

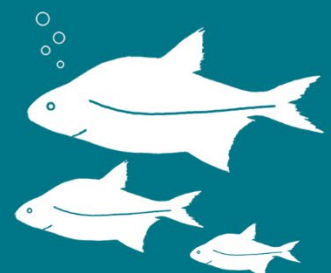
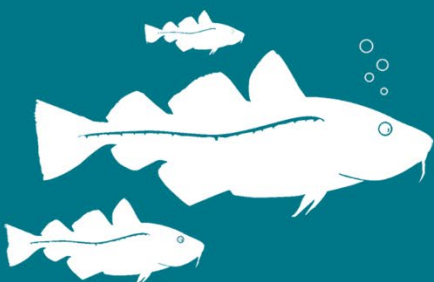


Aqua notes 2023:12

Pelagisk fisk i Vättern 2022

Björn Rogell, Thomas Axenrot

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser



Pelagisk fisk i Vättern 2022

Pelagic fish in Lake Vättern 2022

Björn Rogell, <https://orcid.org/0000-0002-5553-2691>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Akvatiska Resurser.

Thomas Axenrot, <https://orcid.org/0000-0002-0647-9759>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Akvatiska Resurser,

Rapportens innehåll har granskats av:

Göran Sundblad, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Alfred Sandström, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr **02012-2023** (SLU-ID: **SLU.aqua.2022.5.1-258**) och Vätternvårdsförbundet.

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten och Vätternvårdsförbundet. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från uppdragsgivarens sida.

Publikationsansvarig: Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Redaktör: Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Utgivningsår: 2023
Utgivningsort: Uppsala
Illustration framsida: Torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; Braxen (t.h.): SLU
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel: Aqua notes
Delnummer i serien: 2023:12
ISBN (elektronisk version): 978-91-8046-877-0
DOI: <https://doi.org/10.54612/a.3iuvf2hhm7>
Nyckelord: beståndsanalys, resursövervakning.
Rekommenderad citering: Rogell, B, Axenrot, T, (2023). Pelagisk fisk i Vättern 2022. Aqua notes 2023:12. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. <https://doi.org/10.54612/a.3iuvf2hhm7>

Uppdatering:

© 2023 Björn Rogell, Thomas Axenrot

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Sötvattenslaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, SLU, genomförde hösten 2022 hydroakustiska undersökningar med provtrålning i Vättern. Undersökningarna genomfördes mellan 2022-09-05 och 2022-09-14, och är ett i raden av de årliga hydroakustiska undersökningar som utförs i Mälaren, Vänern och Vättern. I undersökningen delades Vättern in i fyra delområden (Norra (N), Mellersta-Norra (MN), Mellersta-södra (MS) och Södra (S) Vättern). Resultat av analyserna 2022 omfattar 7 arter, inklusive kombinationer av art och åldersklass (nors 0+, nors >0+, sik, siklöja 0+, siklöja >0+ och storspigg). För att dra slutsatser om beståndens utveckling jämfördes medelvärdet för de senaste två åren (2022 och 2021), med medelvärdet för de föregående fem åren (2016-2020). Resultaten indikerade att antalet ekon från större fiskar (> 17 cm) ökat, att biomassan per hektar var relativt hög, samt att den starka rekryteringen av siklöja 2021 har gett upphov till en ökning av beståndet av siklöja 2022. Rådgivning till förvaltningen ges endast för siklöja och nors då övriga arter inte fångas i tillräckliga antal.

- Siklöja hade en mycket stark rekrytering år 2021. För 2022 noterades en normalstark rekrytering. Antalet ettåriga och äldre siklöjor har börjat öka. Detta beror på måttliga till starka rekryteringar 2013, 2016, 2018, 2021 och nu även 2022, vilket är ovanligt frekvent för Vättern.
- Siklöja utgjorde 2022 68 % av den totala biomassan i öppet vatten.
- Sett till antal fiskar bestod det pelagiska fisksamhället i september till 73 % av små bytesfiskar (<81 mm), huvudsakligen årsyngel av nors. Antalet stora fiskar har dock ökat, och andelen potentiell bytesfisk relativt potentiella rovfiskar är lägre jämfört med tidigare år.
- Norsbeståndet har varit relativt stabilt sedan 2015, och har haft god rekrytering under flera år.

Summary

The Department of Aquatic Resources, SLU, carried out a hydroacoustic surveys with trawling in Lake Vättern in autumn 2022. The surveys were carried out between 2022-09-05 and 2022-09-14, and are one of the series of annual hydroacoustic surveys carried out in Mälaren, Vänern and Vättern. In the survey, Vättern was divided into four sub-areas (North (N), Middle-North (MN), Middle-South (MS) and South (S) Vättern). Results of the analyzes in 2022 include 6 species, including combinations of species and age class (smelt 0+, smelt >0+, whitefish, vendace 0+, vendace >0+ and stickleback). In order to assess the status of the stocks, the average value for the last two years (2022 and 2021), was compared with the average of the previous five years (2016-2020). The results indicated that the number of echoes from larger fish (> 17 cm) has increased, that

the biomass per hectare was relatively high, and that the strong recruitment of vendace in 2021 has given rise to an increase in the stock of adult vendace in 2022. Advice to the management is only given for vendace and smelt as the other species are not caught in sufficient numbers.

- Vendace had a very strong recruitment in 2021. A normal to strong recruitment was noted also for 2022. The number of one-year-old and older vendace has started to increase. This is due to moderate to strong recruitments in 2013, 2016, 2018, 2021 and now also in 2022, which is unusually frequent for Vättern.
- The biomass of vendace dominated the biomass, making up 68% of the total biomass in open water.
- Looking at the number of fish, the pelagic fish community in September consisted of 73% of small prey fish (<81 mm), mainly yearlings of smelt. However, the number of large fish has increased, and the proportion of potential prey fish relative to potential predatory fish is lower compared to previous years.
- The population of smelt has been relatively stable since 2015, and has had good recruitment for several years.

Innehållsförteckning

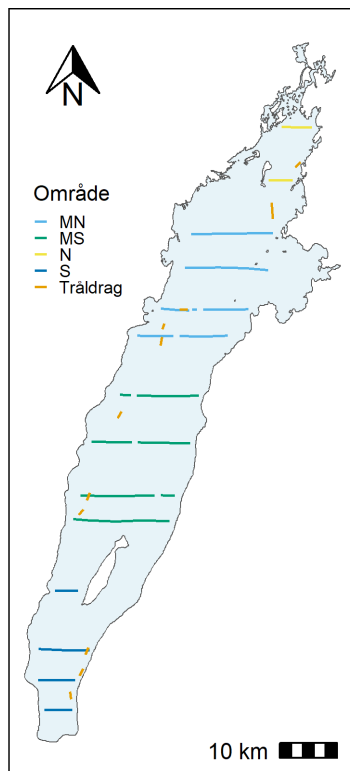
1. Inledning	9
1.1. Det pelagiska fisksamhället.....	9
1.2. Övervakningsmetod.....	10
1.3. Statistisk analys.....	11
1.4. Miljöförhållanden	13
2. Resultat	14
2.1. Övergripande resultat.....	14
2.2. Artspecifika resultat	18
2.2.1. Nors	18
2.2.2. Siklöja	19
2.2.3. Övriga arter	21
3. Diskussion	24
3.1. Fisktäthet och biomassa.....	24
3.2. Födottillgång	24
3.3. Förvaltning	25
3.4. Förslag.....	25
3.4.1. Övervakning av storspigg	25
3.4.2. Telemetry av större fiskarter	26
3.4.3. Ekosystemmodeller.....	26
4. Erkännanden	27
Referenser	28

1. Inledning

1.1. Det pelagiska fisksamhället

Vättern är djup med mestadels branta stränder, små skärgårdsområden och bara mindre till- och avrinnande vatten. Vattnets uppehållstid i Vättern är omkring 60 år. Detta medför att det öppna vattnet - pelagialen - dominerar sjöns biologiska produktion. Med pelagiska fiskar avses de som huvudsakligen uppehåller sig och födosöker i öppet vatten. Flera pelagiska arter är mycket viktiga för fisket i Vättern (siklöja, sik, röding, öring och utplanterad lax). Till de pelagiska arterna räknas även nors och storspigg. Arter som gers, hornsimpa, lake och abborre är mer knutna till botten. Nors, siklöja och storspigg är viktiga bytesfiskar för rovfiskarna i sjön. Andra viktiga födoresurser för flera fiskarter, bland annat ung röding, sik och lake, är vitmärta (*Monoporeia affinis*) och pungräka (*Mysis relicta*), två arter som lever av vad som produceras eller har producerats pelagiskt. Vitmärlor lever bottennära och i sedimentet på stora djup medan pungräkor säsongvis, nattetid i skydd av mörkret, företar födovandringar från botten högt upp i vattenmassan för att konsumera växt- och djurplankton, samtidigt som de också är en födoresurs för fisk. Riktade undersökningar för att utveckla metodiken att kvantifiera pungräkor och stora djurplankton genomfördes i Vättern 2007 och 2011 (Vätternvårdsförbundets rapporter nr. 99 och 115; Axenrot m. fl., 2009; Ragnarsson Stabo m. fl., 2014). Resultaten visade att biomassan av dessa djurgrupper kan vara lika stor som mängden fisk.

1.2. Övervakningsmetod



Figur 1. Karta över de hydroakustiska transekter som kördes 2022 i SLU:s årliga undersökningar i Vättern. MN = Mellersta Norra, MS = Mellersta Södra, N = Norra och S = Södra, tråldrag är positionerna på de tråldrag som utförts.

De pelagiska fiskbestånden i Vättern övervakas årligen med ekolodning kombinerat med provtrålning, med stöd från Havs- och vattenmyndigheten och Vätternvårdsförbundet. Övervakningen utgör även en del av det nationella miljöövervakningsprogrammet. Undersökningarna påbörjades 1988 och har genomförts årligen sedan 1992. Under dessa 30 år har såväl hård- och mjukvara samt analystekniska möjligheter utvecklats. För att undvika avvikelser i tidsserierna som förklaras av metodologiska snarare än biologiska skillnader, presenterar vi i den här rapporten data ifrån 2011-2022 där samtliga steg är strikt standardiserade. Undersökningarna utförs med vetenskapliga ekolod som nattetid (i mörker) samlar in hydroakustiska data längs 14 transekter tvärs över sjön (Figur 1). Från 2006 används ett 120 kHz ekolod som kompletterades 2011 med ett 38 kHz ekolod (Simrad EK60/80 med ES120 7C och ES38B). Att kombinera olika frekvenser (s.k. multifrekvens) förbättrar precisionen i fiskundersökningarna och ger möjlighet att studera andra organismer i ekosystemet, som t.ex. pungräkor och storvuxna djurplankton (Axenrot m. fl. 2009, Ragnarsson Stabo m. fl. 2014). Hydroakustiska data kompletteras med provtrålningar av pelagialen som utförs på olika djup i de fyra delar av sjön som undersöks. Trålningen ger information om art- och

storlekssammansättning i de undersökta fiskbestånden. Provtrålningarna genomförs nattetid i september och är avsedda att fånga de vanligast förekommande fiskarna i öppet vatten. Större fiskar som är starka simmare kan undankomma trålen och riskerar därför att bli underrepresenterade, vilket ger sämre precision i beståndsskattningen. Från 2008 används forskningsfartyget U/F Asterix. Fortlöpande utveckling av tolkningen av hydroakustiska data sker genom kunskapsutbyte med forskare i Europa, Nordamerika och Internationella havsforskningsrådet (ICES) samt i olika projekt. Undersökningarna följer den europeiska standarden för beståndsskattning av fisk med ekolodning i sötvatten (CEN, 2014). Hydroakustiska data extraherades och analyserades med mjukvaran Sonar5 (Balk & Lindem 2004). Ekoloden var kalibrerad i enlighet med Foote et al. (1987) och rekommendationer av tillverkaren (Simrad A/S). Ekon extraherades i 35 klasser av ekostyrka skilda av 1 dB (-60 dB - -25 dB), från vilka det är möjligt att skatta storleken på de detekterade fiskarna (Love 1971). Akustiska detektioner som var mindre än 50 cm från botten exkluderades för att utesluta eventuella störningar från bottenekon. Akustiska ekon som var < 5 meter under ytan exkluderades på grund av givarens position (djup 1,3 m) och tekniska närgräns. Distansen av de undersökta områdena var 64,1 km i Mellersta Norra ("MN"), 67,6 km i Mellersta Södra ("MS"), 11,5 km i Norra ("N") och 28,3 km i Södra (figur 1). För att kunna relatera detekterade ekon till de förekommande fiskarterna genomfördes tre tråldrag vardera i de undersökta områdena. I de fyra områdena låg tråldjupen för MN på 5, 15 och 17 m, för MS på 15, 19 och 27 m, för N på 10, 17 och 24 m och för S på 5, 19 och 29 m. Djupangivelserna avser överteln och trålen öppnar sig ca 5 m vertikalt.

1.3. Statistisk analys

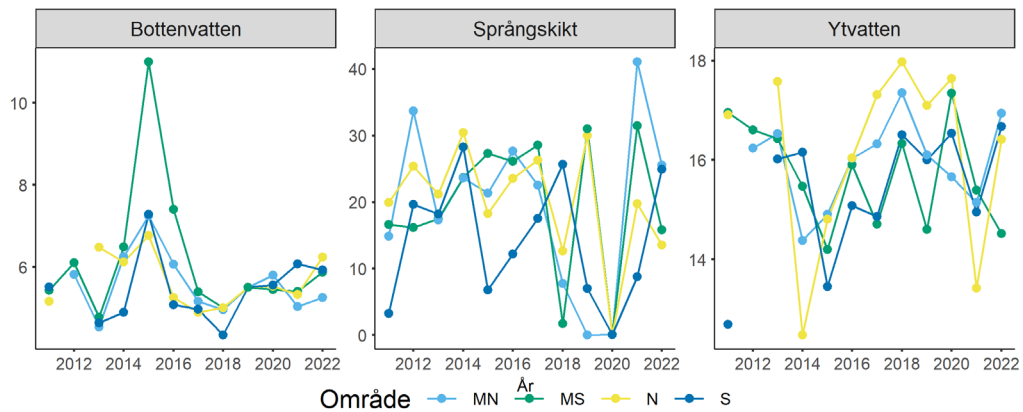
De hydroakustiska transekterna undersöktes för deras spatiala autokorrelation i antalet detekterade ekon, och de 14 transekterna delades därefter in i deltransekter på en längd av ~1000-1500 meter för att få statistiskt oberoende replikat. Dessa deltransekter var även indelade i 5 meterslager för att ge möjlighet att analysera djup och djup över botten. Deltransekter som hade exceptionellt höga fisktätheter (dvs. deltransekter vars fisktäthet låg mer än 3 standard avvikelser ifrån medelvärdet, vilket motsvarar 0,3% av datamängden) exkluderades från analysen eftersom de inte kan ses som representativa för medelfisktätheterna i sjön.

Tråldata användes för att passa ett klassificerings träd, där sannolikheten för att en enskild fisk tillhörde en specifik art modellerades som beroende på fisklängd, djup, avstånd till botten, område, fångstår (faktoriell variabel) samt position relativt språngskiktet. Positionering relativt språngskiktet definierades som om fisken

befann sig över eller under ett detekterat språngskikt. I de fall där ett språngskikt inte detekterades klassades fisken till att befinna sig under språngskiktet. För de arter som vi skattar rekrytering (nors och siklöja) användes ålders- och längddata. För de icke ålderslästa individerna i trålfångsterna, predikterades årsungar (0+) och äldre individer (>0+) ifrån en modell där åldersklass (0+ och >0+) passats som en binär responsvariabel med längd som förklarande variabel. Andra förklarande variabler (område, år och deras interaktion) bidrog inte till att öka modellens förklaringsgrad och inkluderades därför inte. Arter som var representerade med mindre än totalt 25 individer (summan av trålfångster mellan 2011-2022) filtrerades bort före analys. Klassificeringsträdet användes därefter för att tillskriva artidentitet för samtliga hydroakustiska detektioner ifrån varje djuplager och deltransekt. Total biomassa skattades som summan av biomassan för de olika arterna. För skattningen av lutningen på regressionen mellan biomassa per storleksklass, och de 35 storleksklasserna, användes inte artklassificerat data. Anledningen är att flertalet arter förekommer i flera av de 35 storleksklasser som extraherades. I detta fall skattades biomassan per storleksklass som produkten av antalet fiskar och vikten av en genomsnittlig fisk i varje storleksklass. Vikten för en enskild fisk i en given storleksklass skattades i sin tur genom generell allometrisk modell (där vikt förklaras av längd och art). Modellen förklarade > 95 % av variationen i vikt, vilket innebär att artspecifika förhållanden mellan vikt och längd knappast ger någon större felkälla.

Förändringar över tid undersöktes genom att göra statistiska jämförelser av skillnader i medelvärde för de två senaste åren (2021 och 2022) jämfört med medelvärdet för de fem föregående åren (2016- 2020, se tabell 1). I dessa modeller inkluderades parametern år som en slumpmässig variabel, och modellerna blir därför inte väl anpassade för arter med en cyklisk förekomst (som t ex. årsungar av siklöja). Detta beroende på att sällsynt förekommande ökningar kan partitioneras statistiskt på den slumpmässiga effekten av år. För årsungar av siklöja rekommenderar vi därför visuell tolkning av graferna.

1.4. Miljöförhållanden

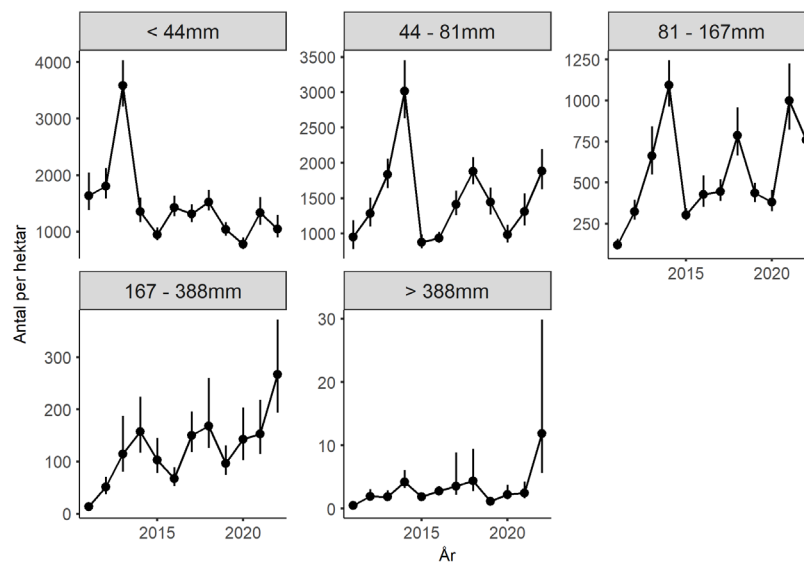


Figur 2. Temperatur i yt - och bottenvatten (C), samt språngskiktets djup i meter för de fyra undersökta områdena. När språngskiktet var så otydligt att det inte kunde detekteras, anges det som 0 i grafen.

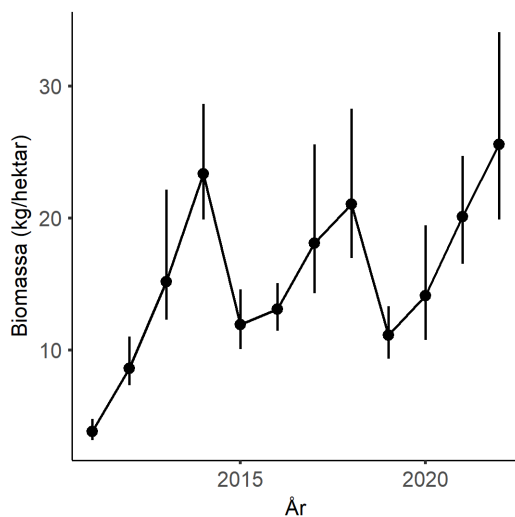
De områden vi undersöker skiljer sig inte drastiskt åt i djup, med maxdjup kring 100 meter och medeldjup kring 60 m (MN: maxdjup = 92 m, medeldjup = 49 m, MS: maxdjup = 99 m, medeldjup = 57 m, N: maxdjup = 85 m, medeldjup = 54 m, S: maxdjup = 111 m, medeldjup = 77 m). Både djup och temperatur, vid ytan och på botten, erbjuder därmed relativt lika miljöförhållanden runt om Storvättern (Figur 2). År 2022 var ett ganska genomsnittligt år med avseende på temperaturförhållandena i yt-och bottenvatten, samt för språngskiktets djup. Notera att djupet mäts kontinuerligt längs hela transekterna medan temperatur på olika djup oftast mäts vid ett tillfälle per område.

2. Resultat

2.1. Övergripande resultat

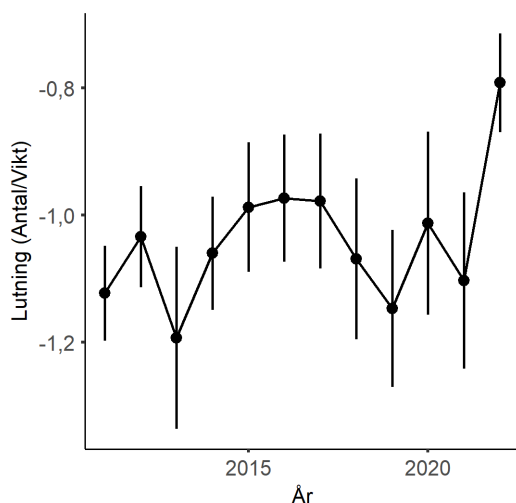


Figur 3. Antal fiskar per hektar (oavsett art) och år (2011-2022) för fem olika storlekklasser, <44 mm, 44 - 81 mm, 81 - 167 mm, 167 - 388 mm och > 388 mm (omräknade från ekostyrka). Värdena är medelvärden beräknade för hela Storsjön och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.



Figur 4. Biomassa (kg) per hektar och år (2011-2022). Värdena är medelvärden för Vättern med 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

Den totala fisktätheten i öppet vatten (pelagialen) 2022 var 3 969 fiskar per hektar vilket var över medelvärdet för de senaste 5 åren (3 276). Ökningen kunde tillskrivas större täthet av fisk i storleksklasserna 44-81 mm och >167 mm (Figur 3). Biomassa per hektar är starkt kopplat till antalet större fiskar som fångas i trålen (såsom sik, röding och siklöja) och som senare kan detekteras i hydroakustiska data (Figur 3 och Figur 4). Den beräknade totala biomassan kan därför variera mellan år. För 2022 noterades 25,6 kg per hektar vilket är en ökning jämfört med medelvärdet för de fem tidigare åren (2016 - 2021: 16,3, Figur 4). Ökningen 2022 berodde främst på en större mängd siklöja, samt på ett större antal stora fiskar >388 mm. Stora fiskar fångas i mindre antal i trålen och de är därför svåra att klassificera efter art. Artidentiteten på dessa stora fiskar är därför osäker, men eftersom sik är den vanligaste stora fisken i Vättern är det sannolikt att det ökande antalet stora fiskar beror på en ökning av sikbeståndet. Andelen småfisk (<81 mm) som storspigg och årsyngel av nors var fortsatt hög (ca 73 %), dvs. till antal bestod beståndet vid undersökningen (september) till största delen av små bytesfiskar.



Figur 5. Lutningen från en linjär regression där logaritmen av antal förklaras av logaritmen av storleksklass (biomassa i gram) per år (2011-2022). Värdena representerar därmed förhållandet mellan antalet stora och små fiskar. Ju högre värde (närmare noll) desto flackare lutning, vilket motsvarar relativt färre små fiskar eller relativt fler stora fiskar. Vertikala linjer anger 95 % konfidensintervall.

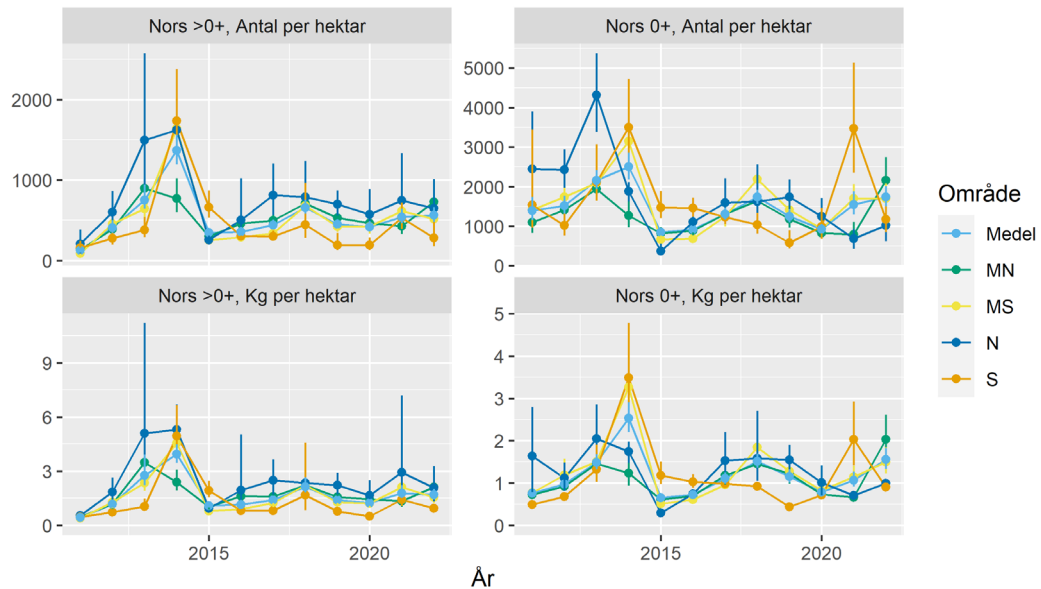
Förhållandet mellan antalet stora och små fiskar kvantifieras som lutningen på en logaritmerad regression av antal fiskar per storleksklass relativt biomassan av dessa storleksklasser. En lägre lutning (dvs närmare noll), tyder på en större andel potentiell rovfisk jämfört med potentiell bytesfisk. För 2022 var andelen potentiella rovfiskar den högsta under de tolv år som studien har data för (Figur 5), vilket beror främst på en ökning av ekon som kommer ifrån större fiskar. Det är inte möjligt att bedöma rekryteringsframgång hos sik enbart på basis av hydroakustiska data. En sannolik mekanism är dock att överlevnaden av större sik har varit hög vilket lett till en större mängd storvuxen sik än tidigare. Vi noterar även att rekryteringen av sik i Vättern var stark i det senaste nätprovfisket år 2020 (HaV, 2022).

Tabell 1. Populationsutvecklingen för de arter som vi detekterar i den årliga hydroakustiska undersökningen i Vättern. Resultaten bryts ned på område och art (eller kombination av art och ålder (årsyngel 0+ respektive ettåriga och äldre >0+). M.p är medelvärdet för antal per hektar för de senaste två åren (2021 och 2022), M.r är motsvarande medelvärde för de föregående fem åren (2016-2020), Förändring % är förändringen i procent mellan studieperioden och referensperioden (studieperiod - referensperiod / referensperiod). Negativa värden indikerar därmed en minskning i procent, medan positiva värden indikerar en ökning i procent. Skillnaden i medelvärden testades med en modell mot en Chisquare-fördelning (Chisq), och ges med det resulterande P-värdet. Kolumnen Förändring anger riktningen på populationsförändringen. Signifikanta ($p < 0,05$) ökning och minskningar visas som + och -. Marginellt icke-signifikanta ($p < 0,1$) populationsförändringar visas som (+) och (-). De fall där ingen förändring kan påvisas visas ej.

Område	Art	M.p	M.r	Förändring %	Chisq	P-värde	Förändring
MN	Nors >0+	578	492	17	0,5	0,49	
	Nors 0+	1476	1106	33	0,8	0,359	
	Sik	7	15	-53	1	0,324	
	Siklöja >0+	561	179	213	10,6	0,001	+
	Siklöja 0+	417	52	702	7,7	0,006	+
	Storspigg	1043	1309	-20	0,7	0,391	
MS	Nors >0+	564	400	41	1,9	0,171	
	Nors 0+	1701	1188	43	1,4	0,238	
	Sik	28	33	-15	0,1	0,699	
	Siklöja >0+	362	261	39	0,8	0,368	
	Siklöja 0+	168	46	265	2,3	0,132	
	Storspigg	983	1089	-10	0,1	0,734	
N	Nors >0+	699	612	14	0,2	0,649	
	Nors 0+	850	1286	-34	1	0,311	
	Sik	12	48	-75	0,8	0,367	
	Siklöja >0+	534	250	114	3,1	0,077	(+)
	Siklöja 0+	399	34	1074	9,8	0,002	+
	Storspigg	244	1573	-84	1,1	0,286	
S	Nors >0+	401	350	15	0,1	0,738	
	Nors 0+	2309	1130	104	4,1	0,042	+
	Sik	19	12	58	0,4	0,522	
	Siklöja >0+	163	43	279	2,7	0,102	
	Siklöja 0+	23	14	64	0,1	0,763	
	Storspigg	1327	926	43	2,1	0,145	
Hela sjön	Nors >0+	572	464	23	1,6	0,208	
	Nors 0+	1647	1166	41	3,4	0,066	(+)
	Sik	20	26	-23	0,9	0,342	
	Siklöja >0+	403	183	120	7,8	0,005	+
	Siklöja 0+	251	37	578	5,6	0,018	+
	Storspigg	1014	1161	-13	0,4	0,517	

2.2. Artspecifika resultat

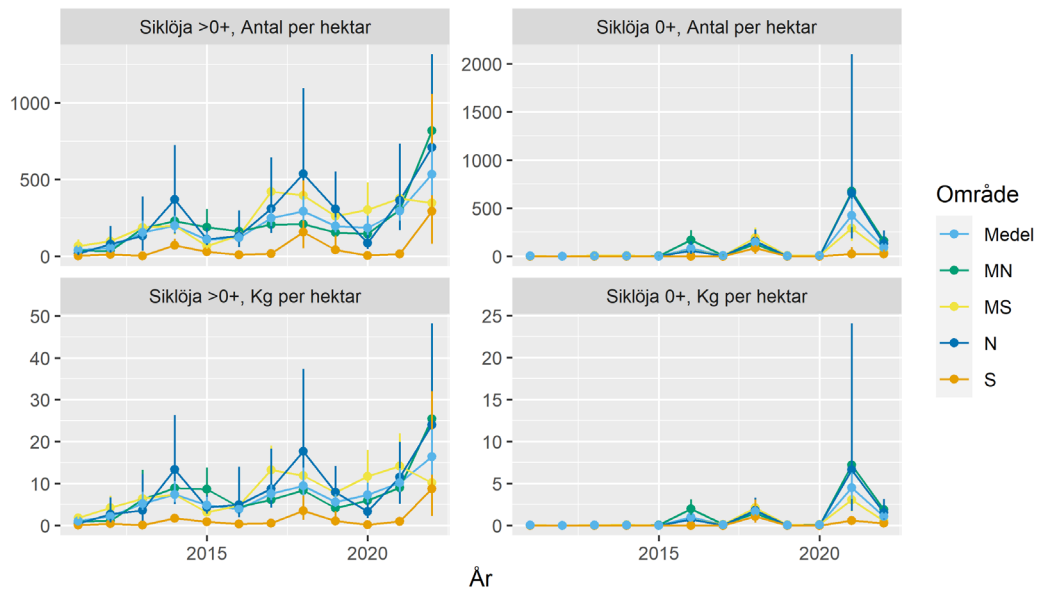
2.2.1. Nors



Figur 6. Antal och biomassa av nors, årsungar (0+) och 1-årig och äldre (>0+) mellan 2011-2022 i de fyra områdena vi undersöker, samt medelvärdet för Vättern. Punkterna representerar medelvärden och felstaplarna representerar 95 % konfidensintervall (beräknade med bootstrap).

Nors är en eftertraktad bytesfisk och flertalet blir inte så långlivade. Mängden nors har varit relativt stabilt över år sedan de stora mängderna nors 2014 och 2015. Mängden nors varierar mellan sjöns olika delar och framförallt >0+ verkar föredra sjöns norra och mellersta delar. För 2022 fortsatte nors att vara den vanligaste fisken i öppet vatten med 2 297 individer per hektar vilket motsvarade 58 % av det totala antalet fiskar per hektar, och 13 % av den totala biomassan per hektar. Av antalet nors var 76 % årsungar (0+, Figur 6 och Tabell 1). Nors har haft måttlig till god årlig rekrytering under en längre tid, och beståndet av äldre nors (>0+) har varit relativt stabilt sedan 2015 (Figur 6 och Tabell 1). Rekryteringen av nors (0+) har varit relativt stabil sedan 2015. För 2021 noterade vi ett ovanligt högt antal årsungar (0+) av nors i södra Vättern, men den starka rekryteringen påverkade inte >0+ efterföljande år (Figur 6).

2.2.2. Siklöja



Figur 7. Antal och biomassa av årsyngel (0+) och 1-årig och äldre (>0+) av siklöja mellan 2011-2022 i de fyra områden vi undersöker, samt medelvärdet för Vättern. Punkterna representerar medelvärden och felstaplarna representerar 95 % konfidensintervall (beräknade med bootstrap).

Siklöjan förekom 2022 med i genomsnitt 622 individer per hektar vilket motsvarade 16 % av det totala antalet fiskar, och 68 % av den totala biomassan per hektar. Av antalet siklöja var 14 % årsungar (0+; Figur 7 och Tabell 1). Siklöjan växer mycket snabbt som ung och enstaka individer kan vara 16 cm redan i september under sitt första levnadsår (medel 14 cm), vilket gör att en ökning i antalet siklöjor snabbt leder till en större mängd biomassa i sjön. Den högsta biomassan och tätheten i serien (sedan 2011) noterades 2022, vilket till viss del förklaras av den goda rekryteringen 2021 (mer om rekrytering nedan). Siklöjan har ökat i Vättern och är den dominerande arten i Vätterns pelagial (avseende biomassa), och den tredje vanligaste fiskarten till antalet.

Efter flera svaga år ökade beståndet av siklöja (>0+) 2013, och har fram till 2021 varit relativt stabilt (Figur 7 och Tabell 1). En tillfällig ökning noterades 2018 tillsammans med en stark rekrytering. Beståndet minskade därefter under 2019-2020, med anledning av svag rekrytering (Figur 7 och Tabell 1). År 2021 uppstod en mycket stark rekrytering av siklöja, vilket året därpå resulterade i en generell ökning av beståndet (>0+; Figur 7 och Tabell 1). I likhet med nors >0+ tenderar siklöja att vara mindre vanligt förekommande i södra Vättern. När siklöjan började öka i numerär blev den även mer vanlig i alla delar av Vättern, vilket kanske kan förklaras av att det ökande beståndet spreds över större områden. År 2022 var 1-

årig och äldre siklöja relativt vanligt förekommande i samtliga områden, även i området söder om Visingsö där den normalt varit fåtalig.

Rekrytering

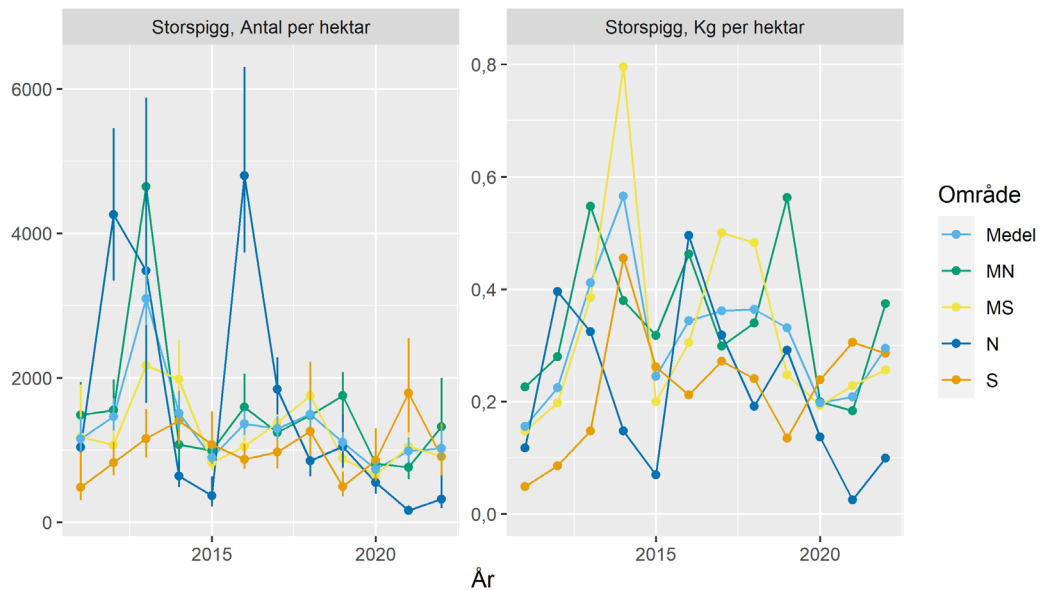
I Vättern har siklöjans rekrytering varit variabel och sporadisk vilket har lett till stora skillnader mellan starka och svaga årsklasser. Det kanske mest extrema exemplet på hur en enstaka årsklass kan dominera populationen är den årsklass som föddes 1992. Årsklassen från 1992 utgjorde 1999 77 % av de ålderslästa siklöjorna. En stark årsklass kan därför dominera beståndet av siklöja under flera år. Dessa starka rekryteringar har oftast uppstått med flera års mellanrum med minskande bestånd under mellanliggande år och ett allt svagare bestånd tills en stark rekrytering fyller på igen. Sedan 2011 har starka rekryteringar skett 2013 (observerat i ålderslästa individer), 2016, 2018, 2021 och 2022 (Figur 7). Övriga år har enbart enstaka yngel observerats. Rekryteringen av siklöja i Vättern ger nu ett intryck av att ske med ökande frekvens.

Orsakerna till den stora variationen i siklöjans rekrytering är inte helt klarlagda. Siklöjan leker på senhösten och äggen kläcker först på våren, medan norsen leker på våren och äggen kläcks ett par veckor senare. Detta innebär att förutsättningarna på våren kan se olika ut för de två arternas yngel. Det är av största vikt för de nykläckta årsynglen att produktionen av lämpliga födoorganismer sker i rätt tid, vilket i sin tur beror på miljöförhållanden. Studier har dock inte funnit något direkt samband mellan klimatfaktorer och rekryteringsframgången hos siklöja (Nyberg m fl., 2001; Sandström m fl., 2014). Siklöja är vår mest utpräglade djurplanktonätare och en av få fiskarter där alla åldersklasser och storlekar äter samma föda. Detta medför att siklöjan konkurrerar starkt om födan med sina egna artfränder oavsett ålder eller storlek. Axenrot och Degerman (2016) har visat att perioder då siklöjorna hade låg konditionsfaktor uppstod inga nya starka årsklasser i Vättern. Först när den individuella fiskens kondition byggts upp över tid och den kunde lägga energiresurser på rom/mjölke, uppkom av en ny stark årsklass. Att återta god kondition och bli lekmogen kan antas ta lång tid i en näringsfattig och lågproduktiv sjö som Vättern där siklöjan därtill måste konkurrera med artfränder, ung nors, storspigga och pungräkor om samma födoresurs (djurplankton). Det är därför möjligt samband där enskilda siklöjors kondition tidigare har påverkats av tidigare lekar och födokonkurrens. Att siklöjans rekrytering nu verkar vara mer frekvent än tidigare tyder att den eller de faktorer som har påverkat siklöjans rekrytering är har minskat i sin påverkan.

2.2.3. Övriga arter

Utöver nors och siklöja kunde vi 2022 även skatta bestånden av storspigg och sik med kombinationen av provtrålningar och hydroakustik. För dessa arter, och även andra arter som tillfälligtvis fångas i provtrålningarna (såsom hornsimpa, röding och lake), är skattningarna mycket känsliga för fångstfrekvensen i provtrålningarna enskilda år. Större rovfiskar kan simma undan trålen och riskerar därför att bli underrepresenterade vid undersökningarna. Dessutom förekommer de i betydligt färre antal än deras bytesfiskar vilket minskar sannolikheten att fångas vid de relativt korta provtråldragen. Variationer i fångstbarhet förändrar den beräknade artsammansättningen och beståndsskattningen av dessa fiskar blir därför mer osäker. Enstaka arter fångas inte alls trots att det är känt att de förekommer där, som t.ex. gädda. Antal ekon per hektar som representerar en fiskstorlek av ~40 cm ökade kraftigt 2022, efter att ha varit relativt stabil de senaste två föregående åren (2020 och 2021). Dessa ekon representerar i Vättern antingen gädda, lake, lax, sik, öring eller röding, men det är mycket svårt att härleda vilken art dessa ekon representerar eftersom slumpartad fångst av enstaka individer enskilda år förändrar sannolikheterna i allt för hög grad. Eftersom sik är den vanligaste av dessa ovan nämnda arter, är det sannolikt att det skett en ökning av antalet stora sikar. I fallet med storspigg förekommer denna i stor utsträckning nära ytan vid tiden för undersökningarna. Eftersom hydroakustiska data av tekniska skäl inte registreras nära ytan och möjligheten att detektera fisk ökar med djup, är metoden inte väl utvecklad för storspigg. Skattningarna för dessa övriga arter bör därför tolkas försiktigt.

Storspigg



Figur 8. Antal och biomassa av storspigg mellan 2011-2022 i de fyra områden vi undersöker. Punkterna representerar medelvärden och felstaplarna representerar 95 % konfidensintervall (beräknade med bootstrap).

Storspigg är en vanligt förekommande art i Vättern och 2022 skattades antalet till 1 026 individer per hektar vilket motsvarade 26 % av det totala antalet fiskar, och cirka 1 % av den totala vikten per hektar. Storspigg är därför efter nors den näst vanligaste fisken i öppet vatten, men har minskat något i våra undersökningar (Figur 8). Arten uppehåller sig ofta nära ytan vilket gör att en stor del av individerna sannolikt inte registreras vid ekolodning då givaren/svängaren sitter monterad under båten (U/F Asterix) på 1,5 m djup och har en teknisk närgräns på ca 1,5 m (sammanlagt 3 m). Det mest ytliga tråldraget sker normalt på ca 5-10 m för att komplettera data från ekolodningen. Helt ytliga tråldrag (0-5 m) har genomförts för att ge en uppfattning om mängden storspigg. I dessa tråldrag utgjorde storspigg >80 % i gruppen liten fisk (<80 mm). I övrigt ingick årsyngel av nors. Nuvarande metodik är således inte anpassad för att få ett bra mått på mängden storspigg varför beräkningarna bör tolkas försiktigt. Metodiken utförs dock på samma sätt varje år varför resultaten för storspigg möjligen kan ge en indikation om förändringar i beståndet, vilken varit minskande på senare tid (Figur 8). Med tanke på storspiggens talrika förekomst och sannolikt stora betydelse som bytesfisk finns det behov av att utveckla metoder för bättre skattning av storspiggsbeståndet.

Sik



Figur 9. Antal och biomassa av sik mellan 2011-2022 i de fyra områden vi undersöker. Felstaplarna representerar 95% konfidensintervall (beräknade med bootstrap), och punkterna representerar medelvärden.

För sik har resultaten från hydroakustik/trålning visat stor variation mellan åren. Antal sikar per hektar var högt 2014, 2017, 2018 och 2020 och lägre därefter (Figur 9). Sannolikt rör det sig om variation i trålfångsterna mellan år snarare än förändringar i sikbeståndet. Nätprovfisken i Vättern har visat på att sik är den till biomassan vanligaste arten på djup större än 15 meter, och visar inga nedgångar i antalet sikar. Det stora antalet större fiskar som detekterats 2022 (Figur 3 och Figur 4) kan därför bero på en ökning av antalet stora sikar i Vättern.

3. Diskussion

3.1. Fisktäthet och biomassa

Mängden fisk kan beräknas som antalet fiskar eller som biomassan av fisk. Båda måtten ger information som behövs för att bedöma beståndsstatus och rekrytering för enskilda arter och för ekosystemet i sin helhet. För 2022 har vi noterat öknings av större fiskar i det hydroakustiska datat, vilket till viss del förklaras av det ökande beståndet av siklöja och troligen sik. Det finns dock en del begränsningar i tolkningarna man kan göra utifrån detta resultat. Mindre fiskar, som t. ex nors, finns i allmänhet i stort antal. Hydroakustiska data och trålprover ger därför oftast en god bild av sådana fiskbestånd – med avseende på antal, storleksfördelning och vikt. Större fiskar är betydligt mindre vanliga, ofta mer rörliga och fångas därför mer sällan. Därtill varierar ekostyrkan (dvs styrkan i det ljud som reflekteras från en given fisken tillbaka till ekolodet), vilket kan ge felskattningar av storleken på de fiskar som detekteras med hydroakustik. Eftersom det finns betydligt färre stora än små fiskar är denna felkälla sannolikt mer relevant för de större storleksklasserna. Därför innehåller resultat på fisktäthet och biomassa för dessa större fiskar större mått av osäkerhet, särskilt med avseende på biomassa då en stor fisk väger lika mycket som tusentals årsyngel. Denna osäkerhet är sannolikt en viktig orsak till att den beräknade genomsnittliga fiskbiomassan i öppet vatten i Vättern varierat över åren.

3.2. Födötillgång

Tillgången på djurplankton – basföda för siklöja, ung nors och storspigg – har minskat under de senaste åren samtidigt som det har skett ett skifte i artsammansättning vilket inneburit en övergång till arter med mindre storlek. Vättern har blivit alltmer näringsfattig (oligotrof), vilket artsammansättningen speglar (se tidigare årsskrifter från Vätternförbundet). Halterna av näringsämnen har dock varit låga under lång tid. Stor konkurrens om begränsade födoresurser kan påverka fiskarnas kondition negativt och kan även minska såväl antalet lekar under

en livstid som lekframgången vid det enskilda lektillfället, dvs antalet yngel som produceras och överlever. Under motsvarande tid har olika undersökningar i Vättern visat att de naturliga bestånden av rovfisk – röding, öring, storvuxen sik, lake – haft en relativt gynnsam utveckling. Därutöver finns tillstånd att sätta ut 20 000 laxsmolt årligen (<https://www.sportfiskarna.se/Om-oss/Aktuellt/ArticleID/7517>). Studier av fritidsfiskets omfattning har visat att det nu fångas mer röding än lax i sportfisket och att röding var mer eftertraktad som målart (Sundblad m fl., 2019). En faktor i sammanhanget som behöver undersökas bättre är beståndet av bytesfisken storspigg, som eventuellt minskar (Figur 8). Storspigg nyttjas som föda av såväl lax som röding.

3.3. Förvaltning

Till skillnad från det kommersiella fisket i havet förvaltas yrkesfisket i sötvatten nationellt, vilket innebär att förvaltningsmål och uppföljning beslutas av nationella myndigheter. Det pågår projekt som syftar till att utveckla lämpliga indikatorer, modeller och förvaltningsmål för uppföljning av nationellt förvaltade bestånd (Östman m.fl., 2016, Naddafi m.fl., 2023). Flera riktade förvaltningsinsatser i Vättern har haft positiva effekter för röding- och öringbestånden. Länsstyrelserna runt Vättern har framfört att kompensationsutsättningarna av lax inte får ske på bekostnad av de naturliga fiskbestånden varför beslut om storlek på utsättningarna ska väga in konkurrens om bytesfisk, dvs framför allt bestånden av siklöja, nors och storspigg. Dessa bytesfiskar är ”motorn” i Vätterns ekosystem och det är viktigt att förvaltningen av fiskresurserna inkluderar dessa bestånd.

3.4. Förslag

3.4.1. Övervakning av storspigg

Maginnehåll i såväl lax som röding från trålfångster i september har ofta visat sig bestå av storspigg. Storspigg är därför sannolikt en viktig bytesfisk för flertalet rovfiskar i Vättern. Kunskapen om beståndet av storspigg är emellertid bristfällig idag och kan inte med säkerhet relateras till minskande/ökande bestånd av annan bytesfisk som nors och siklöja. För att skatta storleken på beståndet av storspigg behöver nuvarande övervakningsmetodik modifieras och kompletteras. Ökade kunskaper om dynamiken i rovfiskarnas nyttjande av bytesfisk är avgörande för att öka förståelsen av Vätterns ekosystem, t.ex. som den aktuella ökningen av siklöjebeståndet under en period då även bestånd av rovfisk ökar. Vi föreslår att HaV bidrar till att nuvarande övervakningsmetodik utvecklas så att beståndet av

storspigg kan ingå i skattning av bytesfisk. Även studier av maginnehåll av de rovfiskar som förekommer i Vättern skulle vara värdefulla för att förstå sjöns ekosystem.

3.4.2. Telemetri av större fiskarter

Utveckling av fiskspårningstekniken akustisk telemetri har på senare år möjliggjort insamlandet av högupplöst beteendedata på vild fisk över stora ytor. En infrastruktur har nyligen byggts upp i Vättern där tekniken används för att öka kunskapen om nyttjandegrad och beståndsstatus av inte minst röding. För att förbättra möjligheten att klassificera de större ekon som detekteras i våra hydroakustiska undersökningar vore det mycket värdefullt med beteendedata (djup- och spatiala preferenser under undersökningsperioden) hos de större arterna i Vätterns ekosystem (utöver röding också gädda, lake, lax, öring och sik). Om beteendedata finns tillgängligt ökar det möjligheterna att klassificera ekon till rätt arttillhörighet, i fall arterna skiljer sig tillräckligt i beteende och habitatval. Vi föreslår att HaV bidrar till att studier med akustisk telemetri utökas till ett flertal av dessa arter.

3.4.3. Ekosystemmodeller

Beståndsutvecklingen för nors och siklöja följs årligen och resultaten används och kan användas för att bedöma ekosystemets status, effekterna av riktade insatser, lämplig storlek på laxutsättningar samt för förvaltningen av fiskbestånd genom fiskeregler. För bättre förståelse av dynamiken mellan bytes- och rovfiskar behöver övervakningsmetodikerna förbättras med avseende på storspigg och analytiska metoder som kopplar ihop födovävarna behöver tas fram. Det här är särskilt relevant i en situation där andelen stora fiskar ökar i Vättern.

4. Erkännanden

Vi tackar Göran Sundblad och Alfred Sandström (SLU Aqua) för kommentarer på rapporten.

Referenser

- Axenrot T, Nyberg P (2009) *Bedömning av pelagiska fiskbestånd*. Vätternvårdsförbundets rapportserie (99). ISSN 1102-3791.
- Axenrot T, Ogonowski M, Sandström A, Didrikas T (2009) *Multifrequency discrimination of fish and mysids*. ICES Journal of Marine Science (66) 1106–1110.
- Axenrot T, Degerman E (2016) *Year-class strength, fitness and recruitment cycles in vendace (Coregonus albula)*. Fisheries Research (173) 61-96.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.017>
- [CEN] Comité Européen de Normalisation (European Committee for Standardization) (2014) *Water quality – Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods*. EN 15910.
- Foote KG, Knudsen HP, Vestnes G, Maclenn DN, Simmonds EJ (1987) *Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide*. ICES Cooperative. ICES (144).
- HaV (2022) *Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2021*. Havs- och vattenmyndigheten No. 2022:2.
- Kinsten B (2012) *Glacialrelikter och makrozooplankton i Vänern och Vättern 2011*. Vätternvårdsförbundets rapportserie (115). ISSN 1102-3791.
- Kinsten B Degerman E (2012) *Skattning av glacialrelikta kräftdjurs täthet. En jämförelse av tre metoder samt täthet i Vänern och Vättern*. Vätternvårdsförbundets rapportserie (115). ISSN 1102-3791.
- Naddafi R, Sundblad G, Sandström A, Fetterplace L, Vinterstare J, Ogonowski M, Kulatska N (2023) *Developing management goals and associated assessment methods for Sweden's nationally managed fish stocks : a project synthesis*. SLU Aqua Reports (5).
<https://doi.org/10.54612/a.31cfjep2i0>
- Nyberg P, Degerman E, Bergstrand E, Enderlein O (2001) *Recruitment of pelagic fish in an unstable climate: studies in Sweden's four largest lakes*. AMBIO 30(8), 559-564.
- Ragnarsson Stabo H, Axenrot T, Sandström A (2012) *Kvantifiering av stora djurplankton i de stora sjöarna*. Vätternvårdsförbundets rapportserie (115). ISSN 1102-3791.
- Ragnarsson Stabo H, Vrede T, Axenrot T, Sandström A (2014) *Large zooplankton in Swedish large lakes*. Aquatic Ecosystem Health and Management. 17(4), 374-381.
- Sandström A, Ragnarsson Stabo H, Axenrot T, Bergstrand E (2014) *Has climate variability driven the trends and dynamics in recruitment of pelagic fish species in Swedish Lakes Vänern and Vättern in recent decades?* Aquatic Ecosystem Health and Management. 17(4): 349-356.

- Sundblad G, Larsson S, Wennerström L, Linderfalk R, Halldén A (2019) *Fritidsfiskets omfattning i Vättern 2017. Fångster av röding, lax och öring*. SLU Aqua reports. (7). ISBN: 978-91-576-9652-6.
- Östman Ö, Beier U, Ragnarsson Stabo H, Olsson J, Svedäng H, Sundelöf A, Sandström A, Florin AB (2016) *Förvaltningsmål för nationellt förvaltade fiskbestånd*. SLU Aqua reports. (10). ISBN: 978-91-576-9410-2.