24m	Not	153(100%)	0(0%)	0(0%)	153
25	12-24m	Passivt redskap	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
25	12-24m	Pelagisk trål	16(1%)	514(37%)	844(61%)	1374
25	<12m	Bottentrål	0(0%)	32(45%)	39(55%)	71
25	<12m	Not	101(100%)	0(0%)	0(0%)	101
25	<12m	Passivt redskap	58(40%)	51(35%)	36(25%)	145
25	<12m	Pelagisk trål	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
25	>24m	Bottentrål	1(0%)	135(45%)	163(55%)	299
25	>24m	Pelagisk trål	140(2%)	2591(34%)	4948(64%)	7679
26	12-24m	Bottentrål	0(0%)	0(0%)	1(100%)	1
26	12-24m	Pelagisk trål	0(0%)	0(0%)	44(100%)	44
26	<12m	Passivt redskap	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
26	>24m	Bottentrål	0(0%)	0(0%)	9(100%)	9
26	>24m	Not	0(0%)	0(0%)	2(100%)	2
26	>24m	Pelagisk trål	0(0%)	0(0%)	3847(100%)	3847
27	12-24m	Bottentrål	661(89%)	72(10%)	8(1%)	741
27	12-24m	Pelagisk trål	1001(61%)	495(30%)	140(9%)	1636
27	<12m	Bottentrål	16(32%)	34(68%)	0(0%)	50
27	<12m	Passivt redskap	143(95%)	7(5%)	0(0%)	150
27	<12m	Pelagisk trål	168(99%)	1(1%)	0(0%)	169
27	>24m	Bottentrål	4(7%)	45(78%)	9(16%)	58
27	>24m	Pelagisk trål	183(2%)	6843(69%)	2832(29%)	9858
28	12-24m	Bottentrål	28(4%)	661(94%)	17(2%)	706
28	12-24m	Pelagisk trål	48(8%)	550(90%)	13(2%)	611
28	<12m	Bottentrål	55(49%)	57(51%)	0(0%)	112
28	<12m	Passivt redskap	75(69%)	33(31%)	0(0%)	108
28	<12m	Pelagisk trål	58(56%)	45(44%)	0(0%)	103
28	>24m	Bottentrål	0(0%)	239(92%)	20(8%)	259

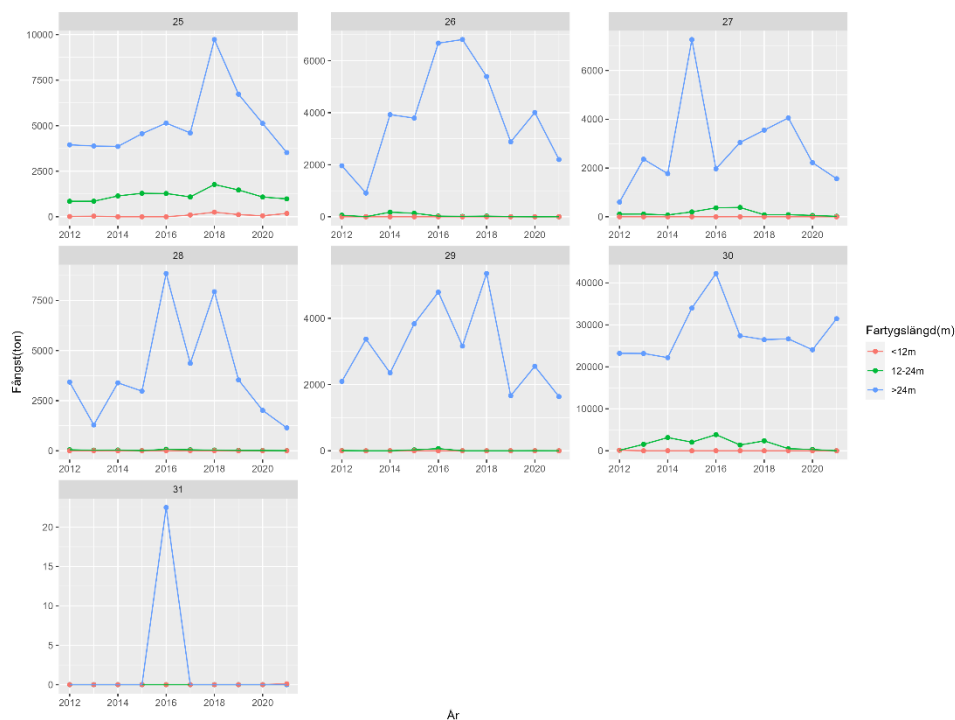
Subdivision	Båtlängd	Redskapstyp	<4nm	4-12nm	EEZ	Total
28	>24m	Not	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
28	>24m	Pelagisk trål	136(2%)	4814(55%)	3873(44%)	8823
29	12-24m	Bottentrål	0(0%)	0(0%)	1(100%)	1
29	12-24m	Passivt redskap	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
29	12-24m	Pelagisk trål	3(4%)	72(86%)	9(11%)	84
29	<12m	Passivt redskap	2(100%)	0(0%)	0(0%)	2
29	>24m	Bottentrål	1(10%)	9(90%)	0(0%)	10
29	>24m	Pelagisk trål	36(1%)	1728(36%)	3081(64%)	4845
30	12-24m	Bottentrål	66(60%)	16(15%)	28(25%)	110
30	12-24m	Passivt redskap	117(100%)	0(0%)	0(0%)	117
30	12-24m	Pelagisk trål	45(3%)	247(14%)	1489(84%)	1781
30	<12m	Bottentrål	27(84%)	5(16%)	0(0%)	32
30	<12m	Passivt redskap	164(92%)	3(2%)	11(6%)	178
30	<12m	Pelagisk trål	1(100%)	0(0%)	0(0%)	1
30	>24m	Bottentrål	2(0%)	177(14%)	1119(86%)	1298
30	>24m	Pelagisk trål	192(1%)	1273(4%)	26966(95%)	28431
31	12-24m	Bottentrål	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
31	12-24m	Passivt redskap	8(100%)	0(0%)	0(0%)	8
31	12-24m	Pelagisk trål	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
31	<12m	Bottentrål	37(100%)	0(0%)	0(0%)	37
31	<12m	Passivt redskap	34(100%)	0(0%)	0(0%)	34
31	<12m	Pelagisk trål	0(NaN%)	0(NaN%)	0(NaN%)	0
31	>24m	Pelagisk trål	0(0%)	0(0%)	2(100%)	2



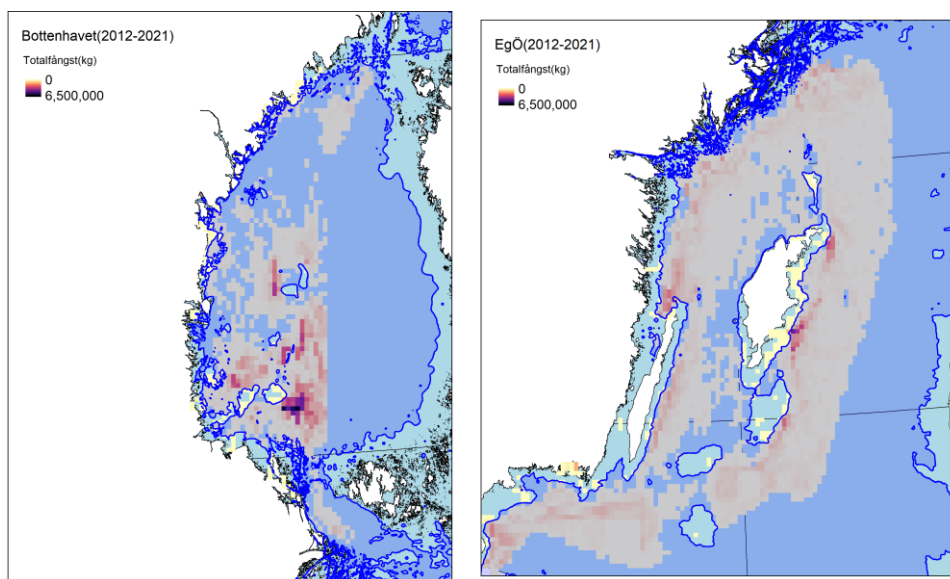
Figur A1. Fångst av strömming innanför trålgränsen (4nm). Figuren visar hur mycket strömming som fångas innanför trålgränsen av fartyg av olika storlek (<12 meter - röda linjer; 12-24 meter – blå linjer; >24 meter – gröna linjer). Panelerna visar fiskets utveckling inom olika ICES subdivisioner. VMS-data (alla länder) och svenska loggboksdata för fartyg under 12 meter har använts för att skapa denna figur.



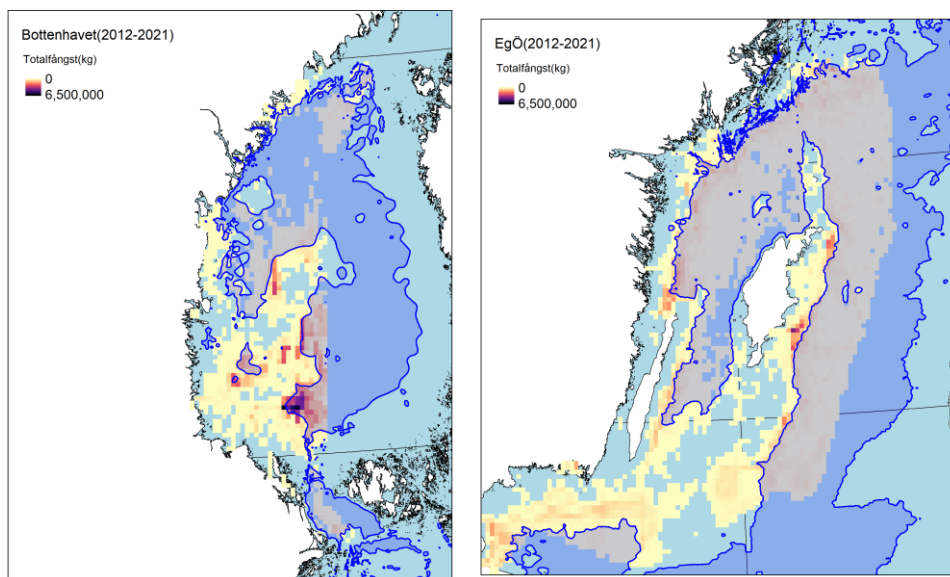
Figur A2. Fångst av strömming i området 4-12 nm. Figuren visar hur mycket strömming som fångas mellan den allmänna trålgränsen (4 nm) och gränsen för svenskt territorialvatten (12 nm) av fartyg av olika storlek (<12 meter - röda linjer; 12-24 meter – blå linjer; >24 meter – gröna linjer). Panelerna visar fiskets utveckling inom olika ICES subdivisioner. VMS-data (alla länder) och svenska loggboksdata för fartyg under 12 meter har använts för att skapa denna figur.



Figur A3. Fångst av strömming i svensk ekonomisk zon. Figuren visar hur mycket strömming som fångas i svensk ekonomisk zon av fartyg av olika storlek (<12 meter - röda linjer; 12-24 meter – blå linjer; <24 meter – gröna linjer). Panelerna visar fiskets utveckling inom olika ICES subdivisioner. VMS-data (alla länder) och svenska loggboksdata för fartyg under 12 meter har använts för att skapa denna figur.



Figur A4. Alla länders totala strömmingsfångster i relation till områden djupare eller grundare än 30 meter. Kartorna visar total fångst av strömming (gula rutor liten fångst och mörka rutor stor fångst) i svenska vatten i Bottenhavet (vänstra panelen) respektive centrala Östersjön (högra panelen) för 2012-2021. Den mörkblåa linjen visar djupkurvan för 30 meter. De mörkare blå områdena, som avgränsas med djupkurvan, visar vatten djupare än 30 meter. VMS-data (alla länder) har använts för att skapa denna figur.



Figur A5. Alla länders totala strömmingsfångster i relation till områden djupare eller grundare än 70 meter. Kartorna visar total fångst av strömming (gula rutor liten fångst och mörka rutor stor fångst) i svenska vatten i Bottenhavet (vänstra panelen) respektive centrala Östersjön (högra panelen) för 2012-2021. Den mörkblåa linjen visar djupkurvan för 70 meter. De mörkare blå områdena, som avgränsas med

djupkurvan, visar vatten djupare än 70 meter. VMS-data har använts för att skapa denna figur.