



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

2022-02-04

SLUID: SLU.aqua.2022. 2022.5.5-46

Daniel Valentinsson, Mikaela Bergenius, Ulf Bergström,
Patrik Jonsson, Lovisa Wennerström, David Gilljam

Mottagare HaV: Gry Sagebakken, cc Karin
Linderholm, Malin Wilhelmsson

Beställning sill/strömning i norra Egentliga Östersjön

18. Löpande rådgivning, bl.a. inför rådsarbetsgruppen (RAG) och oförutsedda frågor gällande GFP och dess genomförande under året

Frågeställning/Beställning

Bidra med kompletterande kunskapsunderlag inom HaVs Regeringsuppdrag att "utreda hur fiskeregleringarna kan utvecklas för att skydda kustlekande bestånd av sill i norra Egentliga Östersjön (SD 27 samt 29)"

Detta kunskapsunderlag bör inkludera:

1. Sill/strömningens livscykel och migrationsmönster. Utöver detta behövs en övergripande genomgång av allmänna behov/flaskhalsar/påverkansfaktorer under sillens olika livsstadier.
2. Beståndsutveckling framöver vid fiske på Fmsy och andra alternativ som till exempel "naturlig storleksfördelning" så långt arbetet har fortskridit inom WKREF.
3. Befintlig kunskap (eller kunskapsgap) om sillens beståndsstruktur och genetik.

samt kompletterande frågor (29/11):

4. Potentiella effekter för sill/strömning bestånd om man flyttar ut en trålgräns och
 - a) Stänger allt trålfiske innanför gränsen
 - b) Inte stänger fisket för fartyg under 24 meter
5. Finns det områden i Östersjön där sillen/strömningen övervintrar. Vilka parameter är direkt kopplade till deras övervintringsområden?
6. En översikt över migrationsmönster för sill/strömning under deras livstid.

Bakgrund

I regleringsbrevet för Havs- och vattenmyndigheten för 2021 gav Regeringen HaV i uppdrag att utreda hur fiskeregleringarna kan utvecklas för att skydda kustlekande bestånd av sill i norra Egentliga Östersjön (SD 27 samt 29). Uppdraget ska redovisas till regeringen (N-dep) senast den 31 mars 2022.

HaV beslutade i projektstartsdirektivet 8 mars 2021 att vissa frågor måste besvaras i regeringsuppdraget:

-Hur kan fiskeregleringar utvecklas för att skydda kustlekande bestånd av sill (i SD 27 och 29)?

För att besvara denna fråga behöver man besvara mer kunskapsbaserade frågor:

-Livshistorik på sill i området

-Genetik – finns det någon genetisk unik struktur på lokal nivå?

-Med flera.

HaV har i olika beställningar till SLU/SU samordnat insamling och analys av genetiska prover på sill/strömning i Östersjön. Dock ser myndigheten behov för en kompletterande beställning till detta regeringsuppdrag.

Format

Presentation och deltagande på intressentdialog samt en leverans i Word.

Datum för leverans

Senast 2022-02-04

Underlag skickas till Gry Sagebakken, med kopia till Karin Linderholm och Malin Wilhelmsson.

SLU Aqua

I nedanstående underlag har fråga 1, 5 och 6 i beställningen bedömts vara överlappande och presenteras därför gemensamt under punkt A nedan (sill-/strömmingens livshistoria och migrationsmönster). Vidare har fråga 3 om befintlig kunskap om sill-/strömmingens beståndsstruktur och genetik efter dialog med HaV utgått i denna leverans då ett uppdaterat kunskapsunderlag i frågan levereras i samband med SLU Aquas avrapportering av projektet kust- och utsjöinteraktioner senare i februari 2022.

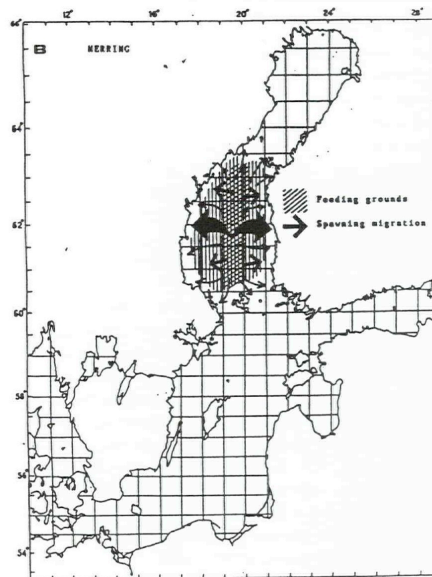
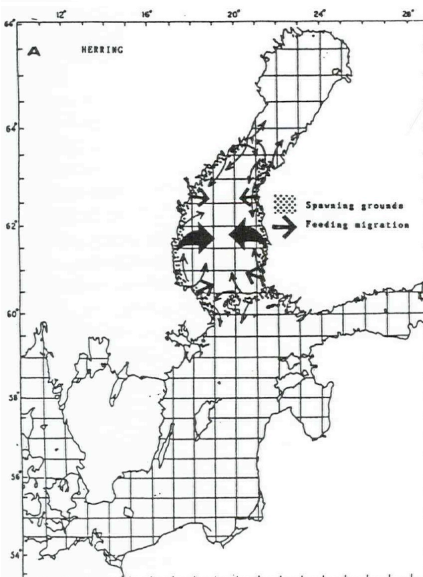
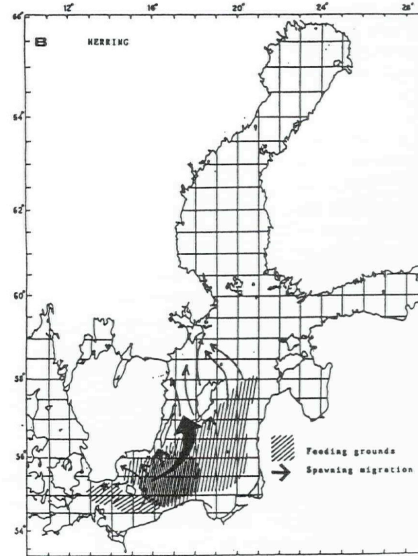
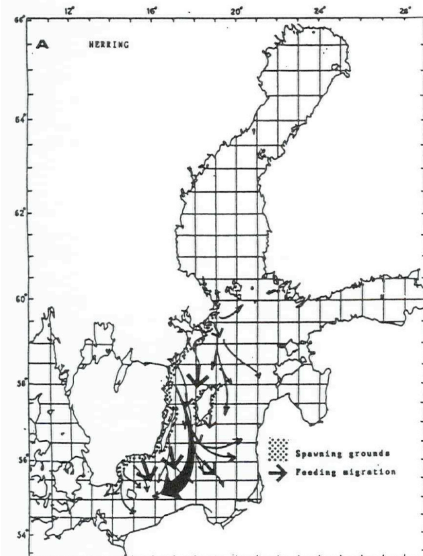
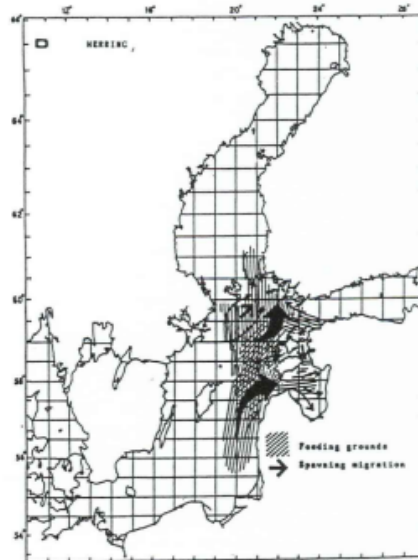
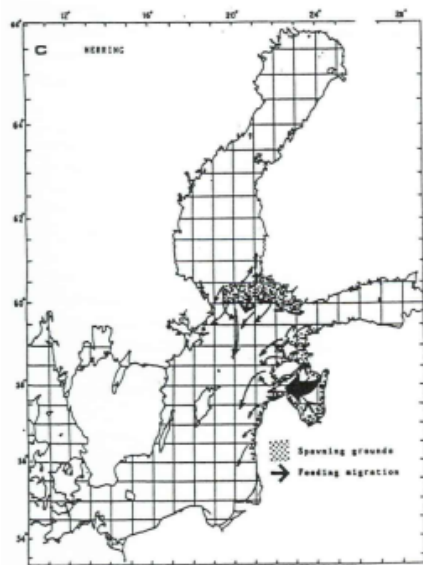
(A) Strömmingens livscykel och migrationsmönster

I detta avsnitt redogör vi för strömmingen/sillens (hädanefter strömming) livscykel, inklusive migrationsmönster och lek- och uppväxtområden. Fokus är strömmingen i centrala Östersjön, särskilt delområdena 27 och 29, men då informationen specifikt för det geografiska området är begränsad beskriver vi mera övergripande kunskapen med hänvisning också till information från andra delar av Östersjön.

Migration

Strömmingen är en i huvudsak pelagisk art, som tillbringar merparten av livscykeln i det öppna havet. Den kan bli upp till 25 år gammal, men blir sällan äldre än 10 år. Arten formar stora stim och företar dagliga 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 strömmingens horisontella migrationer i Östersjön omfattar främst generella mönster, medan det i nuläget saknas mer detaljerad kunskap om hur lokala lekbestånd vandrar. Strömmingen brukar delas in i vårlekande och ett mindre antal 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). Strömmingen övervintrar generellt på djupt vatten, under haloklinen som finns vid 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 (Ojaveer 2003, Kaljuste m.fl. 2009, Polte m.fl. 2017). Under våren företar strömmingen sedan vandringar från övervintringsområdena i öppet hav in mot grunda kustområden för lek och för att söka föda. En sammanställning av märkningsdata visar att strömmingen längs svenska Bottenhavskusten generellt företar rätt korta vandringar ut till öppet hav, medan strömmingen/sillen i centrala Östersjön ibland kan företa lite längre vandringar till mer sydliga utsjöområden där temperaturer och födoförhållandena är gynnsamma vintertid (Figur 1, Aro 1989, 2002). Det förekommer även mer stationära lekbestånd i en del kustområden (Aro 2002).



Figur 1. Lek- och födosöksmigrationer för vårlekande strömming vid svenska kusten i centrala Östersjön och i Bottenhavet. Figurerna är från 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 hårdbottnar 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). Kunskapen om utbredning och omfattning av höstlekande strömming i Östersjön är generellt svag.

Tabell 1. Lekande strömming. Länsvis sammanställning över uppgifter gällande ungefärlig 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) och är inte uppdaterad.

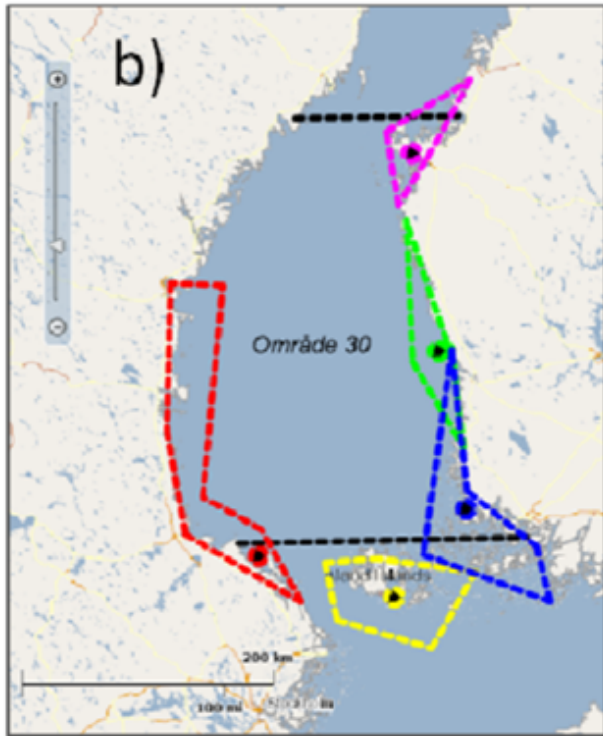
Vårlekande strömming

<i>län</i>	<i>lektid</i>	<i>djup (m)</i>	<i>bottensubstrat</i>	<i>beståndsutveckling</i>
Norrbottnen	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>
Norrbottnen	–	–	–	–
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 1960- till 1990-talet visar att strömmingen i Bottenhavet verkar vara hemortstrogen och återkommer till samma lekområde år efter år (Parmanne and Sjöblom 1986). De flesta återfångster gjordes inom 150 km från märkningsplatsen (Saulamo och Neuman 2002), vilket tyder på att det finns beståndsstrukturer inom den förvaltningsenhet (SD30-31) som används idag (Figur 2). Otolitkemiska studier av sill i centrala Östersjön har visat att den är hemortstrogen även här (Moll m.fl. 2019).



Figur 2. Sammanställning av återfångster av strömming som märkts i Bottenhavet utgående från Parmanne (1990) och Bergström m.fl. (2006). Punkterna anger var märkningen gjorts och de prickade områdena anger inom vilket område merparten av återfångsterna gjorts. Figuren är från Lundmark 2010.

Tillväxt

Strömmingen i Östersjön växer långsammare än på västkusten och övriga Atlanten och når normalt konsumtionsstorlek (ca 18-20 cm) vid ca 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 konsumtionsstorlek vid 4-5 års ålder i Bottenhavet och vid 3-4 års ålder i centrala Östersjön. Liknande mönster kan även ses på konditionen hos strömmingen som gradvis minskat ända sedan 1980-talet. Strömming livnär sig i huvudsak på djurplankton. Förändrad tillgänglighet av djurplankton (främst copepoder) och konkurrens om föda med skarpsill har identifierats som viktiga faktorer som har påverkat tillväxten hos strömming (Cardinale and Arrhenius 2000, Möllman m.fl. 2004, Casini m.fl. 2010, Lindegren m.fl. 2011, Rönkkönen m.fl. 2004). Andra korrelativa studier har också lyft fram att storskaliga klimatförhållanden, främst kopplat till direkta och indirekta effekter av temperatur och salinitet, samt nederbörden i avrinningsområdet (Bartolino m.fl. 2014, Cardinale and Arrhenius 2000, Casini m.fl. 2006, Kornilovs m.fl. 2001, Margonski m.fl. 2010, Smoliński, 2019) kan ha betydelse för tillväxten hos strömming. Den minskade tillväxten hos strömming har även blivit kopplad till "top-down" faktorer såsom storleksselektiv dödlighet orsakad av fiske, torsk och säl (Sparholt and Jensen 1992, Beyer och Lassen 1994, Östman m.fl. 2014). Den storleksselektiva dödligheten av fisket och sälerna har förändrats över tid i relation till förändringen i storleken på bestånden av både predatorer och bytesdjur (Kulatska m.fl. 2021). Fisket och sälbestånden

har ökat de senaste årtiondena, medan predation från torsk har minskat, vilket kan ha orsakat en ökad mortalitet för stor strömming i relation till liten.

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 två-åriga 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 hårbotten grundare än 10 m, i områden som ligger nära djupare vatten (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 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. 2020). 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 klibbiga 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 Hunder 1982). En medelstor hona producerar 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, för vårlekande strömming dock främst i eller i anslutning till skärgårdsområden.

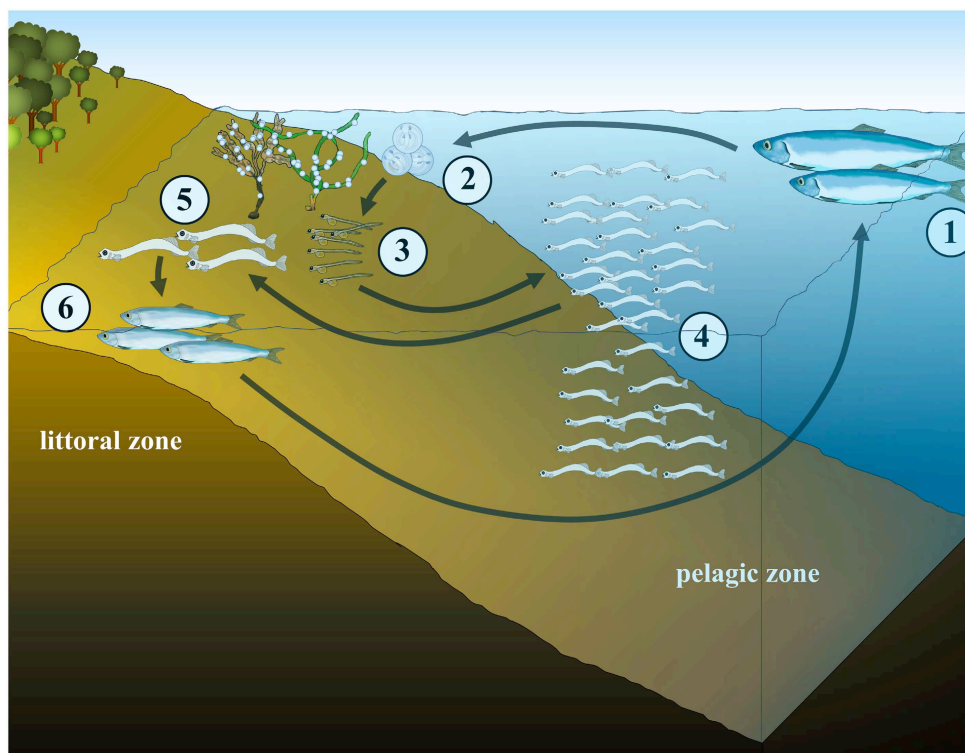
Strömmingen som larv och juvenil.

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 och lever i stora stim under 1-3 år för att sedan röra sig ut mot öppet hav (Figur 3, 4, Polte m.fl. 2017). Ända sedan Johan Hjort 1914 postulerade sin hypotes om den "kritiska perioden", har det varit allmänt accepterat att rekryteringen till ett fiskbestånd i stort bestäms under det kritiska larvstadiet av en art (Hjort 1914). Mekanismer såsom predation (Bailey och Houde 1989), tillgång på föda (Cushing 1974), och temperatur (Peck m.fl. 2012; Margonski m.fl. 2010) antas bestämma majoriteten av dödligheten hos unga larver. Enligt Blaxter och Hempel (1963) är det övergången från gulesäcksstadiet till när ynglen börjar äta aktivt som är särskilt kritiskt. Naturligtvis behövs en viss storlek också på lekbeståndet för att beståndet skall kunna bestå, men det garanterar inte ensamt en god rekrytering. För en marin art som strömming är Östersjöns låga och varierande salthalt en utmaning, och under vilka förhållanden moderliga influenser på avkommans kvalitet förväntas öka (Green 2008). Till exempel har kopplingar mellan moderns kondition och äggets befruktning, kvalitet och

överlevnad konstaterats (Laine och Rajasilta 1999, Rajasilta m.fl. 2021). Det finns ett flertal korrelativa studier om hur miljöfaktorer påverkar strömmingens rekrytering i Egentliga 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 rekryteringsstyrka (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), vilket stöds av histologiska studier där dålig individuell kondition under mognadsprocessen visades vara kopplad till minskad fekunditet genom atresi och/eller utebliven lek (Bucholtz m.fl. 2013).

Som helhet bedömer vi dock att den kritiska perioden under larvstadiet troligen inte är kopplad till den minskning av stora individer som påvisats. Även om majoriteten av dödligheten av strömming sker under larvstadiet (likt för de flesta andra fiskarter) är det sannolikt faktorer efter juvenilstadiet som styr tillgången på stor strömming.

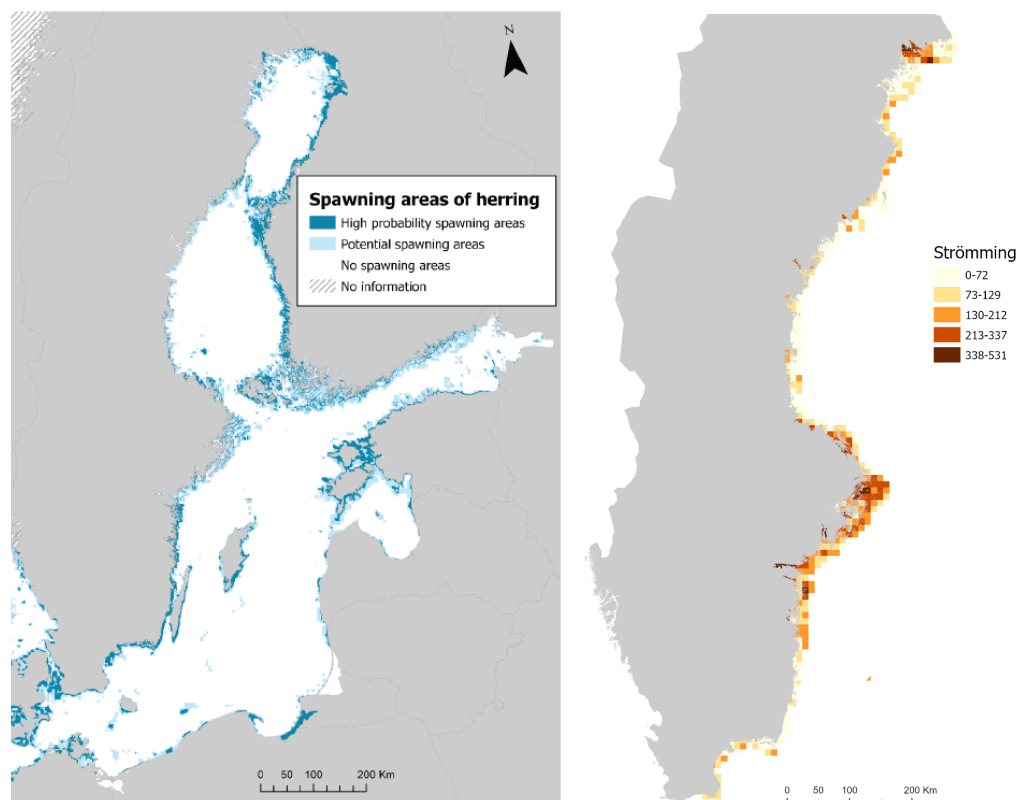
En schematisk sammanfattning av strömmingens vandringar och habitatutnyttjande under livscykelns visas i Figur 3.



Figur 3. Strömmingens habitatutnyttjande under dess livscykel. 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 litoralzonen 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

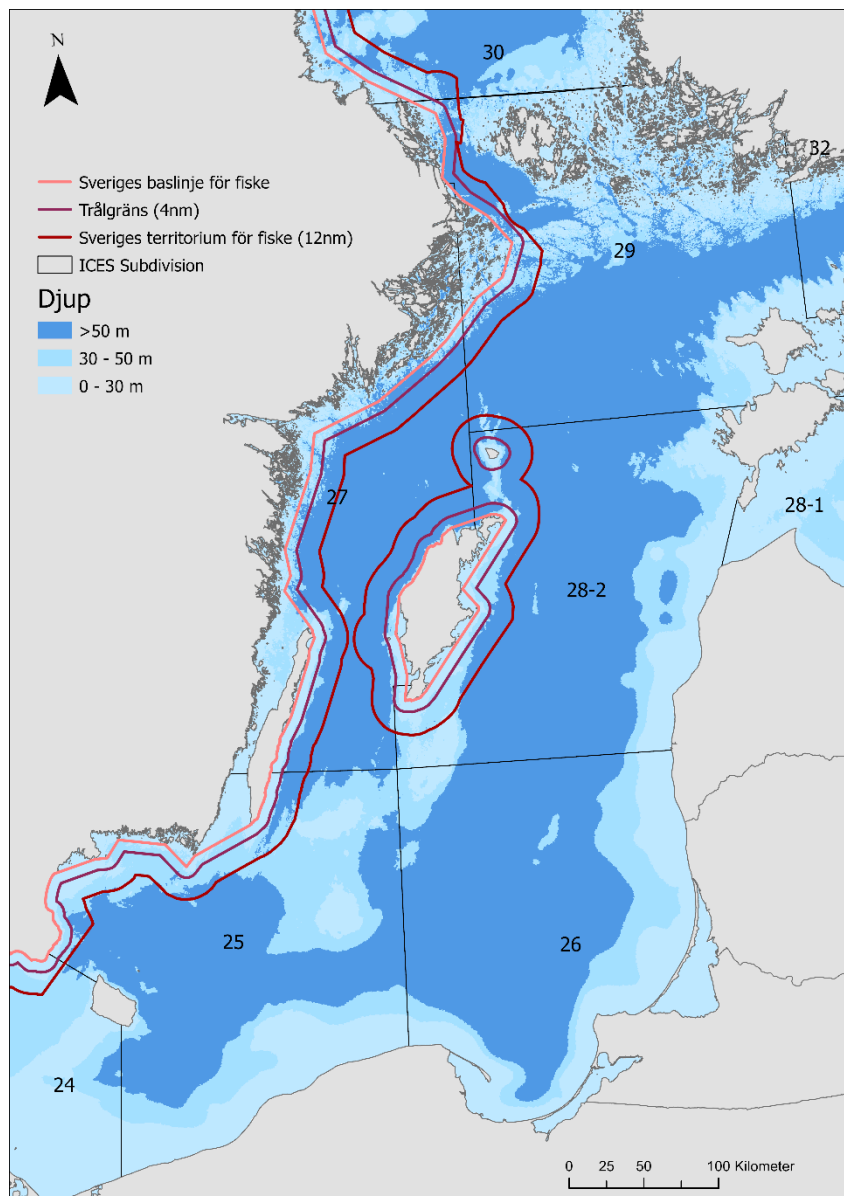
Strömmingsyngel använder olika habitat under olika livsstadier och förefaller ha mindre specifika krav på lek- och uppväxtområden än många andra arter i Östersjön (Erlandsson m.fl. 2021). Eftersom det finns stora områden längs kusterna i Östersjön som är potentiellt lämpliga för strömmingens fortplantning, 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 centrala Östersjön har varit relativt stabil de senaste 30 åren (ICES 2021), 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 sill/strömming i Östersjön utgående från översiktlig karta över vegetationsklädda bottenar (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 är från Erlandsson m.fl. 2021). Lek- och uppväxtområden förekommer längs hela ostkusten, där de stora skärgårdarna utgör de viktigaste områdena.

Summering av potentiella flaskhalsar för strömmingens överlevnad och storlekssammansättning i relation till frågan om en utflyttning av trålgränsen

- De viktigaste lekområdena för strömming utgörs av grunda skärgårdsområden (0-15 m djup). Tillgången till lekområden är generellt god i delområdena 27 och 29, och utgör sannolikt inte någon begränsning för bestånden. Kustzonen utgör även huvudsakligt uppväxtområde för strömmingen under de första året/åren. Då överlappet mellan trålfiskade områden och lek- och uppväxtområden är begränsat och då det inte råder brist i dagsläget på tillgången på reproduktionshabitat, är vuxna individers vistelse i lekområdet i dagsläget troligen ingen flaskhals för strömmingens överlevnad och storlekssammansättning.
- Rekryteringen för strömming i förvaltningsenheten som helhet (SD 25-29) har varit relativt stabil de senaste 30 åren, vilket tyder på att exempelvis övergödning och klimatförändringar hittills inte lett till någon betydande påverkan på rekryteringen. Rekryteringen är, trots den dokumenterat kritiska perioden under larvstadiet (som i huvudsak påverkas av födotillgång, miljö och klimat) i högre grad kopplad till antalet vuxna individer snarare än storleken/åldern på dem.
- Strömmingen övervintrar främst i områden djupare än 50-60 m (under haloklinen). Tillgången till sådana områden innanför den nu gällande trålgränsen (4 nautiska mil) är begränsad. Det innebär att merparten av strömmingsbestånden befinner sig utanför den omedelbara kustzonen vintertid, och är därmed exponerade för trålfisket. Ett omfattande fiske sker i dagsläget vintertid i de djupområden utanför skärgårdarna (inom och utanför territorialgränsen) där strömmingen övervintrar och ansamlas inför lek, och riskerar därmed att påverka lokala lekbestånd. Bristen på kunskap om geografisk utbredning av lokala lekbestånd och hur fördelningen av dessa lekbestånd ser ut i öppna havet (och i fiskets fångster där) gör dock graden av risker och hur dessa varierar rumsligt, svårbedömda. I delområdena 27 och 29 är området mellan 4 och 12 nm till stora delar lämpliga övervintringsområden med djup större än 50 m (Figur 5).
- Strömmingens tillväxt sett till hela livscykeln kan också påverkas indirekt av miljö- och klimatförhållanden, samt storlekss selektiv predation och fiske. Åtgärder som en generellt minskad fiskedödlighet på strömming, återhämtning av torskbeståndet och begränsning av gråsälsbeståndet skulle kunna öka både andelen och mängden stor strömming i enlighet med analysen presenterad under punkt B nedan och enligt tidigare underlag från SLU Aqua.



Figur 5. Karta över Östersjön med baslinje, nuvarande trålgräns (4 Nm), territorialgräns (12 Nm) samt djup grundare och djupare än 50 m.

(B) Framtida beståndsutveckling med fokus på fiskeridödlighet och storleksstruktur så långt arbetet har fortskridit inom WKREF

Arbetet vid de två workshops som 2021 genomfördes inom ramen för ICES-samarbetet (WKREF 1 och 2) fokuserade på att utvärdera och omdefiniera ICES rådgivning baserat på principen av MSY med villkoret om en försiktighetsansats. Det huvudsakliga resultatet från WKREF var att Fmsy är i praktiken svårt att uppnå på grund av slumpmässig variation och osäkerheter. WKREF utvärderade och rekommenderade därför Fmsy-proxies, som kan ge jämförbara fångster som Fmsy men samtidigt upprätthålla större bestånd och därmed minskad risk för överfiske. Det fanns inte tidsutrymme för en utvärdering av effekter på beståndens storleksstruktur, i enlighet med MSFD och GFP. Sannolikt kommer arbetet i WKREF följas upp i en tredje workshop, men om workshopen kommer att behandla indikatorer för storleksstruktur är i dagsläget ovisst.

För att påvisa effekten på storleksstrukturen hos ett bestånd vid minskat fisketryck har SLU Aqua därför gjort en enkel analys för strömmingsbeståndet i Bottniska viken (Figur 6). Att beståndet i Bottniska viken valdes i denna övning istället för det i centrala Östersjön beror på att en kvalitetssäkrande benchmark just genomförts för det förra beståndet. För sillen i centrala Östersjön genomförs en motsvarande benchmark under 2022-2023 och då kommer motsvarande analys presenteras för detta bestånd. Beståndet simulerades 9 år framåt i tiden med två olika fisketryck; ungefär F_{msy} (0.271) och hälften av F_{msy} (inklusive en Beverton and Holt stock-rekryteringsfunktion). Startpunkten (2020) för lekbiomassan baserades på ICES senaste beståndsanalys (ICES 2021). Figur 6 (övre) visar hur andelen individer 5 år och äldre, (och) större individer, är ungefär 50% högre i slutet av perioden med det lägre fisketrycket jämför med ett fisketryck enligt F_{msy} . Figur 6 (undre) visar hur andelen 7 åringar är ungefär 90% högre i slutet av perioden med ett fisketryck som är halva F_{msy} . Analysen gjordes relativt snabbt och resultaten bör därför tolkas med viss försiktighet.



Figur 6. Prognos om andelen strömming i Bottniska viken 5 år och äldre (övre figur) och 7 år och äldre (nedre figur) efter nio år av fisketryck enligt F_{msy} och $F_{msy} * 0.5$. Startår 2020.

(C) Potentiella effekter för strömmingsbestånd vid utflyttning av trålgränsen

i) *Strömmingsfiske i relation till territorialgränsen*

Nedan följer en översiktlig beskrivning över svenskt strömmingsfiske i centrala Östersjön (subdivision 25-29) med särskilt fokus på fisket i relation till territorialgränsen inom subdivision 27 (kusten från Södermanland till Småland) och subdivision 29 (yttre Stockholms skärgård samt Ålands hav). Materialet har indelats i fartyg med längd <24m samt längd >24m i enlighet med beställningen.

Datakällor

För kartläggningen har självrapporterade loggbokspositioner från yrkesfisket använts. Data har tillhandahållits av Havs- och vattenmyndigheten. Tidsperioden har valts till 2014-2020. Då den rumsliga skalan på frågeställningen är relativt stor, dvs om fisket sker inom territorialvattnet eller inte, bedöms precisionen i datakällorna vara tillräckligt höga. Loggbokspositioner har överlagrats den svenska territorialgränsen för framställan i tabellform av fångstmängder i relation till gränsen. För att visualisera säsongsmässiga och årsvariationer i kartform har sillfångster också aggregerats över ett rutnät (10km x 10km).

Resultat/analys

Svenskt fiske landar drygt en fjärdedel av de totala landningarna av strömming (ungefär 200 000 ton) i centrala Östersjön. Knappt hälften av de svenska landningarna i centrala Östersjön härstammar från delområde 27 och 29 och årslandningar i per delområde har under perioden varierat mellan 5000 och knappa 20 000 ton. Svenskt sill/strömmingsfiske per delområde och totala internationella landningar per år visas i Tabell 2.

Tabell 2. Svenska landningar (övre del) av strömming/sill per ICES delområde (subdivision) och totala internationella landningar (nedre del) i Östersjön för åren 2014-2016.

Landning (ton)	År						
ICES							
subdivision	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
25	7 473	8 149	8 913	8 008	12 352	12 218	7 864
26	4 278	678	6 420	5 339	6 010	3 187	1 191
28	7 951	11 200	19 718	17 020	17 051	15 820	20 111
	19 701	20 027	35 050	30 367	35 413	31 225	29 166
27	6 243	17 452	9 569	13 963	16 336	19 166	10 695
29	8 682	13 088	11 312	6 847	14 930	5 186	5 427
	14 925	30 540	20 880	20 810	31 266	24 352	16 122
Totalt	34 627	50 567	55 931	51 177	66 679	55 577	45 289

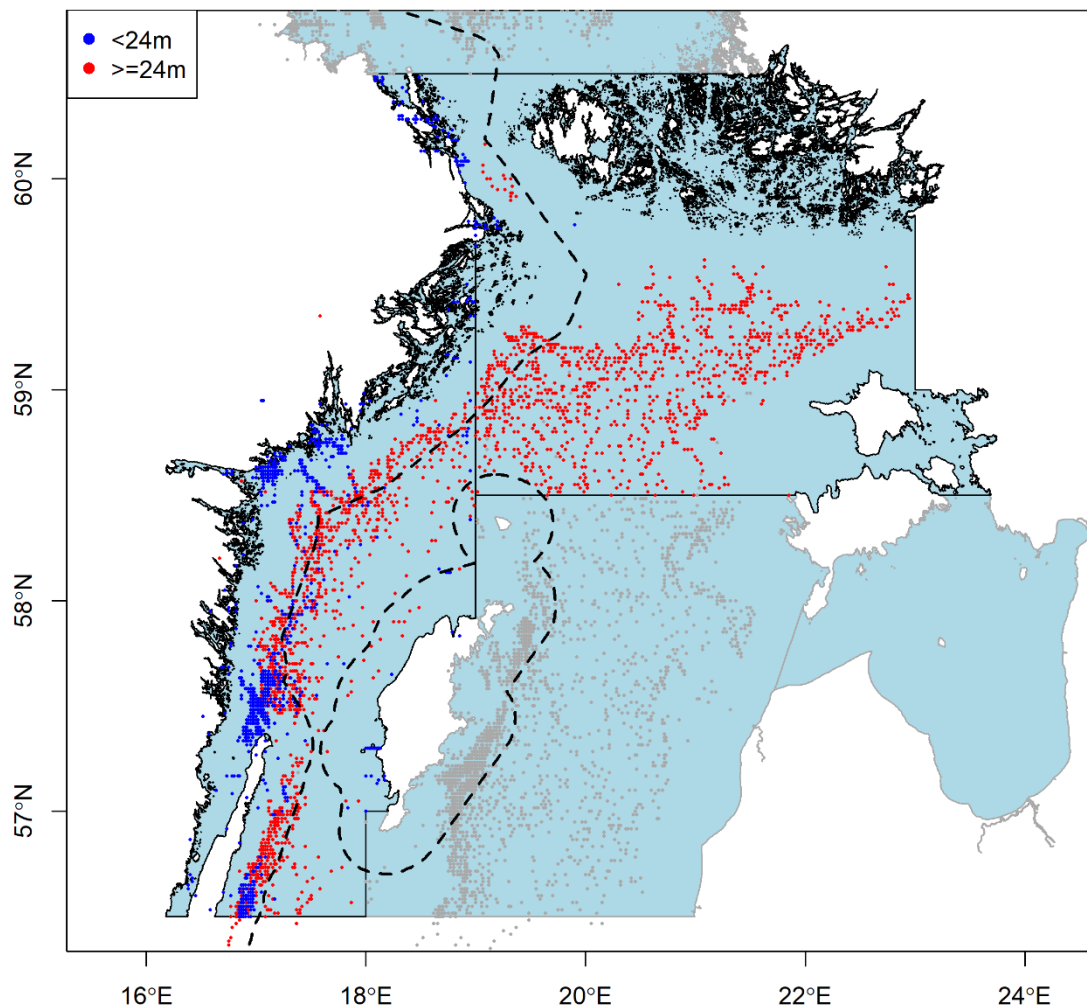
Internationella landningar totalt inklusive							
Rigabukten	132 700	174 443	192 056	202 517	244 365	204 438	177 079

Landningarna inom territorialvattnet (<12 Nm) är normalt större i delområde 27 jämfört med delområde 29, både i absoluta och relativa tal (Tabell 3, Figur 7). Under tidsperioden har upp till dryga 15 000 ton strömming landats per år inom territorialvattnet inom delområde 27. Fartyg under 24 m har landat relativt stabilt kring ca 3000 ton årligen, medan de större fartygen har ökat landningarna från 2300 ton år 2014 till en topp på 12400 ton år 2019. Fartyg <24 m bedriver i stort sett inget fiske utanför territorialvattnet. I Tabell 3 anges endast landningar inom det kustnära territorialvattnet (<12 Nm), motsvarande område runt Gotland är ej med på grund av små landningar inom subdivision 27.

I subdivision 29 dominerar de större fartygen helt och området utanför territoriet står för den största andelen av landningarna men de senaste åren har upp till ca 5000 ton (eller ca en tredjedel av totalfångsten) landats inom territoriet (Tabell 3, Figur 7).

Tabell 3. Svenska landningar av strömming inom och utanför svenskt territorialvatten (12 nautiska mil) i ICES-delområdena 27 och 29 uppdelat på fartyg mindre än och större än 24 m för åren 2014-2020.

Landningar (ton)			År						
Subdivision	Territorial-vattnet	Längd	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
27	Inom	<24m	2 064	3 473	3 037	3 185	3 562	2 887	3 288
		>=24m	2 331	6 479	4 675	8 543	10 222	12 411	5 088
	Inom Total		4 395	9 952	7 712	11 728	13 784	15 299	8 376
	Utanför	<24m	91	78	354	10		129	78
		>=24m	1 746	7 404	1 499	2 093	2 487	3 335	2 157
	Utanför Total		1 837	7 482	1 853	2 103	2 487	3 464	2 235
27 totalt			6 233	17 434	9 565	13 830	16 271	18 763	10 610
29	Inom	<24m	85	106	80	57	42	13	21
		>=24m	217	1 105	605	770	4 890	2 163	1 533
	Inom Total		302	1 211	685	827	4 931	2 176	1 554
	Utanför	<24m						0	
		>=24m	8 380	11 878	10 627	6 020	9 999	3 010	3 774
	Utanför Total		8 380	11 878	10 627	6 020	9 999	3 010	3 774
29 totalt			8 682	13 088	11 312	6 847	14 930	5 186	5 327
Totalt			14 915	30 522	20 876	20 677	31 201	23 949	15 938

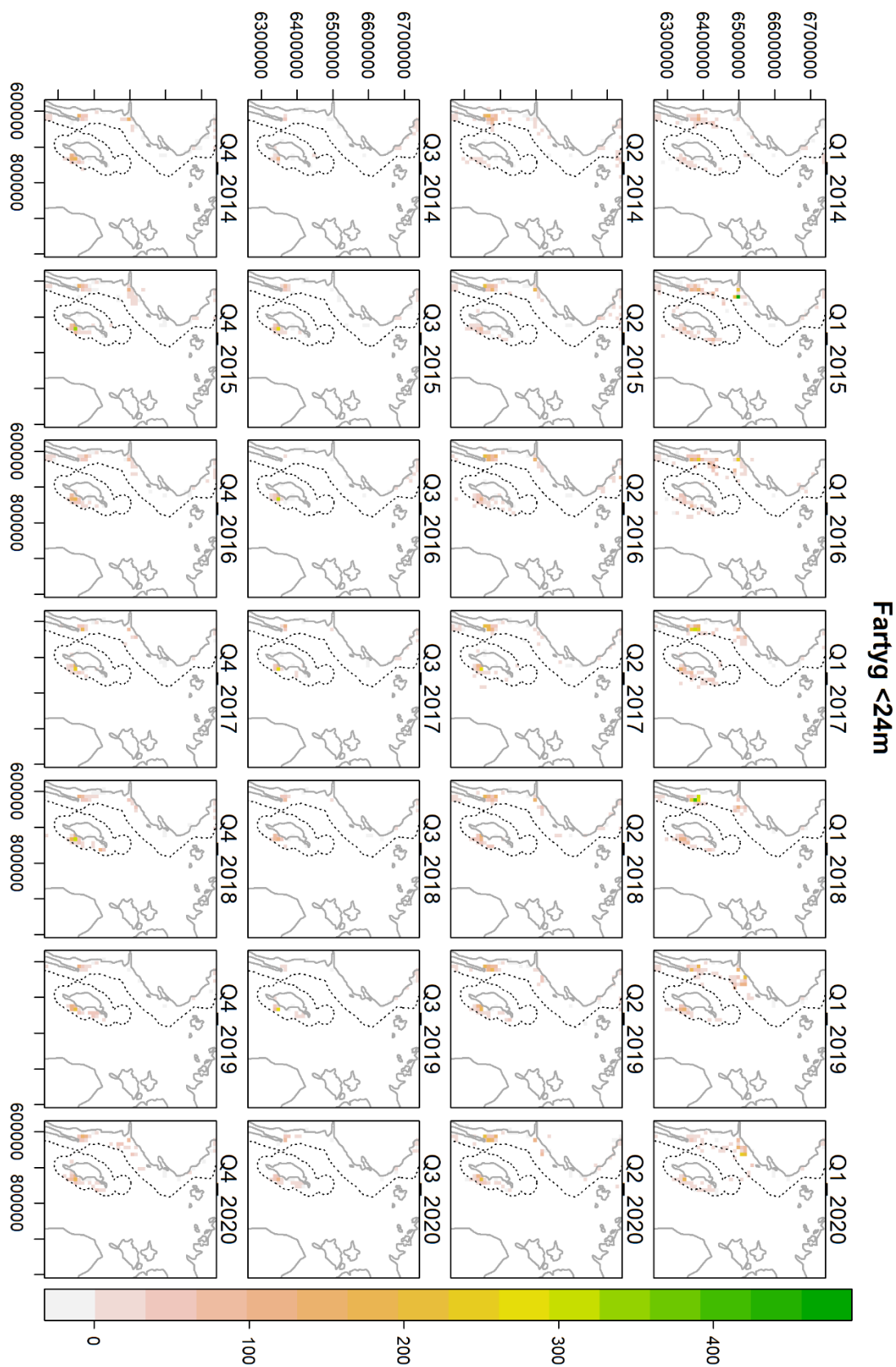


Figur 7. Rapporterade svenska loggbokspositioner (2014-2020) med strömming i landningen (inneholder alla fisken inklusive kustjournaler). Datamängden är uppdelad på fartyg med längd under 24m (blå prickar) och fartyg vars längd är lika med eller överstiger 24m (röda prickar). Loggbokspositioner som fallit utanför ICES-delområdena 27 och 29 är markerade med grå prickar. Enstaka felrapporteringar är synliga i kartan. Territorialgränsen (12 nautiska mil) är markerad med en svart streckad linje. Gränserna för ICES delområdena 27 respektive 29 är markerade med svarta linjer medan övriga områden är gråmarkerade

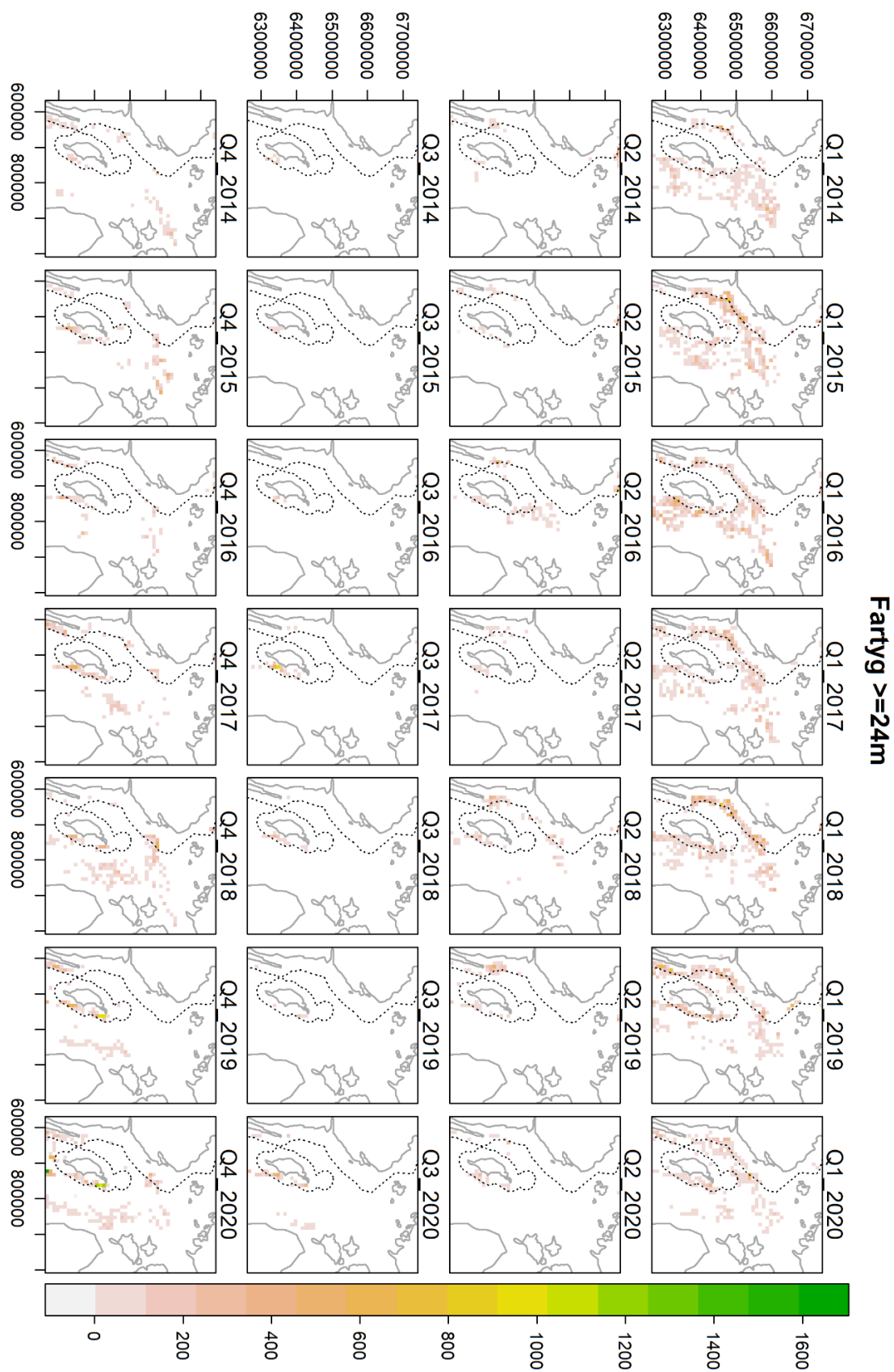
I både delområde 27 och 29 är fisket i huvudsak koncentrerat till årets första kvartal (Tabell 4). Detta gäller framför allt för de större fartygen som landar omkring 75% under årets första tre månaderna. Även för fartygen <24 m gäller att första kvartalet är dominerande i delområde 27, även om fisket under första kvartalet för de mindre fartygen inte dominerar lika tydligt som för de större fartygen. I delområde 29, i vilket landningarna från mindre fartyg är mycket små, är dock det andra kvartalet den dominerande och viktigaste fiskeperioden. Generellt landas i princip ingen sill under kvartal tre (Tabell 4). I Figur 8 visas kartor över svenskt strömmingsfiske med fartyg mindre än 24 m för varje kvartal för åren 2014-2020. Motsvarande kartor för fartyg större än 24 m presenteras i Figur 9.

Tabell 4. Andelen av svenska landningar av strömming per kvartal i ICES-delområdena 27 och 29 uppdelat på fartyg mindre än och större än 24 m för åren 2014-2020.

Landningar			År							
Subdivision	Längd	Kvartal	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Totalt
27	<24m	Q1	28%	52%	55%	51%	52%	54%	38%	48%
		Q2	44%	26%	33%	29%	29%	34%	33%	32%
		Q3	4%	5%	0%	6%	6%	2%	5%	4%
		Q4	23%	17%	12%	15%	14%	9%	25%	16%
	>=24m	Q1	61%	92%	69%	65%	81%	69%	60%	74%
		Q2	15%	4%	20%	3%	17%	17%	8%	11%
		Q3	0%	0%	0%	1%	0%	0%	4%	1%
		Q4	24%	4%	11%	31%	2%	13%	29%	14%
29	<24m	Q1	13%	24%	24%	12%	6%	7%	21%	17%
		Q2	41%	51%	53%	61%	65%	80%	66%	54%
		Q3	26%	12%	15%	19%	29%	6%	5%	18%
		Q4	20%	12%	8%	8%	0%	8%	7%	11%
	>=24m	Q1	81%	66%	77%	97%	54%	100%	61%	73%
		Q2	0%	0%	12%	0%	8%	0%	0%	4%
		Q3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Q4	19%	34%	11%	3%	37%	0%	39%	23%



Figur 8. Aggregerade svenska strömmingfångster från loggboken för fartyg <24m uppdelat per år och kvartal (2014-2020). Landningar anges i ton/kvadratmil. Territorialvattengränsen (12 nautiska mil) är markerad med en svart streckad linje. (Kartprojektion i SWEREF99tm)

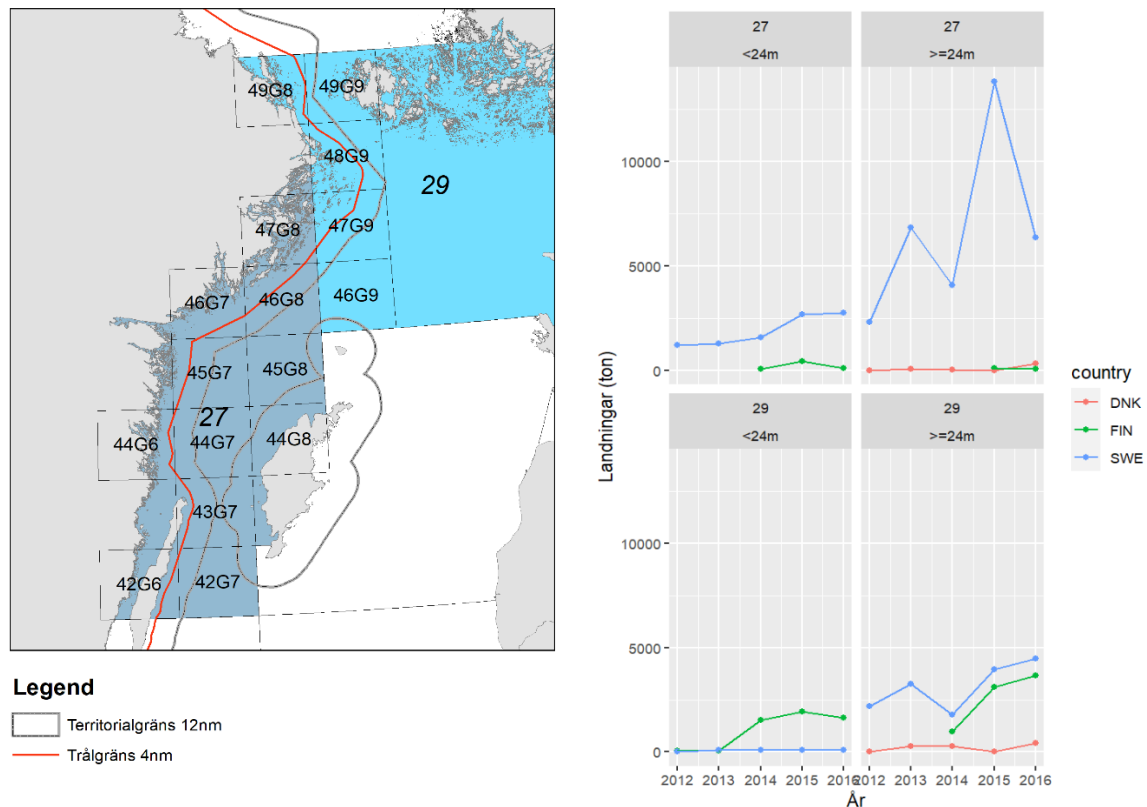


Figur 9. Aggregerade svenska strömmingfångster från loggboken för fartyg $<24m$ uppdelat per år (2014-2020) och kvartal. Territorialgränsen (12 nautiska mil) är markerad med en svart streckad linje. Landningar anges i ton/kvadratmil. (Kartprojektion i SWEREF99tm).

Strömmingsfiske av andra länder i delområdena 27 och 29

För de senaste åren är STECF-data inte öppet tillgängliga, utan är begränsade till tidsperioden fram till 2016. Data finns generellt tillgängligt från 2003, men Finland har endast rapporterat från 2012. I varje delområde har ICES-rutor som innefattar territoriet valts ut (se karta nedan) och landningar av sill har summerats över år, delområde, land och fartygsstorlek för att möjliggöra jämförelser med det svenska fisket. Upplösningen i tillgängliga data möjliggör alltså inte en analys av om utländskt fiske skett innanför eller utanför 12 nautiska mil utan endast i de kustnära ICES-rutorna som helhet. Finland och Danmark är de länder som har tillgång till svenskt vatten mellan 4 och 12 nautiska mil.

Som visas i Figur 10 har Danmark har under dessa år bedrivit ett ytterst begränsat fiske inom eller nära svenskt territorialvatten och endast med större fartyg (>24 m). Finland fiskade relativt stora kvantiteter, särskilt i rutorna inom delområde 29. Över hälften av fångsten rapporteras från den nordligaste ICES-rutan "49G9" i delområde 29 (Ålands hav). För fartyg <24 m var de finska landningarna 2012-2016 i delområde 29 större än motsvarande svenska medan landningarna av större finska fartyg var något mindre än av de större svenska fartygen (Figur 10). Landningsdata indikerar alltså att det förekommer fiske från andra länder inom de områden som föreslås regleras. Det är däremot inte möjligt att utifrån dessa datakällor att dra slutsatser om hur stor del av fisket som i praktiken sker inom territorialvattnet. För en sådan analys och med mer uppdaterade data behöver detaljerade (VMS-baserade) uppgifter efterfrågas från varje enskilt land.



Figur 10. Landningar av strömming av svenska och utländska fartyg mindre än och större än 24 m i ICES-rutor som angränsar till svenskt territorialvatten i ICES-delområdena 27 och 29.

Sammanfattning av strömmingsfisket

En fjärdedel av de totala svenska landningarna av sill/strömming härrör från Östersjön, varav strömmingsfisket i delområdena 27 och 29 motsvarar knappt hälften av de totala svenska landningarna av sill/strömming i Östersjön. I dessa två delområden har landats upp till 18 000 ton årligen, varav knappt 15% (ca. 3000 ton) kommer från fartyg <24m i snitt för tidsperioden 2014-2020. Den genomsnittliga andelen som landats av svenska fartyg mindre än respektive större än 24 m skiljer sig dock stort mellan de två delområdena. I delområde 27 var den genomsnittliga fördelningen 24% resp. 76%, medan den i delområde 29 var 0,6% resp. 99,4%.

Merparten av strömmingen fiskas under första kvartalet. Landningarna inom 12 nautiska mil från svenska kusten i delområdena 27 och 29 motsvarar i genomsnitt 6% av alla länders totala strömmingslandningar i centrala Östersjön. Mycket av det svenska fisket med mindre fartyg sker koncentrerat kring norra Öland samt i området kring Bråviken, företrädesvis innanför territorialvattengränsen. De större svenska fartygen fiskar mer utspritt längs kusten och territorialgränsen utgör ingen uppenbar naturlig avgränsning av fiskeområden. I delområde 29 är det svenska fisket mer utspritt och en betydande andel sill landas långt ute till havs.

Tillgängliga, något daterade (2012-2016), data med grov rumslig upplösning visar att utländskt fiske efter strömming i eller i närheten av svenskt territorialvatten sker av finska, och till betydligt mindre del, danska fartyg. Det finska strömmingsfisket försiggår främst i norra delen av delområde 29 (Ålands hav) och är för delområde 29 som helhet större än det svenska fisket. För fartyg <24 m var det finska fisket större än den svenska medan det för fartyg >24 m var något mindre. I delområde 27 visar tillgängliga data att omfattningen av utländskt fiske är betydligt mindre än det svenska fisket oavsett båtstorlek.

ii) Bedömning av potentiella effekter för strömmingsbestånden av en utflyttad trålgräns

SLU Aqua vill först påminna om tidigare framtagna kunskapsunderlag i relativ närtid, med fokus på interaktionerna mellan kust och utsjö, om strömmingsbeståndens biologi, tillstånd och utveckling samt om strömmingsfisket. Vi tänker i första hand på presentationerna och underlag vid samrådsmötet i Göteborg i november 2019, kunskapsunderlag till HaVs utredning om fiske av sill/strömming inom ICES delområden 27 och 29 i juni 2020 (samt komplettering av detta underlag i september samma år), vår FAQ om sill/strömming (<https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/radgivning/faq-om-sill/>) samt vår bedömning av förslaget om fredningsområde i Bottenhavet (SLU.aqua.2021-5-5-304). Flera av dessa tidigare kunskapsunderlag kompletterar nuvarande beställning med avseende på fiskemönster (inkl andra fartygsstorleksindelningar), beståndsstruktur, effekt av predatorer, beståndsutveckling mm. SLU Aqua vill även påminna om att ny kunskap om strömmingens beståndsstruktur kan förväntas via pågående projekt från och med våren 2022.

SLU Aqua vill även understryka att främst en minskad fiskeridödlighet men också rumsliga regleringar av fisket kan utgöra verktyg för att åstadkomma en ökad mängd stor strömming.

Likt för bedömningen om effektiviteten av det föreslagna fredningsområdet i Bottenhavet är det kunskapsläget gällande strömmingens populationsstruktur i delområdena 27 och 29 (förekomst och utbredning av delbestånd och hur de vandrar och blandar sig i utsjöfasen) i nuläget ofullständigt och det är därför svårt att göra en fullständig bedömning av de biologiska effekterna av att flytta ut trålgränsen.

SLU Aqua bedömer att en stängning av området inom territorialgränsen sannolikt kommer leda till en omlokalisering av fiske till områden strax utanför gränsen. Effekten på strömmingen är därför beroende av om de vattenområden som fredas innanför 12 nautiska mil utgör viktiga övervintringsområden för strömmingen. Trots visst förbehåll pga. osäkerheter om strömmingens populationsstruktur och vandringar bedömer dock SLU Aqua att förslaget kan få positiva effekter på mängden och andelen stor strömming längs den svenska kusten i delområdena eftersom betydande vattenområden av djupare vatten fredas, vattenområden där det finns viss evidens för att strömmingen övervintrar och ansamlas inför lekvandringen mot kusten. Störst positiv effekt kan förväntas i delområde 27 eftersom fiske där bedrivits inom territorialvattenområdet i större utsträckning än i delområde 29 och eftersom delområde 27 har avsevärt större vattenområden med potentiella övervintringsområden (djupare än 50 m mellan 4-12 nautiska mil).

SLU Aqua bedömer vidare att en partiell stängning baserat på båtstorlek riskerar att skapa incitament för att omallokera fiskeansträngning till befintliga eller nya fartyg under denna längdgräns och på så sätt direkt motverka regleringens eventuella intentioner och effekter. Om detta alternativ väljs bör därför ett tak för tillträde/ fiskeansträngning/landningsvolym övervägas.

SLU bedömer vidare att störst biologisk effekt av en utflyttad trålgräns skulle uppnås om inga storleksundantag tilläts. Att undanta fartyg mindre än 24 m bedöms reducera de positiva effekterna av en utflyttad trålgräns betydligt mer i delområde 27 än i delområde 29, baserat på att dessa mindre fartyg i genomsnitt fiskat 24% respektive 0,6% av all strömming i de två delområdena under senare år. SLU Aqua kan dock inte bedöma om den fiskade andelen för de två fartygsstorlekarna är direkt jämförbar med beståndspåverkan med avseende på effekten för stor strömming.

En stängning av trålfiske innanför territorialvattengränsen baserad på nationell lagstiftning kan skapa incitament för att via finska och danska fartyg, genom samverkan med dessa av svensk intressenter, kompensera för förlorat fiske av svenska fartyg. Detta skulle självklart också riskera att upphäva regleringens effektivitet. För att motverka detta bör därför en reglering av strömmingsfisket mellan 4 och 12 nautiska mil även omfatta utländska fartyg.

Litteratur

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.

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).

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>.

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, Ustup 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 JHS, Hempel G (1963) The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *J Cons Perm Int Explor Mer* 28:211–240

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.

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.

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., Jamsandekar, M., Pettersson, M. E., Su, L., Fuentes-Pardo, A. P., Davis, B. W., ... & Andersson, L. 2020. Ecological adaptation in Atlantic herring is associated with large shifts in allele frequencies at hundreds of loci. *ELife*, 9, e61076.

Harden-Jones, F.R. 1968. Fish migration. Edward Arnold, London. 325 pp

Hjort, J. Fluctuations in the great fisheries of Northern Europe - viewed in the light of biological research. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 20, 1–288 (1914).

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>.

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.

- 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.
- 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
- Lindegren, 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>.
- 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).
- Nilsson L, Thygesen U, Lundgren B, Nielsen B, Nielsen J, Beyer J (2003) Vertical migration and dispersion of sprat (*Sprattus sprattus*) and herring (*Clupea harengus*) schools at dusk in the Baltic Sea. *Aquatic Living Resources* 16:317–324
- 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.
- Ojaveer, E., 2003. Baltic herring, *Clupea harengus membras* L. In: *Fishes of Estonia*, pp. 58-79. Editors Ojaveer, E., Pihu, E., Saat, T. Estonian Academy Pub.
- 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.
- Parmanne, R. 1990. Growth morphological variation and migrations of herring (*Clupea*

harengus L.) in the northern Baltic Sea. Finnish Fisheries Research 10: 1-48.

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.

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

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>.

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

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.