



Aqua reports 2023:8

# **Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk**

Årsrapport för 2022

Anders Adill, Ingrid Bergman, Stefan M Eiler, Per B. Holliland, Carolina Åkerlund



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser



# Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk

Årsrapport för 2022

Anders Adill	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Ingrid Bergman	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Stefan M. Eiler	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Per B. Holliland	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Carolina Åkerlund	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

## Rapportens innehåll har granskats av:

Torbjörn Säterberg, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Elisabeth Bolund, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

## Finansiär:

Forsmarks Kraftgrupp AB, (SLU-ID: SLU.aqua.2022.5.2-370)

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Forsmarks Kraftgrupp AB. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från uppdragsgivarens sida.

<b>Publikationsansvarig:</b>	Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Redaktör:</b>	Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivningsår:</b>	2023
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Illustration framsida:</b>	En stilla höstmorgon med kraftverk 1 och 2 i bakgrunden, Foto: Ingrid Bergman
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Serietitel:</b>	Aqua reports
<b>Delnummer i serien:</b>	2023:8
<b>ISBN:</b>	978-91-8046-857-2
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.54612/a.1ds9nbsbl6">https://doi.org/10.54612/a.1ds9nbsbl6</a>
<b>Nyckelord:</b>	Kärnkraft, kylvatten, recipientkontroll, provfiske, bottenfauna.
<b>Rekommenderad citering:</b>	Adill, A., Bergman, I., Eiler, S.M., Holliland, P.B., Åkerlund, C., (2023). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk – Årsrapport för 2022. Aqua reports 2023:8. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. 57 s. <a href="https://doi.org/10.54612/a.1ds9nbsbl6">https://doi.org/10.54612/a.1ds9nbsbl6</a>

© 2023 Anders Adill, Ingrid Bergman, Stefan M. Eiler, Per B. Holliland, Carolina Åkerlund

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



## Sammanfattning

Forsmarks kärnkraftverk är Sveriges största elproducent. På grund av intag och utsläpp av kylvatten från havet som kyler processen i verket sker en påverkan på den omgivande kustvattenmiljön. Denna påverkan övervakas och analyseras i det pågående biologiska recipientkontrollprogrammet. Föreliggande årsrapport presenterar resultat i undersökningarna inom kontrollprogrammet för 2022 med fokus på samhällena av fisk, bentisk fauna (bottenlevande djur) och sjöfågel.

Under 2022 producerade Forsmarks kärnkraftverk 25,5 terawattimmar (TWh) el i sina anläggningar, vilket var samma som föregående års produktionsrekord av elektricitet. Den rekordstora produktionen kan härledas till de senaste åren moderniseringar och livstidsförlängande åtgärder i anläggningarna, vilket resulterat i effekthöjningar i kraftverket. Den höga produktionen under 2022 medförde därmed en hög omsättning på kylvatten. Utsläppsområdet för kylvatten, Biotestsjön, hade vattentemperaturer över 25°C i 29 dagar under sommarperioden. På grund av revisionsarbeten på F2 under juli månad förekom inga extrema temperaturer över 29°C i Biotestsjön, något som vanligtvis brukar förekomma under högsommaren. I utsläppsområdet för F3 noterades vattentemperaturer över 30°C under endast ett dygn och med högsta notering 30,1°C i mitten av augusti.

Förlusterna av fisk i silstationerna vid kylvattenintaget utgjordes som tidigare år av främst småväxta fiskarter och årsyngel. Totalt fastnade cirka 37,5 miljoner individer i silstationerna under provtagningsperioderna under 2022, närmare 20 miljoner färre jämfört med 57 miljoner individer som fastnade 2021. Det lägre antalet beror på att det fastnade färre årsyngel under hösten, som kan vara ett tecken på att det har varit sämre fiskreproduktion i närområdet under 2022, vilket också återspeglades i yngelundersökningarna i Forsmarksskärgård. Likt föregående år var storspigg den dominerande arten i provtagningarna och omfattade cirka 85 % av förlusterna under året. Resultatet för storspigg speglar sannolikt artens stora förekomst i omgivande kust- och havsområden. Antalet ålar som fastnade i silstationen var relativt litet. Till skillnad från tidigare år var förlusterna av ål högre under våren än på hösten, med fler småväxta individer. Genom framtagen metodik kunde totalt fem ålar tas hand om och återutsättas till havet levande. Under de senaste åren har varmvattenarterna mört, björkna och sutare blivit allt vanligare i silstationerna, sannolikt en effekt av de gynnsamma förhållandena i Biotestsjön för lek hos dessa arter.

Undersökningarna i Biotestsjön under våren visade att tätheterna av fisk var de absolut största som någonsin observerats. De arter som förekommer i störst omfattning var likt föregående år mört, björkna, abborre och sarv. Likt tidigare fanns tydliga tecken på att stora mängder fisk lockas till Biotestsjöns varma vatten för lek. Förutom stora mängder lekmogen mört och abborre förekom höga tätheter av björkna under våren. Under senare år förefaller även tätheterna av gädda och sutare ha ökat i området. För ålen däremot är utvecklingen den motsatta och förekomsten av arten är låg i jämförelse med tidigare år. Till skillnad från nätprovfiskena i Forsmarks skärgård påträffas inga så kallade kallvattenarter i Biotestsjön, såsom strömming, nors, sik och tånglake. För varmvattenarter som mört och abborre visade resultaten att förhållandena i Biotestsjön var goda under 2022, då både tillväxt och kondition låg på goda nivåer. Under hösten 2022 noterades flera äldre individer av abborre vid provfiskena i Biotestsjön; 7 % av undersökta abborrar var fyra år eller äldre. Tidigare år har nästintill samtliga abborrar varit tre år eller yngre.

I Forsmarks skärgård visade undersökningarna att tätheterna av fisk var höga om än något lägre jämfört med rekordfångsterna 2021. Fångsterna för de flesta arterna var något lägre än föregående år, men de mindre totala fångsterna var till stor del ett resultat av de förhållandevis låga antalet fångade mörtar i Forsmark. Förekomsten av mört i undersökningsområdet har under nästintill hela provfiskeperioden uppvisat en negativ utveckling, men har med de stora fångsterna under de senaste tre åren visat på en möjlig återhämtning. Det

låga antalet mörtar i årets provfiskeri i kombination med den förhållandevis låga förekomsten i silstationen skulle kunna tyda på en generell minskning av mört i Forsmarks skärgård.

Ett fåtal individer registrerades av sutare och vimma, två karpfiskar (*Cyprinidae*) som vanligtvis inte förekommer i provfiskeri, men som de senaste åren blivit alltmer vanliga i fisket.

Under 2022 års undersökningar av mjukbottenfauna registrerades totalt tio arter i Forsmark och femton arter i referensområdet Finbofjärden. Likt tidigare år var arttätheten högre i referensområdet än i Forsmark på både djupa och medeldjupa bottenar. Förekomsten av nyckelarten vitmärkla var lägre än föregående år på samtliga stationer både i Finbofjärden och Forsmarks skärgård. Alla hårbottenstationer fränsett Borgarna hade ett högre artantal än föregående år, men på alla stationer utom Plymen var individtätheten lägre. I Biotestsjön hade individtätheten mer än halverats jämfört med senaste året. Förändringen beror främst på den ovanligt låga förekomsten av tångmärkla. Den låga förekomsten kan troligtvis kopplas till de stora mängderna röd pungräka som tillkommit på lokalen. Den röda pungräkan hittades för första gången under 2021 då en enda individ registrerades, medan under 2022 hittades nästan 280 individer per artificiellt substrat.

Antalet sjöfåglar i inventeringsområdet var fortsatt hög under 2022. De höga förekomsterna kan förklaras med att antalet mellanskarv i undersökningsområdet dubblerades jämfört med 2021. Den största mängden mellanskarv observerades i Biotestsjön och likt tidigare år noterades misslyckade häckningsförsök. Biotestsjön är det enskilt viktigaste området för sjöfågel i Forsmarks skärgård följt av Asphällafjärden utanför intagskanalen. Utsläppet av varmt kylvatten från kärnkraftverket in i Biotestsjön ger bra förutsättningar till hög produktion av vegetation, bottenlevande djur och fisk samt en isfri yta under vintern. Detta ger gynnsamma förhållanden för sjöfågel under hela året men särskilt under häckningstiden och vinter. Antalet vingar i Forsmarks skärgård var lägre under 2022 jämfört med föregående år, trots detta var vingen tillsammans med mellanskarven de mest vanliga förekommande arterna. Förekomsterna av knölsvan var fortsatt hög i Forsmarks skärgård, trots att antalet var något lägre än föregående år.

Det finns skillnader för vilka funktionella grupper som nyttjar de olika områdena i inventeringsområdet. Fisk- och växtätande fåglar föredrar Biotestsjön året om medan bottenjämsätande fåglar visar skillnader säsongvis med en täthetstopp i Biotestsjön under hösten och i Asphällafjärden under vintern.

## Summary

Forsmark nuclear power plant is Sweden's largest electricity producer. Due to the intake and discharge of seawater as a coolant, there is an impact on the surrounding coastal environment. This impact is monitored and analysed by the ongoing biological recipient control program. This annual report presents results from the surveys within the control program for 2022 with a focus on the communities of fish, benthic fauna, and waterbirds.

In 2022, Forsmark nuclear power plant produced 25.5 terawatt hours (TWh) of electricity, which was on par with the 2021 production record. The record-breaking production of the last two years can be attributed to modernisations and lifetime-extending measures implemented in recent years. With increased production the intake and discharge volume of coolant water was high during 2022. During summer, water temperatures in the local recipient, the Biotest basin, exceeded 25°C for a total of 29 days. Due to audit work on F1 during in July, no extreme temperatures above 29°C were recorded in the Biotest basin, which are otherwise common during the high summer. In the discharge canal for F3 only one day in mid-August was recorded as having water temperatures over 30 °C with a maximum temperature of 30.1 °C.

As with previous years, the loss of fish in the water intake screening stations consisted mainly of small fish species and fry. Approximately 37.5 million fish were caught on the screens during the sampling periods in 2022, which is approximately 20 million fewer than in 2021. The reduction in fish loss can be explained by the fact that fewer fry were trapped during the autumn, which can indicate decreased fish production in the local area during 2022. This result was also mirrored in the fish fry inventory in Forsmark Archipelago. The three-spined stickleback, as in previous years, was the most common species and made up approximately 80% of the fish losses in the screening station. The large quantities of three-spined stickleback is likely indicative of large occurrences of the species in the surrounding coastal and offshore areas.

The number of eels caught was relatively low. However, unlike previous years, losses of eels were higher in spring than in autumn and there were more small-sized individuals. In total five live eels were released in accordance with methodology developed to prevent recapture in the screening stations. During the last few years, the warm water fish species roach, silver bream and tench have become more common in the screening station sampling, likely due to the favourable reproductive conditions in the Biotest basin. The fish density in the Biotest basin spring survey was yet again at an all-time high surpassing the record year of 2021. The most common species were roach, silver bream, perch, and rudd. In recent years, densities of pike and tench appear to have increased. Eel density, however, has decreased. No cold water species were caught in the Biotest basin, whilst out in the Forsmark archipelago species such as herring, smelt, whitefish and viviparous eelpout were caught. Warm water species such as perch and roach had good condition and high growth rates, suggesting favourable conditions in the Biotest basin during 2022. In the Biotest basin autumn survey, 7% of the age read perch was four years or older. By contrast, in 2021 almost all perch were three years old or younger.

In the Forsmark archipelago, fish density was high, though slightly lower than the record year 2021. In total, fewer fish individuals were caught 2022 as compared to 2021. This can be explained by the relatively low number of roach caught in Forsmarks archipelago in 2022. The occurrence of roach has showed a negative trend as seen over the entire survey timeseries, however, the high roach occurrence during the last three years indicates that roach are capable of recovery. The low number of roach in 2022 test fishing in combination with the low occurrences of fry in the coolant intake could indicate a general reduction of roach in Forsmark archipelago. Of note in 2022 was the presence of species that are rarely caught in the Forsmark archipelago survey, though have become more common in catch of the last few years. All were warm water species, consisting of a few individuals of tench and vimba, species that, like roach, belong to the carp family (*Cyprinidae*).

During the 2022 surveys of soft-bottom benthic fauna, ten species were found in Forsmark and fifteen species in the reference area, Finbofjärden. Similar to previous years densities of benthic fauna were higher in the reference area than Forsmark. The keystone species *Monoporeia affinis* has continued to decline at both Forsmark and Finbofjärden. All stations within the hard bottom fauna sampling, except Borgarna, had a higher number of species than 2021. However, the benthic fauna densities had declined at all the stations, except Plymen. In the Biotest basin, densities had declined by 50% as compared to 2021. This decrease in benthic fauna density is due to the low number of gammarus. The decline in gammarus can potentially be attributed to the appearance of large numbers of the predatory bloody-red mysid. Bloody-red mysids are an invasive species that were first found in the Biotest basin in 2021, when a single individual was registered. In 2022, the numbers of individuals in the samples had increased to almost 280 per substrate.

The number of waterbirds in the inventory area has continued to increase since 2021 when the downward trend of previous years was broken. The increase in 2022 can be explained by an increase in the number of cormorants, which doubled as compared to 2021. The greatest number of cormorant were observed in the Biotest basin where there were also signs of failed breeding attempts. The Biotest basin is the single most important area for waterbirds in Forsmark's archipelago followed by Asphällafjärden. The emission of warm water from the nuclear power plant into the Biotest basin provides excellent conditions for high plant and fish production, as well as ice-free water year round. This combination provides good conditions for waterbirds,

especially during the breeding season and winter. Compared to 2021 the number of tufted duck decreased in 2022. Goldeneye was third most common, followed by goosander; both species showed a decrease compared to 2021. Mute swan occurrences still show a positive trend despite a decrease in 2022 in comparison to 2021. Mallard and heron also decreased.

There are differences in area use between the functional groups within the inventory area. Plant- and fish-eating waterbirds prefer the Biotest basin all year round. Whereas benthic fauna-eating birds have a density peak in the Biotest basin during the autumn migration period and in Asphällafjärden during winter.



# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan</b> .....	<b>14</b>
<b>3. Kontrollprogram och metodik</b> .....	<b>16</b>
3.1. Silstationen .....	16
3.2. Provfisken .....	17
3.2.1. Provfisken med kustöversiktsnät .....	17
3.2.2. Provfisken med ryssjor .....	17
3.2.3. Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät.....	17
3.2.4. Provfiske med detonationsteknik.....	17
3.3. Kontroll av kondition och gonadskador .....	17
3.4. Kontroll av fiskens ålder och tillväxt .....	18
3.5. Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk .....	18
3.6. Bottenfauna .....	18
3.6.1. Mjukbottenfauna .....	18
3.6.2. Hårdbottenfauna .....	19
3.7. Fågelinventeringar .....	20
3.8. Insamling av omgivningsdata .....	20
<b>4. Resultat</b> .....	<b>22</b>
4.1. Silstationen .....	22
4.2. Provfisken .....	25
4.2.1. Provfisken med kustöversiktsnät .....	25
4.2.2. Provfiske med ryssjor .....	28
4.2.3. Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät.....	29
4.2.4. Provfiske med detonationsteknik.....	32
4.3. Kontroll av kondition och gonadskador hos fisk .....	33
4.4. Kontroll av fiskens ålder och tillväxt .....	35
4.5. Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk .....	37
4.6. Bottenfauna .....	38
4.6.1. Mjukbottenfauna .....	38
4.6.2. Hårdbottenfauna .....	39
4.7. Fågelinventeringar .....	42
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>46</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>54</b>



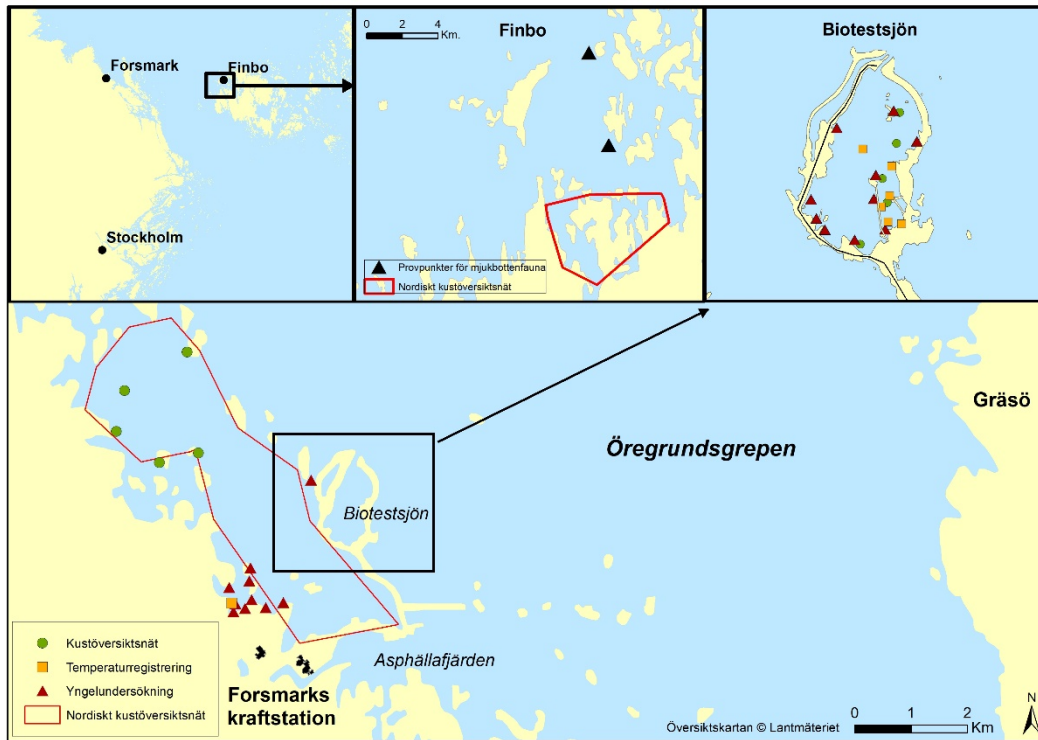
# 1. Inledning

Svenska kärnkraftverk påverkar kustvattenmiljön främst genom användningen av kylvatten. Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Forsmarks kraftstation under 2022 för samhällen av fisk, mjuk- och hårbottenfauna samt sjöfågel. Undersökningarna i området har pågått sedan 1969 och har under årens lopp främst fokuserat på dödlighet av fisk vid kylvattenintaget och effekter på fisk, bottenfauna och fågel i närrecipienten (Biotestsjön) och fjärrecipienten (Öregrundsgrepen) (figur 1 och 2). Resultaten av undersökningarna jämförs med referensområdet vid Finbofjärden på nordvästra Åland och presenteras i årliga rapporter (Adill m.fl. 2022). Fördjupade utvärderingar av kärnkraftverkets effekter på den omgivande vattenmiljön görs ungefär vart femte år (Sandström 1985; Sandström 1990; Mo m.fl. 1996; Sandström m.fl. 2002; Karås m.fl. 2010; Adill m.fl. 2013; Adill m.fl. 2018), och kan leda till förändringar i kontrollprogrammet för kärnkraftverket. För genomförande av det biologiska kontrollprogrammet ansvarar Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua).



Figur 1. Biotestsjön sett från sydost. Inloppet av kylvatten från F1 och F2 till Biotestsjön syns till vänster (söder om Biotestsjön), och inloppet från F3 lite högre upp (väster om Biotestsjön). Det gemensamma utloppet till Öregrundsgrepen från de tre reaktorerna syns längst till höger i bilden (norr om Biotestsjön).

Forsmarks kärnkraftverk drivs av Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA) och är beläget vid kusten i nordöstra Uppland (figur 2). Anläggningen har tre kokvattenreaktorer, varav den första togs i drift 1980 (F1) och de andra två 1981 (F2) och 1985 (F3). För kylning av processen i kondensatorerna kräver driften av kraftverkets tre reaktorer drygt 150 kubikmeter brackvatten per sekund. Kylvattnet tas in till kraftverket från Öregrundsgrepen (mellan fastlandet och Gräsö) via en kanal från Asphällafjärden (figur 2). Brackvattnet innehåller levande organismer i form av bland annat djurplankton och fisk. De största organismerna, fisken, avskiljs från vattnet med stora bandsilar (maskvidd 2,5 mm) vid intaget till kraftverket och samlas upp i containrar och transporteras för destruktions. Ål fångas däremot upp och transporteras söderut till Hargshamn, där de släpps ut i havet. Mindre organismer, till exempel djurplankton och fisklarver, kan passera genom silarna men dör antagligen i hög grad i kylvattenomloppet på grund av snabba förändringar i tryck och temperatur (Ehlin m.fl. 2009). Kylvattnet som tas in i kärnkraftverket värms upp med cirka 11°C innan det pumpas ut till Biotestsjön (reaktor F1 och F2) eller till en kanal i anslutning till Biotestsjön (reaktor F3) (figur 1 och 2). Biotestsjön är ett cirka 90 hektar invallat område för mottagare av kylvatten. Kylvattnet pumpas in i Biotestsjöns södra del och släpps ut till det omgivande havsområdet Öregrundsgrepen genom utloppet i sjöns norra del (figur 1). Vattentemperaturen i Biotestsjön är, vid normal energiproduktion vid kraftverket, 7–9 °C högre än i omgivande områden. För att följa upp hur kärnkraftverket påverkar sitt närområde utförs kontinuerliga miljöundersökningar i ett särskilt biologiskt recipientkontrollprogram. Studier i den omgivande vattenmiljö utförs framför allt för att avgöra hur den omfattande kylvattenanvändningen vid kraftverket påverkar fisk och andra vattenlevande organismer längs kusten.



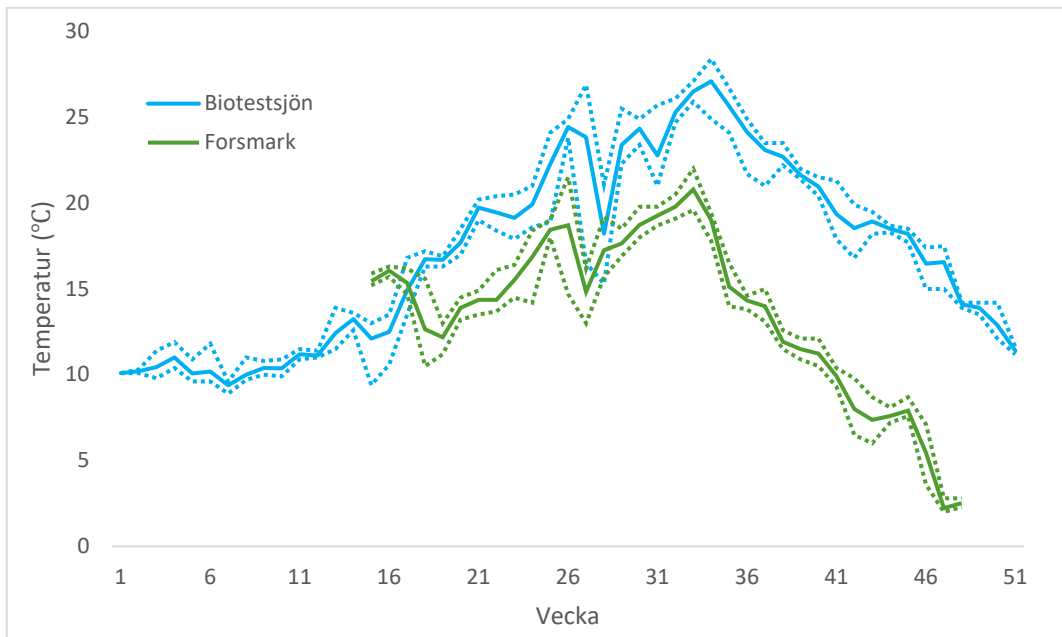
Figur 2. Översikt av undersökningsområdet i Öregrundsgrepen med provtagningspunkter för undersökningarna i Biotestsjön och i närrecipienten Forsmarks skärgård. I figuren visas dessutom referensområdet i Finbofjärden på Åland med provtagningspunkterna i området.

## 2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan

Under 2022 producerade Forsmarks kärnkraftverk 25,5 terawattimmar (TWh) el i sina anläggningar, vilket tillgodosåg drygt en sjättedel av Sveriges elbehov. Elproduktionen under året var i samma nivå som under 2021 och var den högsta uppmätta sedan kraftverket togs i drift på 1980-talet. Under 2022 var de tre reaktorerna avställda för revision i sammanlagt 84 dygn, från en tidpunkt under våren och fram till mitten av hösten (F1: 4 september-8 oktober, F2: 10 juli-30 juli, F3: 1 maj-28 maj).

De senaste åren har en rad moderniseringar och livstidsförlängande åtgärder genomförts i anläggningen, vilket bland annat resulterat i effekthöjningar i kraftverket. Åtgärderna har även medfört att kylvattenflödet till det gemensamma intaget för F1 och F2 vid full drift har ökat till drygt 100 m<sup>3</sup>/s jämfört med tidigare 88 m<sup>3</sup>/s år 2015, och att temperaturen i kylvattenutsläppet har ökat med cirka 1°C.

Under 2022 varierade temperaturen i Biotestsjön från knappt 9°C under vintermånaderna, till som mest 28,4°C i mitten av augusti (figur 3). Vattentemperaturen i Biotestsjön var över 25°C i 29 dagar under högsommarsäsongen. Den högsta uppmätta temperaturen vid referenspunkten Ön i Forsmarks skärgård infann sig också i mitten av augusti, då temperaturen noterades till 22.0°C (figur 3).



Figur 3. Vattentemperaturer centralt i Biotestsjön och Forsmarks skärgård (Ön) under 2022. Heldragen linje anger medeltemperaturen per vecka och streckade linjer anger minimum- och maxtemperatur under respektive vecka.

## 3. Kontrollprogram och metodik

Här beskrivs de undersökningar som ska genomföras enligt det biologiska kontrollprogrammet för Forsmarks kraftgrupp AB. Samtlig metodik beskrivs kortfattat. För mer utförliga beskrivningar av kontrollprogrammets metodik hänvisas till Handbok för kustundersökningar, recipientkontroll (Thoresson 1992; 1996), samt till dokumentation för undersökningstyperna Provfiske med kustöversiktsnät, nätlänkar och ryssjor (Andersson 2015) och Provfiske i Östersjöns kustområde – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät (Karlsson 2020).

### 3.1. Silstationen

Kontroll av fiskförluster genomförs i den gemensamma silstationen för de två reaktorerna F1 och F2 under veckorna 17–24 och 37–48. Undersökningarna omfattar all fisk som avskiljs i silstationen under ett dygn per vecka under provtagningsperioderna. All fisk över åtta centimeter artbestäms, räknas och vägs. För fiskar mindre än åtta centimeter tas fem stycken stickprov om en liter styck. Samtliga fiskar i stickproverna artbestäms, räknas och vägs; därefter adderas resultaten för en beräkning av förekomsten av små fiskar i hela rensmassan. Från de samlade resultaten av fiskräkningarna görs beräkningar av de totala förlusterna av fisk under hela provtagningsperioden, inklusive en uppskattning av förlusterna vid silstationen för den tredje reaktorn, F3. I samband med provtagningarna registreras vattentemperatur och vattenflöde. Längdmätning av storspigg sker vid ett tillfälle under våren och ett under hösten, tidigt under provtagningsperioden. Vid varje mätning skall ett slumpmässigt prov om minst 100 individer längdmätas med en millimeters noggrannhet. För strömming längdmäts ett slumpmässigt prov under hösten om minst 100 individer med en millimeters noggrannhet.



## 3.2. Provfisken

### 3.2.1. Provfisken med kustöversiktsnät

#### *Biotestsjön*

Provfiske med kustöversiktsnät görs på fem stationer under en natt en gång i månaden under perioden 15 mars – 15 juni (fyra fisken) samt vid tre tillfällen under perioden 20 oktober till 20 december (två gånger i oktober och en gång i december).

#### *Forsmark*

Provfiske med kustöversiktsnät görs på sex stationer vid tre tillfällen under perioden 20 oktober – 31 oktober i syfte att samla in referensmaterial enligt moment Kontroll av kondition och gonadskador, på arterna abborre och mört.

### 3.2.2. Provfisken med ryssjor

Fiske med ryssjor genomförs i Biotestsjön under fyra veckor i april. Under fiskeperioden fiskas sex stationer med tre parryssjor länkade med varandra. Redskapen sätts i sjön vid början av perioden och vittjas två gånger per vecka. All fångst artbestäms och längdmäts.

### 3.2.3. Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät

Provfiske med Nordiska kustöversiktsnät genomförs i augusti på 45 stationer i Forsmarks skärgård enligt standardförfarande. Samma metodik tillämpas i referensområdet i Finbofjärden på Åland.

### 3.2.4. Provfiske med detonationsteknik

Yngel och småväxta arter insamlas i Biotestsjön med detonationsteknik på tio fasta stationer vid tre tillfällen i augusti. Samtliga fiskar artbestäms och längdmäts. Referensprovtagning genomförs med samma metodik på tio fasta stationer i Forsmarks skärgård under september.

## 3.3. Kontroll av kondition och gonadskador

Vid provfiskena med kustöversiktsnät under perioden 20 – 31 oktober i Biotestsjön och Forsmarks skärgård samlas tio individer vardera från längdgrupperna 14 till 24 centimeter och samtliga större fiskar (> 24 cm) av abborre och mört in för kontroll av kondition och gonadstatus. Kondition enligt Fultons index (K) beräknas med formeln  $K = w \times L^{-3} \times 100$ , där w är vikten i gram och L är längden i centimeter. Ett

K-värde över 1,0 anses motsvara god kondition hos fisken. För att kontrollera fiskens gonadstatus genomförs en okulärbesiktning av gonaderna samt en beräkning av gonadsomatiskt index (GSI), vilket motsvarar gonadvikt i förhållande till kroppsvikt (somatisk vikt). Gonadsomatiskt index analyseras per gonadstatus enligt en fyrgradig skala; 1. Könsorgan ej utvecklade, 2. Könsorgan under tillväxt, dock ej lekmogen, 3. Lekmogen, 4. Utlekt.

### 3.4. Kontroll av fiskens ålder och tillväxt

#### *Biotestsjön*

Från de 100 insamlade abborrhonorna för konditions- och gonadkontroll tas även gällock och otoliter (hörselstenar) för analys av ålder och tillväxt. Insamling av abborre från Forsmarks skärgård (kustöversiktnät) för referensprov genomförs enligt samma metodik som ovan.

#### *Forsmark*

Vid provfisket med Nordiskt kustöversiktnät i Forsmarks skärgård samlas gällock och otoliter in från cirka 300 abborrhonor för analys av ålder och tillväxt. För beräkningar av relativ årsklasstyrka hos abborre används en modifierad version av Svärdsons metodik (Svärdson 1961; Neuman 1974). Antalet fiskar av en viss ålder i ett prov från ett visst fångstår vägs både mot det totala antalet fiskar i provet och mot den procentuella andelen för just denna ålder i det totala materialet från flera år (Thoreson 1996). I referensområdet vid Finbofjärden genomförs provtagningen med samma metodik.

### 3.5. Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk

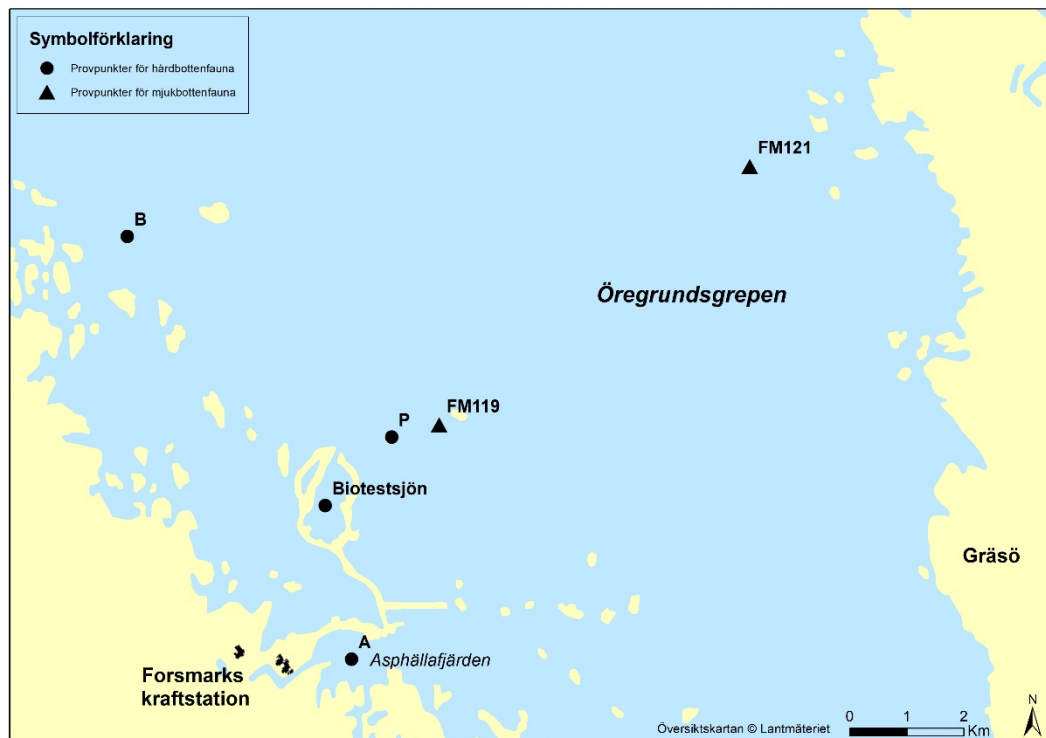
Vid samtliga provfisken med Kustöversiktnät, Nordiskt kustöversiktnät och ryssjor, okulärbesiktigas alla fiskar för kontroll av fisksjukdomar och parasitering.

### 3.6. Bottenfauna

#### 3.6.1. Mjukbottenfauna

Provtagning av mjukbottenfauna genomförs enligt en metodik där insamling sker genom bottenhugg med van Veen-huggare (Thoreson 1992; Girelli m.fl. 2021). Två stationer i Forsmarks skärgård, som påverkas i olika grad av

varmvattenutsläppet från kraftverket, provtas i maj månad; en djup station (FM 121, 41 meter) och en medeldjup station (FM 119, 16 meter) (figur 4). Två referensstationer med liknande djup utanför det påverkade området provtas i Finbofjärden (FB 2, 44 meter och FB 9, 22 meter) (figur 2). Proverna konserveras i 70 procent etanol i fält och analyseras senare på laboratorium, där fauna artbestäms till lägsta möjliga taxonomiska nivå med hjälp av stereolupp. Varje art räknas och vägs (våtvikt i milligram) för varje enskilt prov.



Figur 4. Översikt av Forsmarksområdet med provtagningspunkter för undersökningar av mjuk- och hårbottenfauna. Provtagningspunkterna för mjukbottenfauna påverkas i olika grad av kylvattenutsläppet och ligger på olika djup; FM 119 på 16 meters djup och FM 121 på 41 meters djup. Provtagningspunkterna för hårbottenfauna påverkas på olika sätt och grad av kylvatten; Biotestsjön med maximal påverkan av uppvärmt kylvatten, utsläppsområdet för kylvatten (P) som delvis påverkas av kylvatten, området för kylvattenintaget till kraftverket (A) samt Borgarna (B) norr om Biotestsjön som aldrig påverkas av kraftverkets kylvatten.

### 3.6.2. Hårbottenfauna

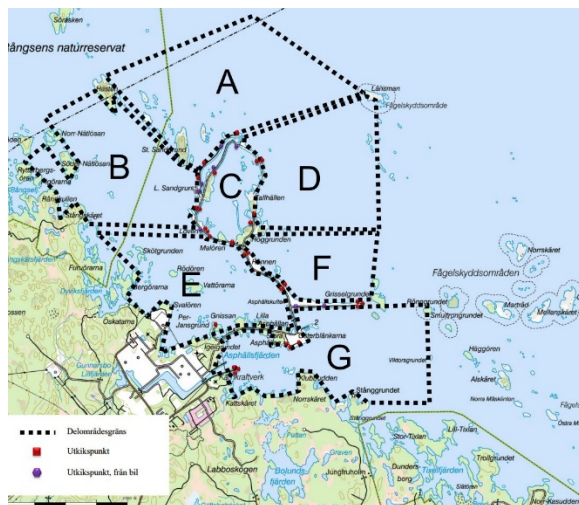
Provtagningen av hårbottenfauna genomförs enligt metodik med så kallade Landforsplattor (Adill m.fl. 2015), som placeras ut på fyra provtagningsstationer i Forsmarks skärgård (figur 4). Stationerna påverkas i olika grad av kraftverkets drift, närrecipienten Biotestsjön med maximal påverkan av uppvärmt kylvatten, utsläppsområdet från Biotestsjön (P), som delvis påverkas av kylvatten, området för kylvattensintaget till kraftverket Asphällafjärden (A) samt Borgarna (B) norr om Biotestsjön och utanför det område som påverkas av kylvatten. Tio

Landforsplattor placeras ut i slutet av maj på varje station på ungefär fyra meters djup. På varje station placeras en temperaturlogger för temperaturregistrering under provtagningsperioden. Landforsplattorna insamlas i slutet av september. Faunan konserveras i plastburkar med 70 procent etanol.

Fem till åtta av proverna analyseras på laboratorium, där fauna artbestäms till lägsta möjliga taxonomiska nivå med hjälp av stereolupp. Varje art räknas och vägs (våtvikt i milligram) för varje Landforsplatta.

### 3.7. Fågelinventeringar

Inventering av sjöfågel utförs två gånger i månaden under hela året enligt punkttaxeringsmetoden (Naturvårdsverket 1978) där vissa utvalda arter räknas under en bestämd tid från olika observationsplatser. Inventeringsområdet indelas i sju zoner (A–G) (figur 5). De sju arter som studeras delas in i tre olika funktionella grupper beroende på huvudsakligt födoval. Dessa grupper är 1) växtätare: gräsand och knölsvan, 2) bottendjursätare: knipa och vigg, samt 3) fiskätare: storskrake, mellanskarv och häger. Arterna har valts då de är vanligt förekommande i området året om och därmed bra indikatorer över eventuella förändringar i recipienten.



Figur 5. Inventeringsområdet för sjöfågel och dess indelning i sju zoner (A-G).

### 3.8. Insamling av omgivningsdata

Temperaturdata insamlas under året och används vid analyser av provfisken inom programmet.

### *Biotestsjön*

Temperaturer registreras kontinuerligt med temperaturloggers vid sex positioner i Biotestsjön; en centralt i Biotestsjön samt fem stycken i en gradient i Lagunen (figur 2).

I Biotestsjön finns även tre fasta mätpunkter som administreras av FKA; F12 – inloppet till Biotestsjön, F12 – utloppet från Biotestsjön och F3 – utloppet i F3:s kanal. Data från de fasta mätpunkterna skickas från FKA till SLU månadsvis. SLU får även månadsvis temperaturen i kylvattenkanalen från mätpunkten vid bron.

### *Forsmark*

Temperaturen registreras kontinuerligt med en temperaturlogger i Forsmarks skärgård vid Ön (figur 2). Utsättning av temperaturlogger sker efter islossning under våren och tas upp under senhösten innan isen hunnit lägga sig. Det finns även en fast mätpunkt i kylvattenkanalen till kraftverket som administreras av FKA. Dessa data skickas från FKA till SLU månadsvis.

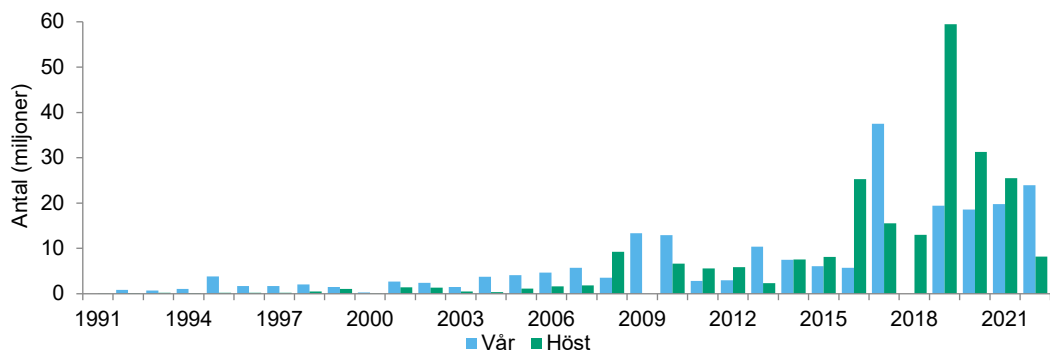
## 4. Resultat

### 4.1. Silstationen

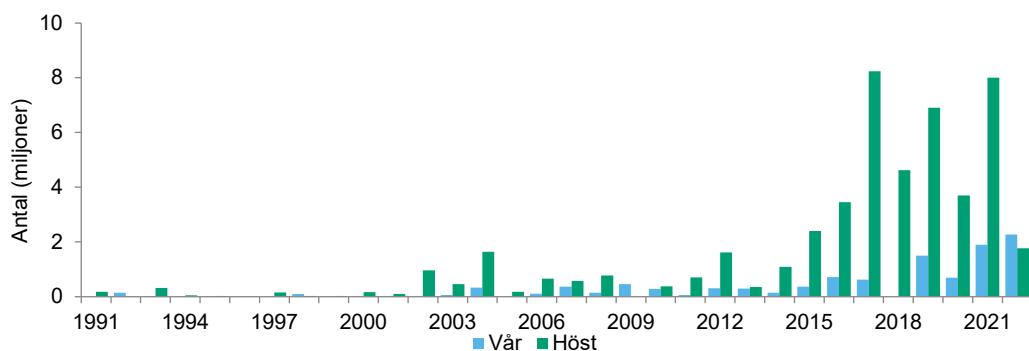
De beräknade förlusterna av fisk i silstationerna uppgick till drygt 27 miljoner individer fördelade på 29 arter under våren och 10,5 miljoner individer fördelade på 24 arter under hösten (tabell 1). Fiskförlusterna under våren 2022 var ungefär lika omfattande som under våren 2021. Under hösten 2022 var förlusterna endast en tredjedel så stora som hösten 2021. Likt föregående år påverkades provtagningarna av revisionsavställningar och minskade kylvattenflöden genom silstationerna. Under våren genomfördes provtagningarna vid sex tillfällen av åtta med maximalt kylvattenflöde. Under hösten genomfördes provtagningarna under normal drift vid åtta av tolv tillfällen, men vid ett tillfälle fick provtagningarna avbrytas på grund av hård blåst och containern blev överfull av alger. Fullt kylvattenflöde genom silstationen för F1 och F2 är drygt 100 m<sup>3</sup>/s.

Likt tidigare år utgjordes förlusterna 2022 främst av småväxta fiskarter som storspigg, småspigg och mindre havsnål, samt årsyngel av strömming (tabell 1). Under våren 2022 påträffades även ovanligt stora mängder vuxna individer av strömming och nors (tabell 1). Under höstprovtagningarna fastnade betydligt färre individer i silstationen än föregående år. Dessutom var storleksfördelningen i förlusten annorlunda, med fler stora och färre små individer.

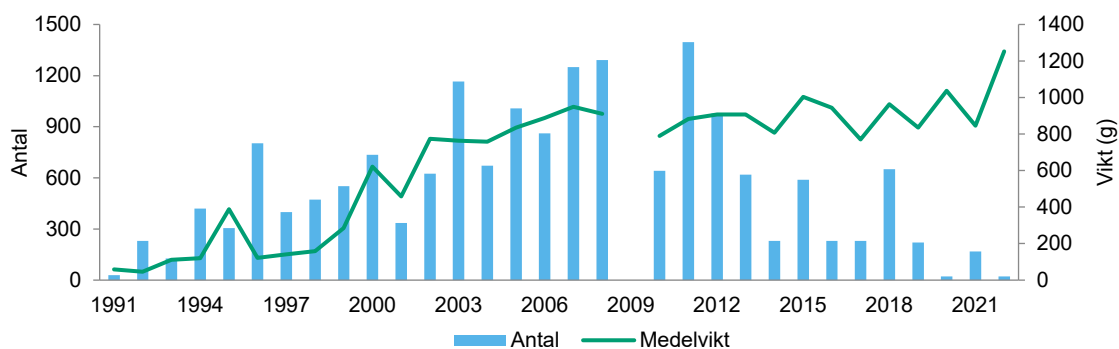
Storspigg var den art som förekom mest i provtagningarna och omfattade 88 % av proverna under våren och 77 % under höstperioden. De stora mängderna storspigg bestod främst av vuxna individer under våren och av årsyngel under höstperioden (tabell 1 och figur 6). Småspigg utgjorde också en väsentlig del av provmängderna och de största mängderna någonsin noterades under vårperioden och stora mängder noterades även under hösten (figur 7). Det gick dock inte att urskilja mönster för skillnader i åldersfördelningar mellan vår- och höstprovtagningarna för småspigg.



Figur 6. Förluster av storspigg i silstationerna under vår- och höstperioden. Resultat för hösten 2009 och våren 2018 saknas på grund av att inga undersökningar genomfördes då.



Figur 7. Förluster av småspigg i silstationerna under vår- och höstperioden.



Figur 8. Förluster och medelvikter av ål i silstationerna under höstprovtagningsperioden. 2009 års värden saknas på grund av alltför reducerade provtagningar.

Mängden ål i silstationerna under 2022 visade likt närmast föregående år att omfattningarna av förlusterna var relativt små (figur 8). Till skillnad från tidigare år var förlusterna av ål högre under våren än på hösten, med fler småväxta individer. Förlusterna av ål utgjordes av både köns mogna individer på väg mot lekområdena, så kallade blankålar, och uppväxande gulålar som sannolikt uppehållit sig i Forsmarksområdet (tabell 1). Under 2022 togs fem ålar om hand i silstationen och återutsläpptes till havet levande i Hargshamn, 32 kilometer söder om Forsmark, enligt framtagen metodik.

Förekomsten av så kallade varmvattenarter såsom abborre, mört, gös och sutare var likt föregående år relativt omfattande (tabell 1). Sutare har tidigare under provtagningsserien endast förekommit sporadiskt men har under de senaste åren noterats allt oftare. En stor andel av de som fastnar i silstationerna är unga individer och främst under höstperioden (tabell 1).

Tabell 1. Beräknade fiskförluster (antal individer under vår- och höstperioden) och medelvikt (gram) i silstationerna per art. Värdena för ål anges både som blankål och gulål och avser det beräknade antalet som fastnade i silstationerna (gemensamma silstationen för F1 och F2 samt silstation F3) och där fem ålar i silstationen F1 och F2 kunde återutsättas i havet oskadade.

Art	Vår (antal)	Medelvikt (gram)	Höst (antal)	Medelvikt (gram)
Storspigg	23 918 580	1,79	8 174 513	0,62
Småspigg	2 278 500	0,66	1 768 673	0,54
Sandstubb	271 740	0,61	21 662	0,57
Strömming	166 205	11,59	361 610	3,19
Löja	163 254	3,54	2 898	3,47
Mindre havsnål	115 290	0,64	181 314	0,43
Kusttobis	37 706	1,63	4 032	3,66
Björkna	36 362	3,64	914	9,97
Abborre	24 392	10,81	7 308	16,73
Mört	22 281	9,05	7 802	1,48
Nors	11 141	25,68	2 195	30,22
Gös	4 914	23,84	305	74,21
Tånglake	1 796	4,94	200	16,42
Gädda	1 680	1,34	42	21,13
Gers	777	36,05	326	28,71
Skarpsill	473	11,36	872	12,52
Sarv	200	38,21		
Sutare	95	12,33	441	4,28
Blankål	63	851,17	21	1 252,50
Tobiskung	63	17,50		
Flodnejonöga	42	33,75	105	51,65
Braxen	21	289,00	32	6,33
Gulål	21	627,50		
Vimma	21	494,00	11	11,00
Hornsimpa	11	6,00		
Id	11	896,00		
Ruda	11	12,00	21	7,00
Svart smörbult	11	7,00		
Ullhandskrabba	11	69,00		
Piggvar			21	83,25
Bergsimpa			21	2,25
<b>Totalt</b>	<b>27 055 665</b>		<b>10 535 322</b>	
<b>Antal arter</b>	<b>29</b>		<b>24</b>	



## 4.2. Provfisken

### 4.2.1. Provfisken med kustöversiktsnät

#### *Biotestsjön*

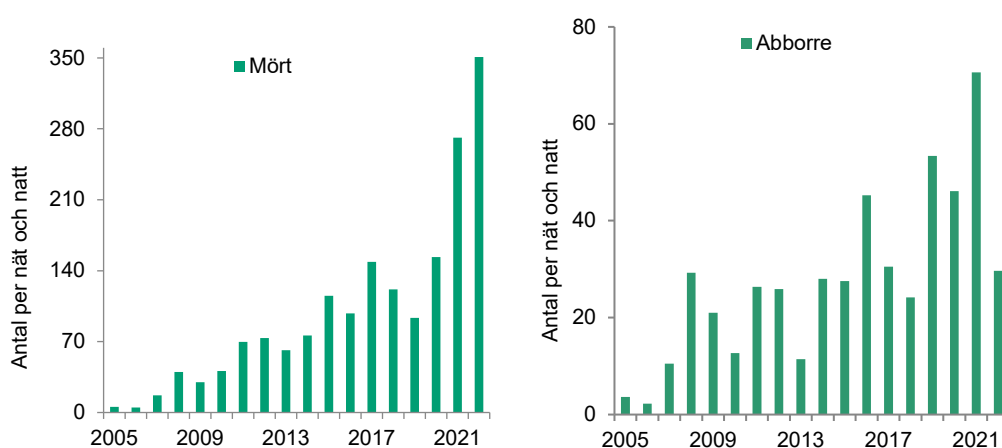
Vid provfiskena med kustöversiktsnät i Biotestsjön fångades det totalt 15 676 individer av tio olika arter vid sju tillfällen under 2022 (tabell 2). De vanligaste arterna i provfiskena var likt föregående år mört, abborre, björkna och sarv. I fångsterna förekom i likhet med 2021, även relativt höga tätheter av gädda. Fångsterna var som störst under våren (mars till juni) och tätheterna av fisk i Biotestsjön fortsatte att öka och var de högsta sedan vårprovfiskena inleddes 2005 (figur 9 och 10).



*Figur 9. Vittjning av kustöversiktsnät vid station 2 (Lagunen) i Biotestsjön under maj månad 2021. Samtliga fiskar på bilden är mörtar.*

Tabell 2. Fångster i provfiskena med kustöversiktsnät i Biotestsjön under 2022. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt), uppdelade på vår (mars-juni), höst (oktober) och vinter (december).

	Vår Biotestsjön		Höst Biotestsjön		Vinter Biotestsjön	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
Mört	9 544	265,11	362	18,1	264	26,4
Björkna	1 573	43,69	81	4,05	3	0,3
Abborre	1 376	38,22	731	36,55	313	31,3
Sarv	395	10,97	171	8,55	624	62,4
Gärs	118	3,28	17	0,85	6	0,6
Gädda	33	0,92	10	0,5	24	2,4
Löja	11	0,31				
Sutare	5	0,14	4	0,2	2	0,2
Vimma	2	0,06				
Id	1	0,03	1	0,05	1	0,1
Braxen					4	0,4
Totalsumma	13 058	363,00	1 377	68,85	1241	124,1

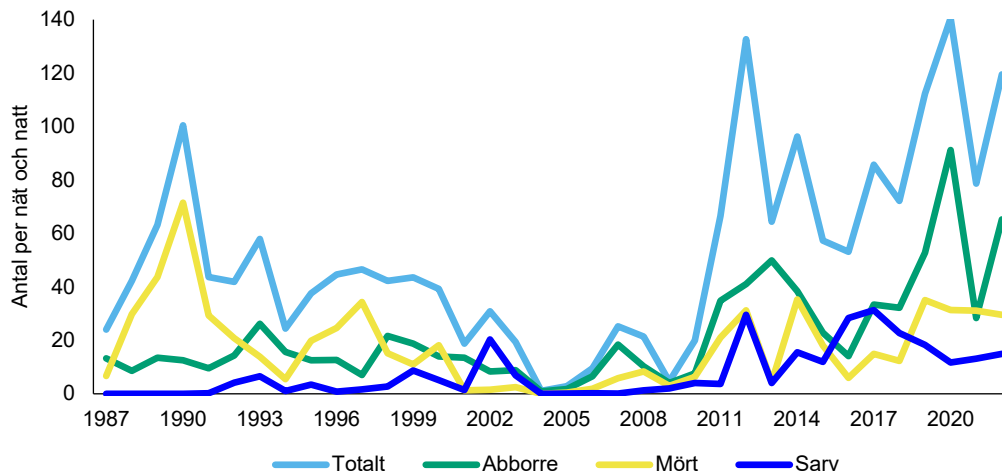


Figur 10. Fångst av mört (t.v.) och abborre (t.h.) i Biotestsjön under vårens provfisk (mars-maj) med kustöversiktsnät mellan år 2005 och 2022.

Likt föregående års provfisk under våren fångades mest abborre och mört under perioden april - maj samt björkna och sarv under maj och juni månad. Fångsterna av mört under vårperioden var de i särklass största sedan fiskundersökningarna inleddes i Biotestsjön på 1980-talet (figur 10). Antalet abborrar var mindre än hälften jämfört med rekordåret 2021 (figur 10). Den största andelen av de fångade abborrarna och mörtarna utgjordes av lekmogen fisk eller individer som skulle leka. Fångsten av björkna vid junifisket (296,4 individer per station) var den enskilt största fångsten vid ett tillfälle sedan vårprovfisket startade år 2005.

Under höstperioden var fångsterna i Biotestsjön högre än föregående år men lägre än rekordnoteringarna under 2020 (figur 11). Att de totala fångsterna var lägre i år än 2020 var ett resultat av det lägre antalet fångade abborrar.

Tätheterna av de näst vanligaste arterna under hösten, mört och sarv, var i ungefär samma omfattning som år 2021 och 2020. I Biotestsjön fångades inga individer av till exempel strömming, tånglake och nors, arter som återfanns i provfisket i Forsmarks skärgård under samma period.



Figur 11. Fångster av mört, sarv, abborre samt totalt vid provfiske med kustöversiktsnät under oktober månad under åren 1987-2022 i Biotestsjön.

### Forsmark

Vid referensprovfiskena med kustöversiktsnät i Forsmark vid två vittjningar i oktober, fångades totalt 1 805 individer av tretton olika arter (tabell 3). Mört och abborre var de vanligaste arterna under provfisket och utgjorde 58 % respektive 20 % av fångsterna. Likt föregående år var fångsten av abborre dubbelt så stor i Biotestsjön som den var i Forsmark. Däremot var förekomsten av mört likt år 2020, betydligt större i Forsmark jämfört med Biotestsjön. Under provfisket fångades strömming, nors och tånglake i Forsmark, tre arter som inte påträffades i Biotestsjön.

Tabell 3. Fångster i provfiskena med kustöversiktsnät i Forsmark under oktober 2022. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt).

Art	Antal	CPUE
Mört	1 052	52,6
Abborre	353	17,7
Björkna	115	5,8
Gärs	107	5,4

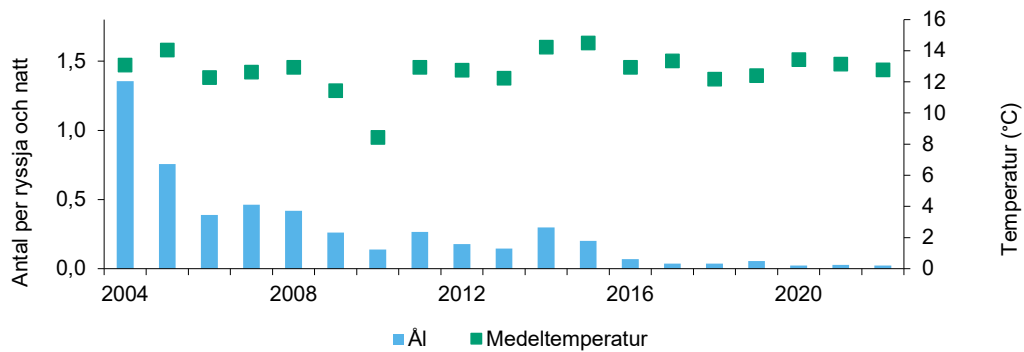
Art	Antal	CPUE
Sarv	88	4,4
Strömming	79	4,0
Braxen	4	0,2
Id	2	0,1
Gädda	1	0,1
Löja	1	0,1
Nors	1	0,1
Tånglake	1	0,1
Vimma	1	0,1
<b>Totalt</b>	<b>1 805</b>	<b>90,3</b>

#### 4.2.2. Provfiske med ryssjor

Vid provfiskena med ryssjor i Biotestsjön under april månad fångades totalt 8 323 individer av tio olika arter (tabell 4). Fångsten var den största sedan undersökningarnas start år 2004. Den vanligaste arten i provfiskena var mört, som utgjorde 80 % av fångsterna. Fångsterna av ål i Biotestsjön var likt de senaste åren mycket små och den negativa utvecklingen av arten förstärktes under 2022 då endast 22 individer fångades under hela fiskeperioden (figur 12). Ålarna som fångades varierade mycket i storlek, med längder från 44 till 96 centimeter.

*Tabell 4. Fångster i provfiskena med ryssjor i Biotestsjön under april månad 2022. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per ryssjehus och dygn).*

Art	Antal	CPUE
Mört	6 683	6,63
Abborre	1 190	1,18
Gärs	269	0,27
Sarv	91	0,09
Björkna	29	0,02
Gulål	22	0,02
Svart smörbult	21	0,02
Gädda	10	0,01
Sutare	7	0,01
Löja	1	0,01
<b>Totalt</b>	<b>8 323</b>	<b>8,26</b>



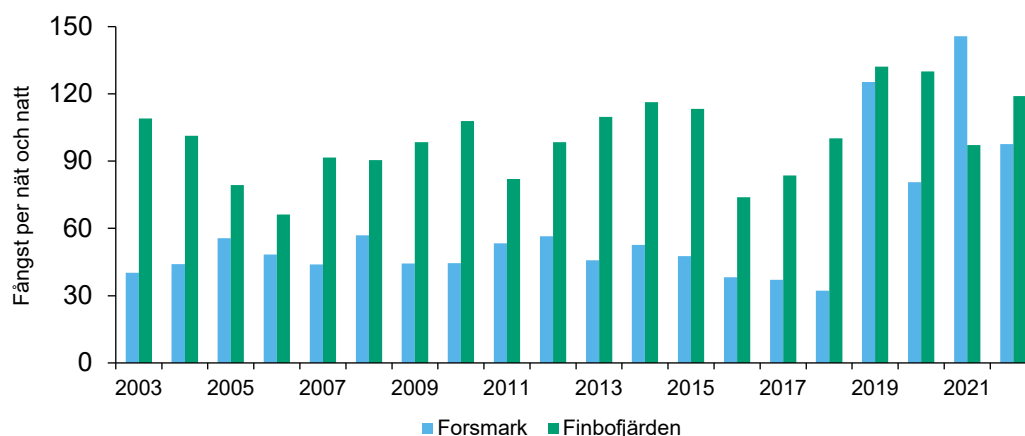
Figur 12. Fångsterna av ål vid provfiskena i Biotestsjön under april månad åren 2004-2022. Gröna boxar anger medeltemperaturen vid vittjningarna under provfiskeperioden.

#### 4.2.3. Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät

I provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård fångades totalt 4 395 individer av 16 olika arter (tabell 5). Fångsterna under 2022 var de tredje största sedan undersökningarna inleddes i början av 2000-talet, fångsterna var endast större 2019 och rekordåret 2021 (figur 13). De två vanligast förekommande arterna var björkna och abborre (tabell 5) som utgjorde 29 respektive 27 % av fångsterna. Under de föregående tre åren har mört varit den tveklöst vanligaste arten i provfisket och utgjort mellan 40- och 50 % av de totala fångsterna. År 2022 fångades betydligt färre mörtar än föregående år och de utgjorde endast 20 % av den totala fångsten. Den förhållandevis låga totala fångsten var till stor del ett resultat av det låga antalet mörtar i årets provfiske (tabell 5 och figur 14).

En annan art som blivit allt mer vanligt förekommande i provfiskena i Forsmark är storspigg (tabell 5). Fram till 2018 förekom storspiggen endast sporadiskt i fångsterna, men har sedan dess fångats vid samtliga provfisken därefter. Under 2022 fångades förhållandevis stort antal strömmingar och utgjorde 11 % av den totala fångsten (tabell 5). Efter föregående års stora fångst av gös, registrerades i år endast nio individer (tabell 5).

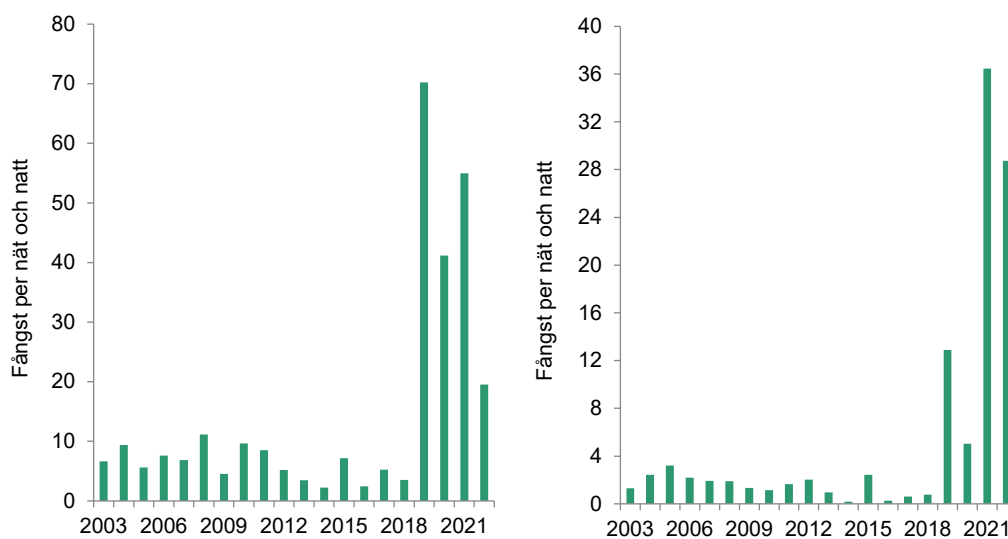
Under 2022 återfanns både sutare och vimma, två karpfiskar som vanligtvis inte förekommer i provfisket, men som de senaste åren blivit alltmer vanliga i fisket (tabell 5).



Figur 13. Totalfångster vid provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät vid stationer som har 0-6 meters djup i Forsmarks skärgård (30 stationer) och i referensområdet Finbofjärden (28 stationer).

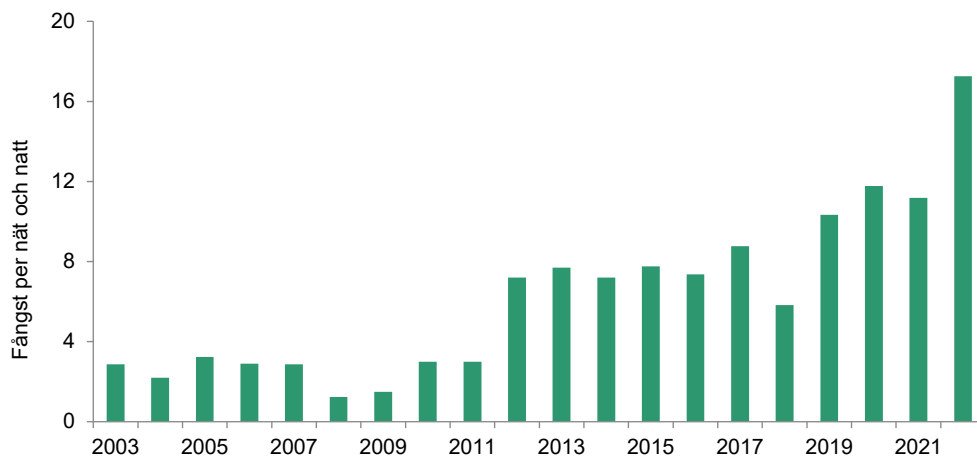
Tabell 5. Fångster i provfiskena med Nordiskt kustöversiktsnät i augusti månad 2022 i Forsmark (45 stationer) och i referensområdet Finbofjärden (38 stationer) på Åland. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt).

Art	Forsmark	CPUE	Finbofjärden	CPUE
Björkna	1 293	28,73	656	17,26
Abborre	1 169	25,98	1 879	49,45
Mört	878	19,51	1 554	40,89
Strömming	477	10,6	56	1,47
Löja	292	6,49	55	1,45
Gärs	208	4,62	155	4,08
Storspigg	24	0,53		
Braxen	23	0,51	9	0,24
Id	10	0,22	2	0,05
Gös	9	0,20	152	4,00
Sutare	3	0,07		
Vimma	3	0,07		
Svart smörbult	2	0,04		
Tånglake	2	0,04		
Sik	1	0,02		
Skarpsill	1	0,02	1	0,03
Gädda			4	0,10
Nors			1	0,03
Skrubbskädda			1	0,03
<b>Totalt</b>	<b>4 395</b>	<b>97,66</b>	<b>4 525</b>	<b>119,08</b>
<b>Antal arter</b>	<b>16</b>		<b>13</b>	

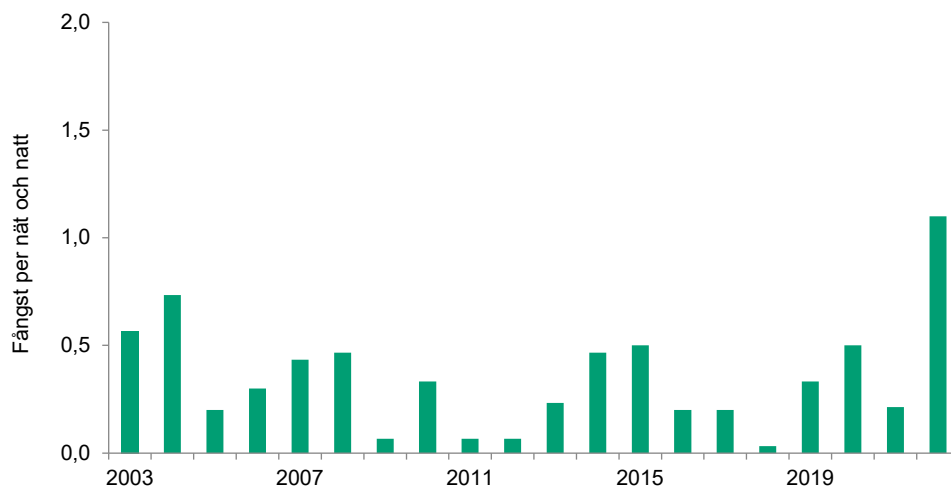


Figur 14. Fångst av mört (t.v.) och björkna (t.h.) i Forsmarks skärgård under augusti månad med Nordiskt kustöversiktsnät mellan år 2003 och 2022.

Vid jämförelser med referensområdet Finbofjärden fångades återigen färre individer inom provfiskena i Forsmarksområdet (figur 13). Förra året var första gången som referensområdet hade ett högre antal individer än recipientområdet. I Finbofjärden fångades totalt 4 525 individer av tretton olika arter (tabell 5). De vanligaste arterna i referensområdet är likt i Forsmarksområdet abborre, björkna och mört, vilka utgör 90 % av de totala fångsterna i Finbofjärden. Det fångades färre arter i Finbofjärden och andelen varmvattenarter, såsom t ex sarv, sutare och vimma, saknades helt i provfisket. Björkna, som tillhör familjen karpfiskar (*Cyprinidae*) och är ännu en varmvattenart, har däremot en positiv utveckling i Finbofjärden och fångas numer i stort antal (figur 15). Antalet björknor som fångades i år var det högsta sedan provfiskets start 2003. I Finbofjärden fångades en marin art, skrubbskädda, som inte återfanns i fångsten i Forsmark. År 2022 fångades ett ovanligt stort antal gösar (tabell 5) och förekomsten var den största sedan fiskets inleddes år 2003 (figur 16). Gösarna varierade i storlek från tolv centimeter upp till 39 centimeter.



Figur 15. Fångst av björkna i Finbofjärden under augusti månad med Nordiskt kustöversiktsnät mellan år 2003 och 2022.



Figur 16. Fångst av gös mellan 0 och 6 meter i Finbofjärden under augusti månad med Nordiskt kustöversiktsnät mellan år 2003 och 2022.

#### 4.2.4. Provfiske med detonationsteknik

Vid provfiskena med detonationsteknik i Biotestsjön fångades totalt 1 103 individer av åtta olika arter, varav de flesta individer var årsyngel (tabell 6). Den i särklass vanligaste arten var årsyngel av björkna, följt av sarv, löja och abborre (tabell 6). Förekomsterna av årsyngel för abborre och mört var relativt lågt jämfört med tidigare år, i synnerhet jämfört med 2021 då fångsterna var relativt höga. I likhet med de närmast föregående åren kunde sutare noteras vid provtagningarna, en art som fram till 2018 aldrig har förekommit i yngelundersökningarna i Biotestsjön. Storleken hos årsynglen i Biotestsjön visar på något lägre tillväxt än 2021.



I Forsmarks skärgård fångades 425 individer av åtta olika arter (tabell 6). Vanligaste fångsterna i Forsmark var storspigg, elritsa och sandstubb. Till skillnad från fångsterna i Biotestsjön förekommer stor andel av arter som trivs bättre i svalare vatten, till exempel storspigg, strömming, elritsa och sandstubb. Fångsten var hälften så stor som fångsten 2021. Samtliga arter fångades i lägre antal än föregående år och de arter om brukar fångas i låga antal uteblev helt från undersökningarna. Abborryngel saknades helt i fångsterna och endast ett årsyngel av mört noterades i fångsterna (tabell 6).

Tabell 6. Förekomst av juvenil/adult fisk (äldre än årsyngel), årsyngel och CPUE för årsyngel (antal per skott) i Biotestsjön och Forsmark under 2022. Längd presenteras som medellängd i millimeter för årsyngel av utvalda arter.

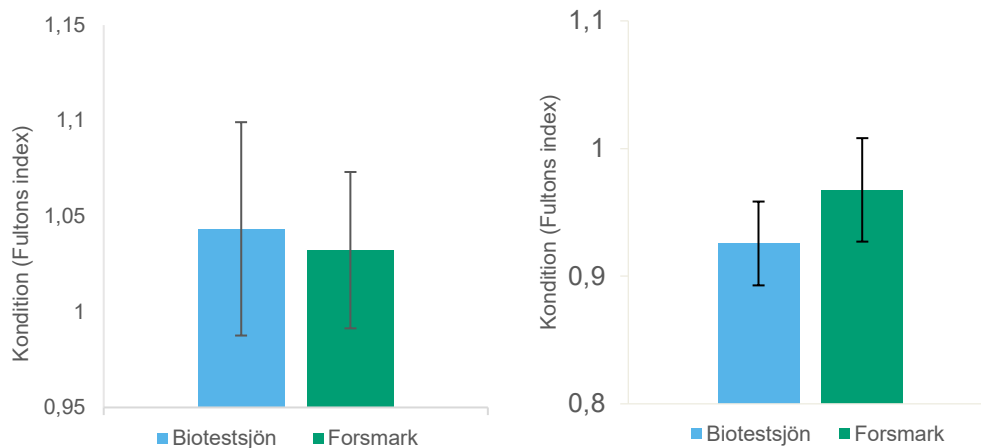
	Biotestsjön				Forsmark			
	Yngel	CPUE	Juvenil/ yngel Adult	Längd (mm)	Yngel	CPUE	Juvenil/ Adult	Längd (mm)
Björkna	818	27,3		40	1	0,03		46
Sarv	192	6,4	8	37				
Löja	56	1,87	25	25	9	0,3	3	32
Abborre	15	0,5	29	101			1	
Sutare	11	0,37		43				
Gädda	6	0,2	4	209				
Mört	4	0,13	2	62	1	0,03		57
Storspigg	1	0,03		25	190	6,33	1	18
Gärs				1	1	0,03	2	42
Elritsa					34	1,13	146	25
Sandstubb					32	1,07	2	21
Strömming					2	0,07		36
Totalt	1103	36,8	69		270	9	155	

### 4.3. Kontroll av kondition och gonadskador hos fisk

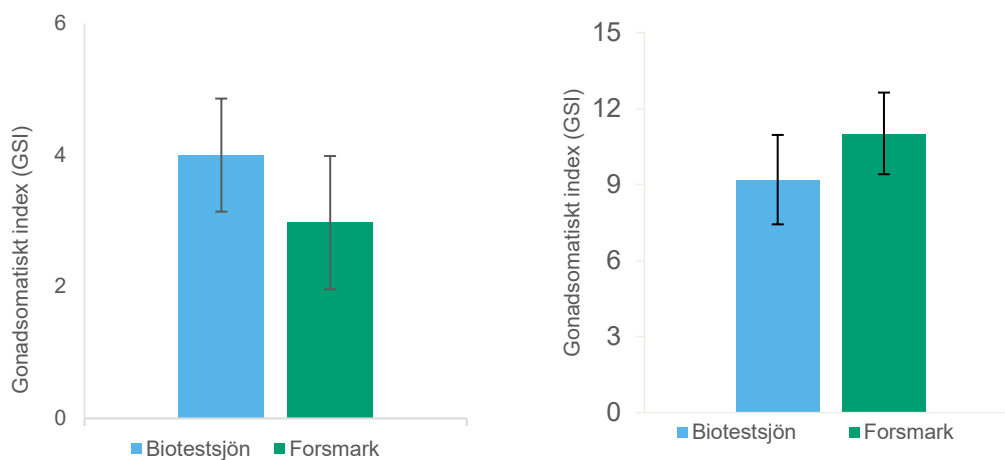
Kontrollerna av kondition och gonadskador (skador i fortplantningsorganen) hos abborre och mört i Biotestsjön och referensområdet i Forsmarks skärgård omfattade 100 individer per art och område (tabell 7). Abborrarna som ingick i provtagningarna var till stor del unga individer och majoriteten av abborrarna var ett-, två- eller treåriga. I Biotestsjön hade 67 % av abborrarna uppnått könsmognad medan knappt 30 % var köns mogna i proverna från Forsmark (tabell 7). För mörten var de flesta köns mogna individer, både i Biotestsjön och i Forsmarks skärgård (tabell 7).

Under provtagningarna påträffades inga individer med gonadskador, onormalt låga värden för kondition eller gonadsomatiskt index (figur 17 och 18).

Kontrollerna visade att det inte fanns någon skillnad i kondition hos abborre eller mört mellan Biotestsjön och Forsmark (figur 17). Vid jämförelser av gonadsomatiskt index för abborre mellan områdena var värdet hos individer i Biotestsjön större jämfört med abborrar från Forsmark (figur 18). Däremot hade mörtarna i Forsmark ett högre gonadsomatiskt index än individer från Biotestsjön (figur 18).



Figur 17. Kondition hos abborre (t.v.) och mört (t.h.) i Biotestsjön och Forsmark angivet som Fultons index. Felstaplar anger 95 % konfidensintervall.



Figur 18. Gonadosomatiskt index hos abborre (t.v.) och mört (t.h.) i Biotestsjön och Forsmark. Felstaplar anger 95% konfidensintervall.

Tabell 7. Kontroll av kondition och gonadskador hos abborre och mört i Biotestsjön och Forsmark under oktober månad. Tabellen anger antalet individer som ingått i provtagningen, antalet individer som klassats som juvenila (könsorgan ej utvecklade) och köns mogen (könsorgan under tillväxt) samt ålder för abborre. Åldersbestämning för mört ingår inte i programmet. Längst ned i tabellen anges medelvärden för kondition (Fultons index) och gonadosomatiskt index (GSI) hos köns mogna individer av abborre och mört.

	Abborre		Mört	
	Biotestsjön	Forsmark	Biotestsjön	Forsmark
Antal provtagning	100	98	89	100
Könsorgan ej utvecklade	34	77	13	17
Könsorgan under tillväxt	66	21	76	83
Årsyngel	4	0		
Ettåriga	73	52		
Tvååriga	3	30		
Treåriga	13	12		
Fyråriga	4	3		
Fem år eller äldre	3	1		
Konditionsvärde	1,04	1,02	0,92	0,96
Gonadsomatiskt index	4,00	3,07	9,19	11,02

#### 4.4. Kontroll av fiskens ålder och tillväxt

##### *Biotestsjön*

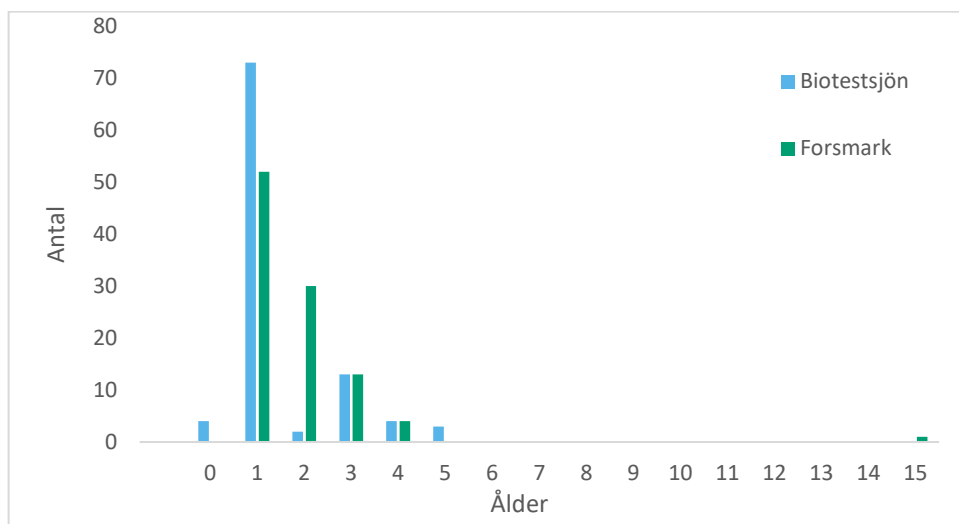
Vid kontrollerna av ålder hos abborrhonor i Biotestsjön och i referensområdet Forsmarks skärgård under oktober månad visade provtagningarna att fångsterna bestod främst av ett-, två- och treåriga individer (figur 19). I Biotestsjön påträffades fyra stycken årsyngel vilket inte gjordes hos abborrar från Forsmark (figur 18). Generellt förekom relativt få äldre individer vid provtagningarna i Biotestsjön, endast fyra stycken fyraåringar och tre stycken femåringar (figur 19). I Forsmarks skärgård hittades fyra stycken fyraåringar samt en femtonåring (figur 19).

I kontrollerna av tillväxt hos abborrar i Biotestsjön och Forsmark under oktober, visade resultaten att abborrarna i Biotestsjön har högre tillväxthastighet jämfört med abborrar i Forsmarks skärgård. För abborrar i åldrarna ett år var medellängden drygt 21 centimeter i Biotestsjön jämfört med Forsmarksabborrar som var drygt 16 centimeter (tabell 8).

*Tabell 8. Medellängd i centimeter vid ålder hos abborrhonor i Forsmark och Finbofjärden i augusti samt i Biotestsjön och Forsmark i oktober år 2022.*

Ålder	Augusti		Oktober	
	Forsmark	Finbo	Biotestsjön	Forsmark
0	8,2	-	14,85	-
1	14,10	10,23	21,03	16,51
2	19,17	14,76	27,33	19,79
3	23,66	17,86	27,98	24,1
4	28,08	23,09	32,60	31,0
5	31,50	25,24	35,07	-
6	32,10	27,17	-	-
7	33,06	29,20	-	-

8	35,80	30,38	-	-
9	39,50	33,3	-	-
10	-	38,9	-	-
11	-	33,7	-	-
13	-	35,9	-	-
15	-	-	-	45,3

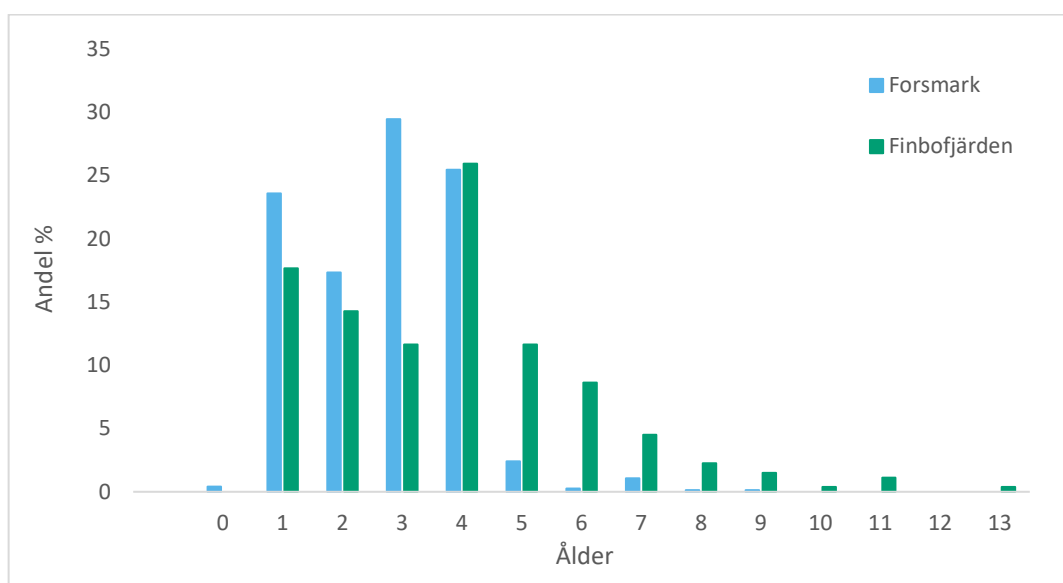


Figur 19. Åldersfördelning hos provtagna abborrhonor i Biotestsjön och Forsmarks skärgård under oktober månad 2022.

### Forsmark

Vid kontrollerna av ålder hos abborrhonor i Forsmarks skärgård under augusti månad visade provtagningarna att de flesta individer var mellan ett och fyra år gamla (figur 20). Under 2022 fångades ett årsyngel vid provfiskena under augusti månad och förekomsten av individer äldre än fyra år var liknande föregående år (figur 20). I referensområdet Finbofjärden var fyraåriga abborrar mest frekventa i fångsterna, följt av ettåriga individer (figur 19). Inga årsyngel påträffades vid provfisket. I jämförelse med åldersfördelningen i Forsmark fanns en antydning att en större andel av abborrarna är äldre individer, och äldsta abborren som påträffades var tretton år gammal (tabell 8). Den äldsta abborren (en individ) som påträffades i Forsmark var sju år gammal (tabell 8).

I analyserna av tillväxt hos abborrarna i Forsmark och Finbofjärden vid tidpunkt i augusti månad, visade resultaten att tillväxthastigheten hos abborrar i Forsmarks skärgård var högre jämfört med abborrar som lever i Finbofjärden (tabell 8). Skillnaden i tillväxten mellan abborrarna i de olika områdena var relativt större under de tidiga livsåren, och redan vid ett års ålder är abborrar i Forsmark drygt fyra centimeter större jämfört med individer från Finbofjärden (tabell 8).



Figur 20. Åldersfördelning hos abborrhonor fångade med Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmark och i referensområdet Finbofjärden under augusti 2022.

#### 4.5. Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk

Vid kontroller av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk i samband med provfiskena påträffades endast ett fåtal individer i Biotestsjön och Forsmarksområdet med sjukdomar och skador (tabell 9). Likt föregående år påträffades individer med skelettskador, uttryckt som ryggradskrökningar (antingen medfödd eller förvärvad) och mopskalle. Hudsymptom såsom öppna sår förekom också i Biotestsjön. Inga individer med sjukdomssymptom kunde upptäckas från referensområdet Finbofjärden. Omfattningarna av svarta fläcksjukan (parasitering av digena trematoder, ögonsugmaskar) på fisken inom undersökningarna var relativt små i samtliga områden.

Tabell 9. Förekomst av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk i provfiske utförda i recipienten (Biotestsjön, närreferens (Forsmark) och fjärreferens (Finbofjärden) under 2022 med nät och ryssjor.

	Biotestsjön	Forsmark	Finbo, Åland
Mopskalle		1	
Ryggradskrökning - Lordos	1		
Hudsår/Hudsymptom	2		
Övriga symptom		1	
Prevalens %	0,016	0,024	0

## 4.6. Bottenfauna

### 4.6.1. Mjukbottenfauna

Undersökningarna av mjukbottenfauna visade små variationer i artsammansättning mellan lokalerna utanför Forsmarks kärnkraftverk och referensområdet i Finbofjärden (tabell 10). Vid 2022 års undersökning påträffades mellan 6 och 14 arter av bottenfauna per lokal, och tätheten uppgick till mellan 1 014 och 1 617 individer per kvadratmeter på de olika lokalerna. Generellt var antalet individer per kvadratmeter på de olika lokalerna mer lika varandra än de varit föregående år, men förekomsten av bottenfauna var återigen högre i referensområdet än i Forsmarksområdet både på medeldjupa och djupa bottnar. Även artantalet var högre i Finbofjärden än på motsvarande lokal i Forsmarksområdet, och artantalet var också högre på medeldjupa bottnar än djupa bottnar (tabell 10).

Vid provtagningen på medeldjupa bottnar i Forsmark var östersjömussla (*Limecola balthica*) likt tidigare år den dominerande arten. Av den främmande arten nordamerikansk havsborstmask (*Marenzelleria* sp.) registrerades fler individer än föregående år och var 2022 den näst mest förekommande arten med 287 registrerade individer, jämfört med 2021 då den var den sjunde vanligaste arten (36 individer). Även av den invasiva arten nyazeeländsk tusensnäcka (*Potamopyrgus antipodarum*) påträffades fler individer än föregående år och 2022 var snäckan den tredje vanligast förekommande arten. För andra året i rad påträffades inte främmande trekantig brackvattensmussla *Mytilopsis leucophaeta* på Forsmarks medeldjupa bottnar. Antalet individer av indikatorarten vitmärsla (*Monoporeia affinis*) var färre på lokalen, och var under 2022 det lägsta registrerat sedan 2018.

På medeldjupa bottnar vid referensområdet i Finbofjärden var östersjömussla den vanligast förekommande arten. Nordamerikansk havsborstmask var under 2021 den sjunde mest registrerade arten på lokalen, men förekom i betydligt större antal under 2022 och var den näst vanligast arten. Andra ofta förekommande arter var nyazeeländsk tusensnäcka och individer av familjen fjädermyggor (*Chironomidae*). På lokalen påträffades sandmussla (*Mya arenaria*) igen, efter att inte ha registrerats sedan 2020. Även individer av pungräkssläktena *Pranus* och *Neomysis* hittades på platsen för första gången sedan 2019.

På Forsmarks djupa bottnar dominerades proverna likt tidigare år av nordamerikansk havsborstmask. Östersjömussla var en av de mest förekommande arterna i proverna efter att ha påträffats i relativt låga antal under 2021. Andra vanliga arter på lokalen var fjädermyggor och fåborstmaskar (*Oligochaeta*). Av indikatorarten vitmärsla registrerades färre individer än föregående år på lokalen och 2022 registrerades bara 44 individer. Under 2021 hittades 60 individer, och 2020 var arten den tredje mest förekommande i proverna med 236 individer.

På motsvarande djup i Finbofjärden registrerades flest individer av östersjömussla, nordamerikansk havsborstmask och korvmask (*Halicryptus*

*spinulosus*), vilket överensstämmer med föregående års resultat. Individer av fåborstmaskar registrerades på lokalen igen efter att inte ha påträffats sedan 2019. Vid årets undersökning registrerades 30 individer av djurgruppen. Även individer av bakborstig rovmask (*Hediste diversicolor*) hittades på lokalen för första gången sedan 2017. Inga individer av den biologiska indikatorn vitmärla registrerades på lokalen under 2022.

Tabell 10. Medelantal av bottenfauna per kvadratmeter för medeldjupa- och djupa stationer i Forsmark och referensområdet Finbofjärden år 2022. \* innebär att flera arter innefattas.

Artnamn	Latinskt namn	Forsmark Medeldjup 17–20 m	Finbofjärden Medeldjup 17–20 m	Forsmark Djup 22–24 m	Finbofjärden Djup 22–24 m
Östersjömussla	<i>Limecola balthica</i>	633	1 130	275	772
Amerikansk havsborstmask	<i>Marenzelleria sp*</i>	287	88	473	751
Fjädermygglarv	<i>Chironomidae*</i>	4	34	150	4
Nyazeeländsk tusensnäcka	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	128	70	-	4
Fåborstmask	<i>Oligochaeta*</i>	24	10	66	30
Bukig tusensnäcka	<i>Ecrobia ventrosa</i>	54	18	-	-
Slammärla	<i>Corophium volutator</i>	42	2	-	-
Skorv	<i>Saduria entomon</i>	26	2	6	-
Vitmärla	<i>Monoporeia affinis</i>	22	28	44	-
Bakborstig rovmask	<i>Hediste diversicolor</i>	12	-	-	6
Korvmask	<i>Halicryptus spinulosus</i>	-	18	-	26
Blåmussla	<i>Mytilus edulis</i>	-	2	-	24
Sandmussla	<i>Mya arenaria</i>	-	4	-	-
Art av pungräka	<i>Neomysis integer</i>	-	4	-	-
Art av pungräka	<i>Pranus flexosus</i>	-	2	-	-
Totalantal/m <sup>2</sup>		1 232	1 411	1 014	1 617
Artantal		10	14	6	8

#### 4.6.2. Hårdbottenfauna

Undersökningarna av hårdbottenfauna i Forsmarksområdet visade betydande skillnader mellan stationerna gällande både artförekomst och arttäthet. Vid provtagningarna under 2022 registrerades mellan 18 och 35 arter per lokal, och antalet per Landforsplatta uppmättes till mellan 92 och 2 120 individer (tabell 11). Vid samtliga stationer förutom Borgarna hittades fler arter jämfört med föregående år. Däremot var individtätheten lägre på alla stationer, med undantag för Plymen där tätheten mer än fördubblades jämfört med föregående år.

Provtagningen i Biotestsjön visade relativt högt antal arter. Förekomsten av bottenfauna var likt tidigare år högre än i de mindre påverkade lokalerna (tabell 11). Antalet registrerade individer var betydligt mindre i årets provtagning jämfört med föregående år. De låga totala tätheterna beror främst på det förhållandevis låga antalet tångmärlor (*Gammarus* sp.) i proverna. Under 2021 räknades nästan 4 000 individer per Landforsplatta, i år var antalet 665 stycken. Trots det låga antalet var tångmärla den vanligaste arten på lokalen, följt av bukig tusensnäcka (*Ecrobia ventrosa*) och röd pungräka (*Hemimysis anomala*). Röd pungräka påträffades för första gången under 2021 och då endast en individ. Under 2022 registrerades betydligt fler, totalt 280 individer per Landforsplatta. Inga andra släkten av pungräka (*Pranus* sp. eller *Neomysis* sp.) hittades på lokalen. Av den tidigare vanligt förekommande arten märlkräfta (*Leptocheirus pilosus*) hittades färre individer jämfört med föregående år. Även av den främmande arten trekantig brackvattensmussla (*Mytilopsis leucophaeata*) noterades ett lägre antal funna individer. Under 2020 räknades 213 individer per Landforsplatta och musslan var den tredje mest förekommande. Under 2022 hittades endast 35 individer per platta. En individ av arten slammärla (*Corophium volutator*) registrerades på lokalen för första gången sedan 2016. Antalet individer av den invasiva arten nyazeeländsk tusensnäcka var något högre jämfört med 2021, men förekomsten var ändå förhållandevis låg.

Vid 2022 års undersökning av lokalen Plymen var individer av familjen fjädermyggor (*Chironomidae*) de vanligast förekommande. Under 2020 och 2021 var gruppen den tredje mest förekommande på lokalen med 10 respektive 18 individer per Landforsplatta, men i år räknades 72 individer per platta. Tångmärlan, som tidigare förekommit i låga antal, registrerades i större antal år 2022 och var den näst vanligast förekommande arten på lokalen. Andra vanliga arter var märlkräfta och juvenila individer av nordamerikansk havsborstmask. Detta var första gången som individer av nordamerikansk havsborstmask registrerats på lokalen. Även antalet märlkräftor var större än föregående år på lokalen. Under 2022 var de den näst vanligaste arten, medan den under förra årets provtagning var den sjunde mest förekommande arten. Vid den opåverkade referenslokalen Vid Asphällafjärden var blåmussla (*Mytilus edulis*) den mest förekommande arten. Musslan har tidigare varit relativt vanlig på lokalen, men gick från femte vanligast med 96 individer per platta under 2021, till 217 individer per platta år 2022. Även hjärtmussla (*Cerastoderma glaucum*) och bukig tusensnäcka var vanligt förekommande på lokalen, vilket stämmer överens med tidigare års provtagningar. Vid provtagningen år 2021 registrerades ovanligt höga antal av storhövdad marsipansnäcka (*Limpontia capitata*). I år var antalet dock lägre, endast 67 individer noterades jämfört med 106 individer år 2021. Men förekomsten var fortfarande högre än vad som tidigare registrerats på lokalen (8 eller färre individer). På lokalen hittades för andra året i rad även individer av den invasiva arten röd pungräka. Asphällafjärden hade liksom

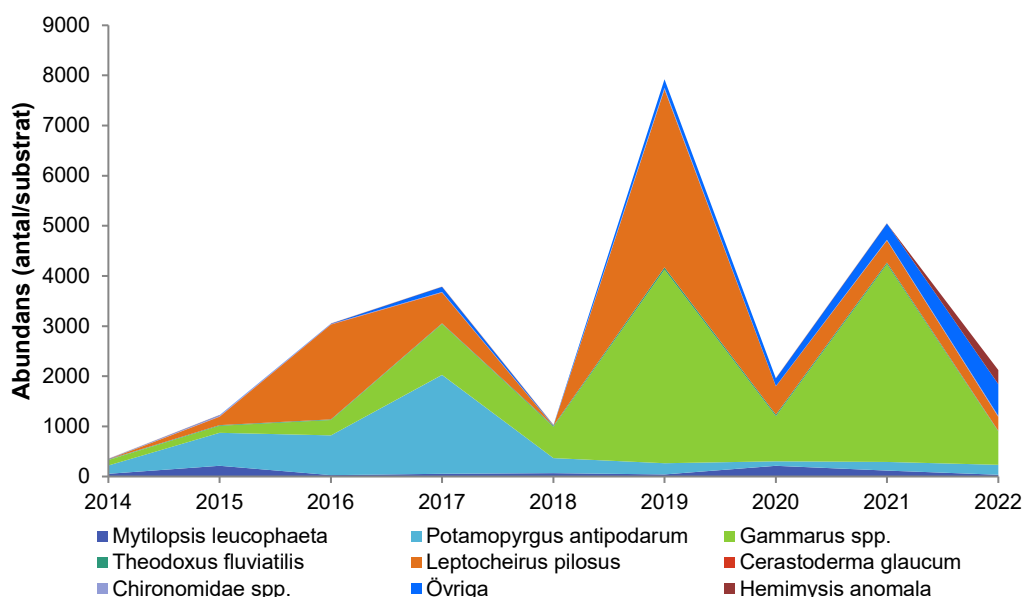


tidigare år det högsta totala artantalet, och individtätheten var högre endast i Biotestsjön. Vid Borgarna var liksom tidigare år båtsnäcka (*Theodoxus fluviatilis*), tångmärla och larver av fjädermyggor de vanligast förekommande arterna. För andra gången sedan den först påträffades under 2018 hittades inga individer av den främmande arten trekantig brackvattensmussla på lokalen. Borgarna hade i år både den lägsta individtätheten och artantalet; de lägsta siffrorna för lokalen sedan år 2019.

Tabell 11. Medelantal av utvald bottenfauna per Landforsplatta för stationerna i Forsmarksområdet år 2022; Biotestsjön, utsläppsområdet för kylvatten utanför Biotestsjön kallat Plymen, området för kylvattenintaget till kraftverket i Asphällafjärden samt Borgarna norr om Biotestsjön som aldrig påverkas av kylvatten.  
\* innebär att flera arter innefattas.

Artnamn	Latinskt namn	Biotestsjön (antal/substrat)	Plymen (antal/substrat)	Borgarna (antal/substrat)	Asphällafjärden (antal/substrat)
Stor snytesnäcka	<i>Bithynia tentaculata</i>	0,14	-	-	29,40
Nordlig hjärtmussla	<i>Cerastoderma glaucum</i>	8,00	1,00	0,20	145,80
Fjädermyggor	<i>Chironomidae*</i>	17,86	72,20	3,80	36,60
Bukig tusensnäcka	<i>Ecrobia ventrosa</i>	612,29	10,40	3,20	88,40
Tångmärla	<i>Gammarus sp*</i>	665,00	45,00	8,20	12,00
Röd pungräka	<i>Hemimysis anomala</i>	279,43	-	-	0,20
Strandvatten-gråsugga	<i>Jaera albifrons</i>	0,29	14,80	1,20	66,60
Märkräffa <i>Leptocheirus</i>	<i>Leptocheirus pilosus</i>	271,43	28,60	-	46,20
Storhövdad marsipansnäcka	<i>Limapontia capitata</i>	1,86	1,80	-	66,60
Nordamerikansk havsborstmask	<i>Marenzelleria sp*</i>	0,29	26,40	-	49,20
Trekantig brackvattensmussla	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	35,29	8,20	-	47,40
Blåmussla	<i>Mytilus edulis</i>	-	16,00	-	217,40
Trollsländor	<i>Odonata*</i>	-	1,00	0,80	0,80
Nyzeeländsk tusensnäcka	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	197,14	4,20	-	0,40
Oval dammsnäcka	<i>Radix balthica</i>	-	0,60	2,80	52,20

Båtsnäcka	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	14,43	19,20	69,20	19,80
Totalantal/Landforsplatta		2 010,45	264,40	92,40	965,20
Artantal		21	30	18	35



Figur 21. Antal av olika bottenfaunaarter per Landforsplatta i Biotestsjön sedan undersökningarna inleddes år 2016.

Tabell 12. Antal arter per år och station sedan undersökningarna inleddes 2016. År 2018 återfanns inga av de utplacerade Landforsplattorna i Plymen, därav saknas data från det året.

År	Biotestsjön	Plymen	Asphällafjärden	Borgarna
2016	17	17	21	15
2017	16	23	26	18
2018	13	-	26	16
2019	25	14	28	18
2020	25	20	33	25
2021	20	17	32	24
2022	21	30	18	35
Medelantal arter per år	19,6	20,1	26,3	21,6

## 4.7. Fågelinventeringar

Under 2022 års fågelinventeringar i Forsmark gjordes totalt 45 511 observationer av de arter som ingår i kontrollprogrammet under totalt 24 tillfällen (tabell 13). Därmed förstärks förra årets trend av ökande fågelförekomster i undersökningsområdet. De viktigaste lokalerna, där närmare två tredjedelar av

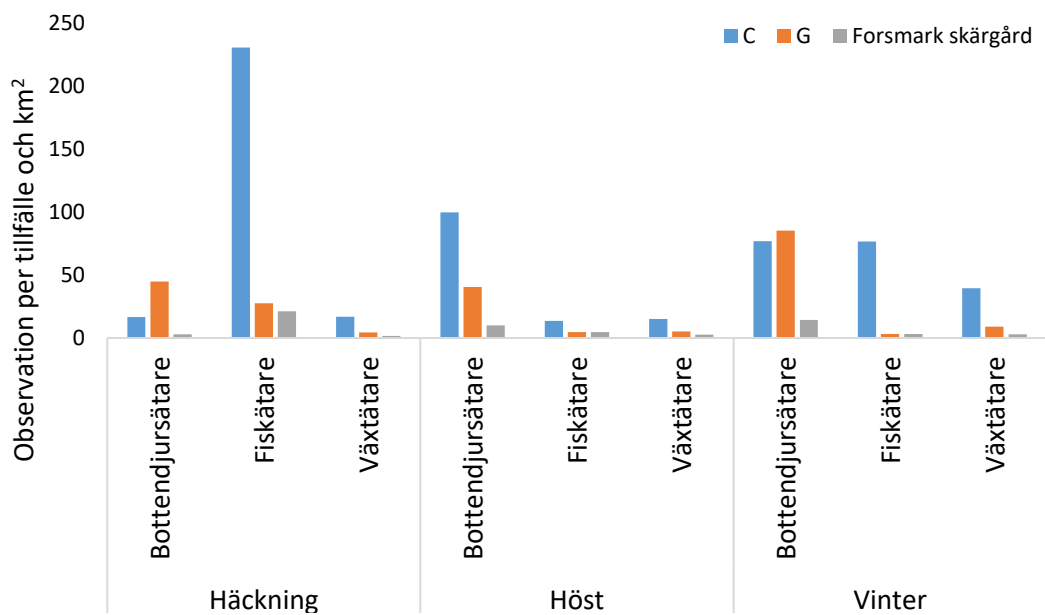
fåglarna observerats under 2022, var i Biotestsjön (område C; figur 6) och Asphällafjärden (kylvattenintaget, område G; figur 6), där 15 464 respektive 11 860 individer observerades.

Tabell 13. Sammanlagda fågelförekomster (24 tillfällen) för prioriterade arter inom fågelinventeringarna i zonerna A–G i Forsmark under 2022. Sammanlagda förekomster används här som ett index för att följa populationsförändringar.

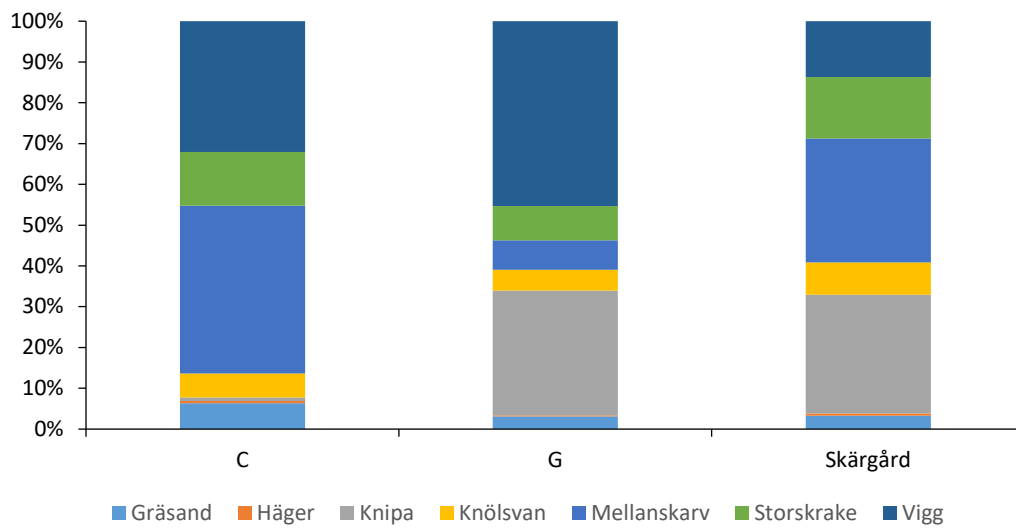
2022	A	B	C	D	E	F	G	Total
Gräsand	107	118	982	51	67	262	374	1961
Häger	2	7	85	42	19	28	22	205
Knipa	1850	657	134	787	980	1090	3636	9134
Knölsvan	241	142	909	343	107	626	603	2971
Mellanskarv	1211	2598	6353	861	491	442	857	12813
Storskrake	667	414	2038	675	416	608	991	5809
Vigg	772	628	4963	292	270	562	5377	12864
Totalantal	4850	4564	15464	3051	2350	3618	11860	45757
Totalantal/km <sup>2</sup>	1940	3803	14058	1052	870	1292	5391	28407

Den vanligaste arten i undersökningsområdet under 2022 var likt tidigare år vigg, med 12 864 observationer vid de 24 inventeringstillfällena. Vигgen uppehöll sig främst i Biotestsjön och i Asphällafjärden (tabell 13). Efter 2021 års höga förekomster av vigg (17 631 observationer; Adill m.fl., 2022) sjönk förekomsterna till nivåer under medeltal för alla år som inventeringarna utförts. Förekomsterna av vigg visar en nedåtgående trend i undersökningsområdet sedan undersökningens startår 2002. Under 2022 var mellanskarven den näst vanligaste arten i undersökningsområdet med 12 813 observationer, vilket är den högsta registrerade siffran för arten. Under 2021 gjordes endast 5 414 observationer (Adill m.fl. 2022). Högst täthet hade mellanskarven i Biotestsjön och i övriga Forsmarks skärgård, främst i område B (tabell 13). Tecken på häckningsförsök sågs i Biotestsjön, men inga ungar påträffades. Knipa var den tredje vanligaste arten i undersökningsområdet med 9 134 observationer. De högsta tätheterna av knipa påträffades i Asphällafjärden och övriga Forsmarks skärgård (tabell 13). Knölsvan observerades 2 971 gånger under 2022, vilket var lägre jämfört med föregående år. Trots nedgången av knölsvan mellan 2021 och 2022 visar observationerna att de förekommer i allt större utsträckning i observationsområdet. Även förekomsten av storskrake var större under 2022, och de 5 809 registrerade observationerna låg över undersökningens medelvärde för arten. Efter 2021 års höga förekomst av gräsand (3 000 observationer; Adill m.fl., 2022) sjönk förekomsten till 1 961, vilket stämmer med tidigare års observationer. Under 2022 gjordes även färre observationer av häger, men i stort var siffrorna i ungefär samma omfattning inom recipientkontrollprogrammet som tidigare år.

Vid mer ingående undersökningar av inventeringsområdet fanns det tendenser till skillnader i vilka funktionella grupper och arter som utnyttjade de olika delområdena. Med avseende på tätheter föredrog fiskätande och växtätande fåglar under 2022 generellt Biotestsjön året om. Fiskätarna var dock nästan jämnt utspridna över hela undersökningsområdet under hösten. Bottendjursätande fåglar föredrog Biotestsjön på hösten och Asphällafjärden under resten av året, även om de uppehöll sig nästan lika mycket i Biotestsjön under vintern (figur 22). Artmässigt under 2022 dominerade mellanskarv och vigg Biotestsjön samt vigg och knipa i Asphällafjärden. I övriga delområdena i skärgården var knipa och mellanskarv vanligast (figur 23).



Figur 22. Tätheter av funktionella grupper över säsong i område C-Biotestsjön, G-Asphällafjärden och Skärgården som innefattar resterande zonerna i inventeringsområdet (A, B, D, E, F). Varje säsong avser en fyra månaders period och är uppdelad efter fåglarnas aktivitet; häckning: april – juli, höst: augusti – november, vinter: december – mars.



Figur 23. Relativ fördelning (%) av de studerade fågelarterna i C- Biotestsjön, G-Asphällafjärden och Forsmarks skärgård (A, B, D, E, F).

## 5. Diskussion

I driften av Forsmarks kärnkraftverk pumpas stora mängder brackvatten genom kraftverket för att kyla kondensatorerna. Kylvattnet tas in via en kanal från Asphällafjärden i Öregrundsgrepen. Efter användning pumpas det använda kylvattnet, som då har stigit i temperatur med cirka 7-9°C, ut i närrecipienten Biotestsjön och kanalen från F3. Många fiskar dör i kylvattenintaget; en fiskförlust som undersöks kvantitativt i denna rapport. Kylvattenhanteringen har en direkt påverkan på omgivande kustekosystemen genom att det havsvatten som används innehåller levande organismer som dras med in i systemet, eller filtreras bort vid intaget och dör. Det uppvärmda kylvatten som släpps ut i Biotestsjön och treans kanal har därtill effekter på djurens fysiologi, födotillgång och beteendemönster, vilket i sin tur kan påverka deras tillväxt, reproduktion och förekomst. Dessa förändringar är väl dokumenterade i årsrapporteringar och fördjupade rapporter under de år som kontrollprogrammet har pågått, framförallt när det gäller fisk, bottenfauna och fågel (Adill m.fl., 2013; Adill m.fl., 2018; Adill m.fl., 2020).

Under verksamhetsåret 2022 producerade Forsmarks kärnkraftverk 25,5 terawattimmar (Twh) el i sina anläggningar, vilket står för ungefär 15 % av elproduktionen i Sverige. Forsmark nådde därmed återigen upp till 2021 års produktionsrekord. Bidragande orsaker till den fortsatta stora produktionen kom sannolikt från de omfattande moderniseringsåtgärder som genomförts de senaste åren, med effekthöjningar i kraftverket som resultat. Därmed har också kylvattenbehovet och temperaturhöjningen i utsläppsvattnet ökat. Driftstörningar orsakade av tekniska problem var fortsatt ovanliga och produktionsstopp infann sig främst under perioderna med planerade revisions- och underhållsarbeten i kraftverket. Driftsituationen i kraftverket under 2022 medförde därmed att påverkan på omgivande miljö var stor med avseende på behovet av kylvatten till anläggningarna och utsläppen av uppvärmt kylvatten till närrecipienten Biotestsjön samt kylvattenkanalen från reaktor tre.

I temperaturdata från Biotestsjön kunde det konstateras att perioder med extrema vattentemperaturer upp emot 30°C uteblev under 2022, något som tidigare år vanligtvis inträffar under högsommaren. Vattentemperaturer upp emot 30°C är skadligt för många fiskarter och påverkar då individerna på ett negativt sätt. Plötsliga temperaturökningar som når extrema temperaturer kan dessutom vara dödligt för många fiskarter, särskilt större och äldre individer (Adill m.fl. 2018).

Under 2022 inföll revisionsperioden för F2 under större delen av juli månad. Detta medförde att utsläppen av varmvatten till Biotestsjön var reducerat under högsommaren, vilket sannolikt minskade den negativa påverkan för fisken i området. Till skillnad från föregående år var vattentemperaturerna i utsläppsområdet för kylvatten från F3 över 30°C endast en dag under 2022, med en högsta temperatur på 30,1°C. Det förekommer sannolikt stor skyende av fisk från området under de perioder då förhållandena är som mest extrema, men eftersom inga undersökningar genomförs i detta område under året blir det svårt att fastställa.

Vid undersökningarna i kylvattenintaget till kraftverket kunde provtagningarna av fiskförluster genomföras till stor del vid ordinarie kylvattenflöde om drygt 100 m<sup>3</sup> vatten per sekund. Två av åtta veckor under våren och fyra av tolv veckor på hösten påverkades dock av revisionsavställningar och halverat flöde. Totalt fastnade cirka 37,5 miljoner individer i silstationen under provtagningsperioderna under 2022, vilket var närmare 20 miljoner färre än de 57 miljoner individer som fastnade under 2021. De lägre tätheterna beror på att det fastnade färre årsyngel under hösten, vilket kan vara ett tecken på att det har varit sämre fiskreproduktion och rekrytering till fiskesamhället i närområdet under 2022. Färre årsyngel noterades även under yngelundersökningarna. Likt föregående år var storspigg den klart dominerande arten och cirka 32 miljoner individer, cirka 85 % av de beräknade förlusterna under året, fastnade i rens gallren vid kylvattenintagen.

De enorma mängderna storspigg i provtagningarna speglar med stor sannolikhet de höga tätheterna av arten i omgivande kustnära områden och i Bottenhavet. Vid andra fiskundersökningar som genomförs i Bottenhavet och Östersjön (till exempel Baltic International Acoustic Survey), finns likt i silstationsdata från Forsmark tydliga trender för storspiggens ökande förekomst. Storspiggens beståndsutveckling under de senaste decennierna har till stor del orsakats av storskaliga miljöförändringar i våra havsområden och har vidare på ett tydligt sätt påverkat befintliga ekosystem (Olin m.fl. 2022). Fiskarter som var vanliga i våra kustområden tidigare, till exempel abborre och gädda, har upplevt negativ påverkan och har som följd minskat i omfattning i flertalet kustområden (Donadi m.fl., 2020). Storspigg var dessutom den fiskart inom provtagningarna 2022 som tydligast påverkades av mängden kylvatten som togs in i kraftverket. Under perioden av halverat kylvattenflöde på grund av revisionsavställningar var förekomsten av storspigg märkbart mindre.

Antalet ålar som fastnade i silstationerna under 2022 låg fortsatt på låga nivåer jämfört med tidigare år. Till skillnad från föregående år fastnade majoriteten av individerna under vårprovtagningen och bestod av uppväxande gulål som sannolikt uppehållit sig i Forsmarksområdet. Tidigare har majoriteten av ålarna kommit in till silstationerna under senhösten och utgjorts av främst lekvandrande ålar, så kallade blankålar, som lockats in till kraftverket under deras naturliga vandringar ut från Östersjön och mot lekområdena i Sargassohavet. Vid analyser av

utvecklingen för ålens förekomster i silstationerna under provtagningsåren blir det alltmer tydligt att de stora mängderna ål som fastnade i silstationerna under slutet av 1990-talet och fram till åren runt 2010, påverkades av tidigare kompensationsutsättningar av ålyngel i Biotestsjön. Under åren 1985 och 1989 genomfördes ett fiskevårdsprojekt i området och drygt 500 000 ålyngel sattes ut i Biotestsjön. Många av ålarna blev kvar i Biotestsjön, och en hel del spred sig även till omgivande områden i Forsmarks skärgård. I takt med att ålarna tillväxte och uppnådde könsmognad påträffades de i högre grad i silstationsprovtagningarna. Numera är det sannolikt att samtliga individer från utsättningarna försvunnit från området och ej förekommer i data från provtagningarna längre. Resultaten av provfiskena med ryssjor i Biotestsjön visar också att tätheterna av ål är mycket låg jämfört med situationen i början av 2000-talet. Eftersom ålen är en rödlistad och skyddad art är det dock av stor betydelse att de ålar som fastnar i silstationen återutsätts i havet igen. Den metodik som skapats under de senaste åren för att kunna återutsätta ålarna levande fungerar delvis. Möjligen behöver metodiken omarbetas för att fungera på ett bra sätt. In i silstationen sugts stora remsmassor som främst utgörs av alger, växtdelar och storspigg. Dessa orsakar skador på ålarna när de samlas upp i container eller i provtagningskorgen, och skadorna på ålarna blir emellanåt så omfattande att möjligheten att återutsätta dem i gott skick minimeras.

Under nätprovfiskena i Biotestsjön under vårperioden fångades enorma mängder fisk, främst varmvattenarterna mört, björkna och abborre. Omfattningarna av fångsterna var i rekordnivåer jämfört med föregående år, och majoriteten av fiskarna var lekmogna individer. Under 2022 noterades rekordfångester för bland annat mört under vårperioden, och fångsten av björkna var den enskilt största vid ett tillfälle sedan vårprovfiskena startade. Fångstdata från provfiskena under vårarna har tydligt visat att lekaktiviteten i Biotestsjön har ökat under de senaste femton åren (Adill m.fl. 2018). En stor andel av fiskarna som genomför leken i Biotestsjön har lockats in till anläggningens varma vatten från omgivande skärgårdsområde. Biotestsjön har på grund av sina förhållanden blivit ett mycket viktigt område för rekrytering av många arter. Eftersom Biotestsjön har varit ett öppet system under flera år har området nyttjats av fisk att vistas i under kortare eller längre perioder under flertalet år. I undersökningarna har det konstaterats att lekperioderna varit utdragna för många arter, vilket kan förklaras med att stationära individer uppnår lekmognad tidigare på våren jämfört med individer som lever i Forsmarks skärgårds kallare vatten och endast vistas i Biotestsjön vid lek (Adill m.fl. 2018).

Undersökningarna under hösten i Biotestsjön visade att tätheterna av de vanligaste fiskarterna förefaller vara betydligt lägre jämfört med våren. Detta tyder på att en stor andel av fisken som uppehåller sig i Biotestsjön under våren för lek lämnar anläggningen under sommarhalvåret när vattentemperaturerna blir som mest extrema, och sprider sig till omgivande skärgårdsområden. De abborrar och



mörtpar som stannat kvar i Biotestsjön verkar dock vara välmående och med god kondition under senhösten. Vid de mer ingående analyserna av abborrens och mörtens välmående tycks individerna i Biotestsjön vara i samma goda kondition som individer i referensområdet. Förekomsterna av skador eller sjukdomar hos fisk i Biotestsjön var nästintill obefintliga; endast ett fåtal individer påträffades i undersökningarna med sjukdomssymptom. Vid kontrollerna av tillväxten hos abborre kunde det dessutom konstateras att förhållandena i Biotestsjön ger upphov till snabb kroppstillväxt, något som kan ge fördelar i abborrens liv. Vid jämförelse med abborrar som lever i Forsmarks skärgård växer individerna i Biotestsjön snabbare, åtminstone i de lägre åldrarna. Upphovet till detta kan härledas både till en längre tillväxtsång i Biotestsjön samt att det råder lämpliga förhållandena med god födotillgång och långa perioder med lämpliga vattentemperaturer för snabb tillväxt (Niu m.fl. 2023). Att levnadsförhållandena är gynnsamma för varmvattenarterna i Biotestsjön stöds av konditionsmått för abborre i Biotestsjön som uppvisar generellt högre konditionsvärde jämfört med abborrar i Forsmarks skärgård. För så kallade kallvattenarter är förhållandena i Biotestsjön lämpliga under endast korta perioder, till exempel sik och öring fångades inte alls under de ordinarie provfiskena. Detta tyder sannolikt på att dessa arter endast uppehåller sig under kortare perioder i Biotestsjön.

Vid undersökningarna i Forsmarks skärgård med provfisken med Nordiskt kustöversiktnät visade resultaten att tätheterna av fisk var höga om än lägre än rekordåret 2021. Av de flesta arterna fångades färre individer än vid provfisket år 2021, men de låga totala fångsterna är till stor del ett resultat av det låga antalet mörtar som fångades i augusti. Fram till för tre år sedan hade förekomsten av mört uppvisat en negativ utveckling i Forsmarks skärgård. År 2019 fångades ett större antal än föregående år och sedan dess har förekomsten av mört fortsatt att stiga. Det stora antalet mörtar i kombination med att fångsterna främst utgjorts av små och unga individer har visat på en möjlig återhämtning. Det finns en risk att årets minskning är ett tecken på att avbrottet på den negativa utvecklingen endast var tillfälligt, alternativt att den tidigare ökningen i Forsmark orakats av en temporär spridning av individer från Biotestsjön där fångsten av mört fortsätter vara hög. Under höstens yngelundersökningar noterades ovanligt låga tätheter av mört yngel i både Forsmarks skärgård och Biotestsjön vilket är ett tecken på att rekryteringen inte var lyckad under 2022. Tidigare år har frågetecken funnits om rekryteringen fungerat som den ska i Biotestsjön eftersom de stora mängderna lekmogen mört under våren inte har genererat höga tätheter av yngel under höstarna. Även det låga antalet mörtar i silstationen under höstperioden tyder på en misslyckad rekrytering och möjligen en generell minskning av mört i referensområdet. Vid oktoberfisket i Forsmarks skärgård höll antal fångade mörtar per ansträngning samma nivåer som föregående år och det talar dock emot en drastisk minskning i förekomst av mört i referensområdet.

Resultaten av undersökningarna av bottenfauna på mjuka bottnar under 2022 liknar i stort de från tidigare års provtagningar. Däremot registrerades färre individer av nyckelarten vitmärla på samtliga stationer. För första gången sedan 2018 hittades arten inte alls på Finbofjärdens djupare bottnar. Genom sin förmåga att kunna syresätta bottensedimentet och sin fundamentala roll i näringsväven anses vitmärlan vara en nyckelart på mjukbottnar i Östersjön, och kan även användas som indikatorart för ett antal miljöförändringar (Lopez och Elmgren, 1989). Sedan 2000-talets början har vitmärlan kontinuerligt minskat i antal i området (Adill m.fl., 2018). En anledning kan vara ökade miljögifter och lägre syrehalt i bottarna, speciellt i kombination med ökande vattentemperaturer (Wiklund och Sundelin, 2001; Jacobsson m.fl., 2008; Gorokhova m.fl., 2013). Även minskad näringstillgång (oligotrofiering) påverkar vitmärlan negativt (Tamelander m.fl., 2017). Sådan yttre påverkan kan leda till minskad populationstillväxt och reproduktiv framgång (Jacobsson m.fl., 2008), vilket i längden leder till en minskad populationsstorlek. Även etableringen av den främmande nordamerikanska havsborstmasken, vilken förekommer i större utsträckning på samtliga provtagna lokaler, kan bidra till vitmärlans låga förekomst. Detta då arterna konkurrerar inom liknande ekologiska nischer, vilket kan leda till förändrad födotillgång, tillväxt och förekomst av vitmärlan längs hela den svenska östersjökusten (Kotta och Ólafsson, 2003; Neidman m.fl., 2003). Den främmande trekantiga brackvattensmusslan har tidigare hittats på Forsmarks mjukbottnar, men för andra året i rad registrerades inga individer på någon av lokalerna. Trekantig brackvattensmussla har dock under de senaste åren observerats på flera undersökta hårdbottenstationer i närområdet, och man har tidigare sett att arten skulle kunna kolonisera kärnkraftverkets kylvattenintag och med detta påverka elproduktionen negativt (Florin m.fl., 2013).

Även på hårda bottnar registrerades färre individer av den trekantiga brackvattensmusslan *Mytilopsis* än föregående år. Vid den opåverkade stationen Borgarna, där nästan enbart juvenila musslor tidigare påträffats, registrerades inga individer under 2022. Trekantig brackvattensmussla är en euryterm art som kan leva i ett stort temperaturspann (Kennedy, 2010), men tillväxer bäst i högre temperaturer (Verween m.fl., 2006). Den något svalare vattentemperaturen under 2022 jämfört med 2021 års tillväxtsäsong kan därför vara en av orsakerna till artens låga förekomst. Av de undersökta stationerna hade Asphällafjärden, varifrån kraftverkets kylvatten hämtas, högst förekomst av trekantig brackvattensmussla. Musslan har på flera platser runt Östersjön skapat problem genom att växa på industriella kylvattenintag (Jenner och Taylor, 1998; Verween m.fl., 2007). Denna risk finns även vid Forsmarks kärnkraftverk, och en etablering av arten vid intagen kan leda till en negativ påverkan på elproduktionen (Florin m.fl., 2013). I Biotestsjön var förekomsten av trekantig brackvattensmussla väldigt låg. Då vattnet i den artificiella sjön är jämförelsevis varm lär temperatur inte ha varit en faktor i artens avtagande. Däremot kan ökningen av den främmande röda pungräkan

*Hemimysis* ha påverkat musselpopulationen då de juvenila räkorna och musslorna troligtvis konkurrerar om växtplankton för föda (Ives m.fl., 2013). Därutöver har det diskuterats att äldre individer av arten även kan äta mussellarver (Ketelaars m.fl., 1999).

Biotestsjön hade under 2022 väldigt låg individtäthet per Landforsplatta. De låga tätheterna kan främst förklaras av det ovanligt låga antalet individer av tångmärla på lokalen. Även antalet märkräftor var betydligt längre än tidigare år. Även under 2020 registrerades låg individtäthet och få tångmärlor och märkräftor på lokalen. Den låga förekomsten förklarades då med de temperaturtoppar som uppmätts i sjön under sommaren. Detta då mortaliteten hos tångmärlor ökar med förhöjda temperaturer, speciellt i kombination med lägre syrehalter eller bristande tillgång på föda (Semsar-Kazerouni och Verberk, 2018; Semsar-Kazerouni m.fl., 2020). En liknande förklaring skulle även kunna finnas i år, men troligtvis kan den låga förekomsten snarare kopplas till explosionen i förekomst av den främmande arten röd pungräka.

Den röda pungräkan är en allätande generalist som håller till i skyddande habitat under dagtid, och söker föda i vattenkolumnen under de mörkare timmarna (Ketelaars m.fl., 1999; Brown m.fl., 2012). Arten frodas i varma temperaturer (Evans m.fl., 2018), vilket förklarar den höga förekomsten i Biotestsjön men inte i Asphällafjärden, där arten också registrerades för första gången under föregående år. Under rätt förhållanden kan honorna få flera kullar per säsong (Ketelaars m.fl., 1999), och populationstillväxten kan därför vara mycket snabb. Som ovan nämnts äter juvenila röda pungräkor främst växtplankton, medan vuxna individer utöver växtplankton även äter mindre bottenlevande evertebrater, djurplankton och detritus (Ricciardi m.fl., 2012; Penk m.fl., 2018). Den röda pungräkan konkurrerar alltså om föda med de flesta akvatiska organismgrupper, och kan därför ha stor negativ påverkan på alla trofiska nivåer (Ketelaars m.fl., 1999; Brown m.fl., 2012). Förekomsten borde inte ha direkta negativa effekter för kraftverkets funktion, men kan ha desto större effekter för den akvatiska ekologin i närområdet.

Under 2022 var förekomsten av sjöfåglar fortsatt hög. De viktigaste lokalerna för sjöfåglar i undersökningsområdet var Biotestsjön och Asphällafjärden som även är mest påverkade av kärnkraftverkens drift. I likhet med föregående år uppehöll sig knappt två tredjedelar av alla sjöfåglar i Biotestsjön och Asphällafjärden under 2022. Förhållanden verkar vara mest gynnsamma i de områdena, speciellt under vintertiden då kärnkraftverkens kylvattenutsläpp skapar isfria områden i Biotestsjön och Asphällafjärden men också direkt i utsläppsområdet (område A och D). Isfria områden är av stor vikt för sjöfåglar då dessa är en förutsättning för övervintring, födosök och skydd. Förekomsten av dessa viktiga isfria områden förklarar det höga antalet observationer och tätheten av sjöfåglar per ytenhet i Biotestsjön och Asphällafjärden under vintern. Biotestsjön var den enskilt

viktigaste lokalen 2021 med både högst antal observationer och högst tätheter av sjöfågel per ytenhet.

Förekomst av vigg var åter under medelvärdet efter de höga förekomsterna under 2021. Dock verkar antalet observationer hålla sig inom ramen av den vanliga fluktuationen. Den största andelen vigg hittades i Asphällafjärden, där de övervintrade, följt av en nästan lika hög antal i Biotestsjön under hösten, där de troligen stannade under flytten.

Antalet mellanskarv var högre än föregående år och visade den högsta förekomsten sedan undersökningarna inleddes. Mellanskarven påträffades ofta i Biotestsjön med de högsta antalen under häckningstiden mellan april och juli. I området är förhållandena gynnsamma på grund av den enorma förekomsten av fisk året runt, speciellt under häckningstiden som sammanfaller med flera fiskarters lekperiod. Under 2022 noterades häckningsförsök i Biotestsjön, dessa verkade inte ha varit framgångsrika eftersom inga ungar observerades. En möjlig förklaring till de misslyckade häckningsförsöken var sannolikt den höga förekomsten av havsörn i området, vilket kan ha stört skarvkolonin. Det finns en risk att den stora mängden mellanskarv skulle kunna reducera den lokala fiskpopulationen i området (Östman m.fl., 2012). Dock har inga tecken på en negativ påverkan på fiskbeståndet i Biotestsjön hittills kunnat påvisas.

Att knipa förekom i större utsträckning jämfört med 2021 kan troligen förklaras med att mycket mer knipa observerades i Asphällafjärden under häckningstiden 2022. Knipan sprider sig mer över skärgårdsområdet och Asphällafjärden, men påträffas nästan inte alls i Biotestsjön. Knipa konkurrerar med vigg om födoresurser, men även med fiskarterna mört och till viss del abborre (Eriksson 1979, Winfield & Winfield 1994). Konkurrensen med vigg och fiskar kan förklara varför knipa verkar undvika Biotestsjön där fisktätheterna är väldigt höga och vigg ofta vistas.

Förekomsten av knölsvan var nere på 2020 års nivåer efter rekordantalet föregående år. Trots de förhållandevis låga tätheterna under 2022 syns en allmänt stor förekomst av knölsvan i Forsmarks skärgård. De generellt höga förekomsterna beror potentiellt på att fler hittar de goda förhållandena med hög växtproduktion i Biotestsjön. Under vintern 2022 påträffades även ett ovanligt stort antal knölsvanar utanför utloppet i område D, antagligen på grund av den fria vattenytan som inte var påverkad av is eller drivis.

Att förekomsten av gräsand har gått ner jämfört med det höga antalet under 2021 kan förklaras med att ett mindre antal än tidigare år flyttade till Biotestsjön eller Asphällafjärden för att övervintra. Gräsänder föredrar Biotestsjön där knappt hälften av alla gräsänder observerades under 2022, och drygt en tredjedel av alla gräsandsobservationer gjordes i Biotestsjön under vinterhalvåret. Att en stor del av alla observationer gjordes i Biotestsjön beror med stor sannolikhet på den goda födotillgången.

Det finns en stor skillnad med avseende på vilka funktionella grupper samt arter som nyttjar de olika områdena under året. Kraftverkets drift och utsläpp av uppvärmt kylvatten har resulterat i höga vattentemperaturer i Biotestsjön, vilket har bidragit till stor växtproduktion och höga fisktätheter i området. Detta har sannolikt attraherat växt- och fiskätande sjöfåglar till att vistas i Biotestsjön. Bottenfaunaätande fåglar är delade säsongsvist med en täthetsstopp i Biotestsjön under hösten och Asphällafjärden under häckningssäsongen och vintern. Under vintern är förekomsten även stor i Biotestsjön, sannolikt på grund av att båda områdena förblir isfria till skillnad från majoriteten av det resterande inventeringsområdet.

Täthetsstoppen under hösten är sannolikt flyttfåglar som rastar, efter att sjöarna i norra delarna av Sverige har frusit. Dessa flyger sedan vidare, vilket syns i den stora variationen mellan inventeringstillfällena under hösten. Det kan också förklara den mindre variationen under vintertiden på grund av fåglar som övervintrar i området. En alternativ förklaring är att det kan finnas säsongsberoende förändringar i bottenfaunan som påverkar utspridningen av bottendjursätande fåglar mellan Biotestsjön och Asphällafjärden.

Biotestsjön, som utöver att vara ett viktigt område för fågelarterna som ingår i recipientkontrollprogrammet, utgör en skyddad rastplats för många arter under flyttiderna och lämpligt habitat för andra arter som normalt inte befinner sig i skärgårdsmiljö. Under 2022 års fågelinventeringar skådades kungsfiskare (*Alcedo atthis*) och smådopping (*Tachybaptus ruficollis*), arter som vanligtvis lever vid sjöar och åar. Däggdjuret utter (*Lutra lutra*) verkar ha en stabil förekomst i Forsmarksområdet i ett längre tidsperspektiv (Broman och Truvé 2022). Under vintern 2022 gjordes några observationer av utterfamiljen på födosök med den nu nästan fullvuxna utterunge som föddes under hösten 2021.

## Referenser

- Adill, A., Mo, K., Sevastik, S., Olsson, J., Bergström, L. (2013). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk - Sammanfattande resultat av undersökningar fram till år 2012. Aqua reports 2013:19. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 69 s.
- Adill, A., Heimbrand, Y., Mo, K., Bergström, L. (2015). Undersökning av hårbottenfauna vid Forsmarks kärnkraftverk - Metodikutveckling av artificiella substrat för övervakning av bottenfaunasamhällen på områden som saknar sediment. Aqua reports 2015:10. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 35 s.
- Adill, A., Bryhn, A., Karlsson, E. (2018). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Sammanfattande resultat av undersökningar fram till år 2017. Aqua reports 2018:14. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 81s.
- Adill, A., Holliland, P. B., Karlsson, E. (2019). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Årsrapport för 2018. Aqua reports 2019:11. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 42s.
- Adill, A., Åkerlund, C. (2020). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Årsrapport för 2019. Aqua reports 2020:7. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 37s.
- Adill, A., Holliland, P. B., Åkerlund, C. (2021). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Årsrapport för 2020. Aqua reports 2021:6. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 47s.
- Adill, A., Holliland, P. B., Åkerlund, C. (2022). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk, Årsrapport för 2021. Aqua reports 2022:10. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 50s.
- Andersson, J. (2015). Provfiske med kustöversiktsnät, nätlänkar och ryssjor på kustnära grunt vatten <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/miljoovervakningens-metoder-och-undersokningstyper-inom-programomrade-kust-och-hav.html>
- Broman, E., Truvé, J. Övervakning av däggdjursfaunan i Forsmark, Inventeringsresultat 2021. Svensk kärnbränslehantering AB, Rapport R-21-19 December 2021
- Broman, E., Truvé, J. Övervakning av däggdjursfaunan i Forsmark, Inventeringsresultat 2022. Svensk kärnbränslehantering AB, Rapport P-22-16 September 2022

- Brown, M.E., Morse, R., O'Neill, K. (2012). Spatial, seasonal, and diel distribution patterns of *Hemimysis anomala* in New York State's Finger Lakes. *Journal of Great Lakes Research* 38(2): 19-24.
- Donadi, S., Bergström, L., Berglund, J. M. B., Bäck, A., Mikkola, R., Saarinen, A., Bergström, U. (2020). Perch and pike recruitment in coastal bays limited by stickleback predation and environmental forcing. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 246.
- Ehlin, U., Lindahl S., Neuman E., Sandström O. & J. Svensson, (2009). Miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp. Erfarenheter från de svenska kärnkraftverken. Elforsk rapport 09:79.
- Eriksson, M. O. G. (1979). Competition between Freshwater Fish and Goldeneyes *Bucephala clangula* (L.) for Common Prey. *Oecologia* Vol. 41, No. 1, pp. 99-107.
- Evans, T.M., Naddafi, R., Weidel, B.C., Lantry, B.F., Walsh, M.G., Boscarino, B.T., Johansson, O.E., Rudstam, L.G. (2018). Stomach contents and stable isotopes analysis indicate *Hemimysis anomala* in Lake Ontario are broadly omnivorous. *Journal of Great Lakes Research* 44(3): 467-475.
- Florin, A-B., Mo, K., Svensson, F., Schagerström, E., Kautsky L., Bergström, L. First records of Conrad's false mussel, *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) in the southern Bothnian Sea, Sweden, near a nuclear power plant. *BioInvasions Records* (2013) Volume 2, Issue 4: 303–309.
- Girolli, D., Futenma de Lima, M., Aparecida de Oliveira Sanches, N., Colombo-Corbi, V., Corbi, J., Rossi, G. Aquatic oligochaetes (Annelida: Clitellata) in reservoirs in São Paulo State: list of occurrence and ecological observations on the species. *Biota Neotrop.* 21 (3) 2021.
- Gorokhova, E., Löf, M., Reutgard, M., Lindström, M., Sundelin, B. (2013). *Exposure to contaminants exacerbates oxidative stress in amphipod Monoporeia affinis subjected to fluctuating hypoxia.* *Aquatic Toxicology* 127: 46–53.
- Ives, J.T., Marty, J., De Lafontaine, Y., Johnson, T.B., Koops, M.A., Power, M. (2013). Spatial variability in trophic offset and food sources in *Hemimysis anomala* in lentic and lotic ecosystems within the Great Lakes basin. *Journal of Plankton Research* 35(4): 772-784.
- Jacobson, T., Prevodnik, A. & Sundelin, B. (2008). Combined effects of temperature and a pesticide on the Baltic amphipod *Monoporeia affinis*. *Aquatic Biology*, 1, 269-276.
- Jenner, H.A., Taylor & C.J.L. (1998). Cooling water management in European power stations: biology and control. *Hydroécologie Appliquée* 1-2.
- Niu, J., Huss, M., Vasemägi, A. & Gårdmark, A. (2023) Decades of warming alters maturation and reproductive investment in fish. *Ecosphere* 14.1: e4381.
- Karlsson, M. (2015). Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät. <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning-lagar/vagledningar/miljoovervakningens-metoder-och-undersokningstyper-inom-programomrade-kust-och-hav.html>
- Karås, P., A. Adill, M. Boström, K. Mo & A. Sevastik, (2010). Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk år 2000–2007. Fiskeriverket informerar, FINFO 2010:2.

- Kennedy, V.S. (2010). The invasive dark falsemussel *Mytilopsis leucophaeata* (Bivalvia: Dreissenidae): a literature review. *Aquatic Ecology* 45: 163-183.
- Ketelaars, H.A.M., Lambregts-van de Clundert, F.E., Carpentier, C.J., Wagenvoort, A.J., Hoogenboezem, W. (1999). Ecological effects of the mass occurrence of the Ponto-Caspian invader, *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea: Mysidacea), in a freshwater storage reservoir in the Netherlands, with notes on its autecology and new records. *Hydrobiologia* 394: 233-248.
- Kotta, J., Ólafsson, E. Competition for food between the introduced polychaete *Marenzelleria viridis* (Verrill) and the native amphipod *Monoporeia affinis* Lindström in the Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, Volume 50, Issue 1, August 2003, Pages 27-35.
- Lopez, G., Elmgren R. (1989) *Feeding depths and organic absorption for the deposit feeding benthic amphipods Pontoporeia affinis and Pontoporeia femorata*. *Limnology and Oceanography*, 34.6: 982-991.
- Mo, K., P. Karås, Neuman, E., Sandström, O. & H. Svedäng, (1996). Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk 1980–1995. Fiskeriverket, Kustrapport 1996:6
- Naturvårdsverket. (1978). Biologiska inventeringsnormer, BIN, Fåglar. Punktlinjekartering.
- Neideman, R., Wenngren, J., Ólafsson, E. (2003). Competition between the introduced polychaete *Marenzelleria* sp. and the native amphipod *Monoporeia affinis* in Baltic soft bottoms. *Marine Ecology Progress Series* 264: 49-55.
- Olin, A., Olsson, J., Eklöf, J., Klemens Eriksson, B., Kaljuste, O., Briekmane, L. and U. Bergström. 2022. Increases of opportunistic species in response to ecosystem change: the case of the Baltic Sea three-spined stickleback. *ICES Journal of Marine Science*, 2022, 0, 1–16.
- Penk, M.R., Donohue, I., Irvine, K. (2018). Temporally variable niche overlap and competitive potential of an introduced and native mysid shrimp. *Hydrobiologia* 823: 109-119.
- Rajagopal S., Van der Gaag M., Van der Velde G., Jenner H.A. (2005) Upper temperature tolerances of exotic brackish-water mussel, *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad): An experimental study. *Marine Environmental Research* 60:512-530.
- Ricciardi, A., Avlijas, S., Marty, J. (2012). Forecasting the ecological impacts of the *Hemimysis anomala* invasion in North America: Lessons from other freshwater mysid introductions. *Journal of Great Lakes Research* 38(2): 7-13.
- Sandström, O. (1985). Recipient monitoring at Forsmark nuclear power station. Report summary 1984. SNV Report 1915, 26 pp.
- Sandström, O. & B. Svensson, (1990). Kylvattnets biologiska effekter, Forskning i Biotestsjön, Forsmark, 1984-1988.
- Sandström, O. (1990). Vattenmiljön vid Forsmarks kraftstation. Naturvårdsverket, Rapport 3867. 42s.
- Sandström, O., K. Mo, P. Karås, K. Saulamo & A. Sevastik, (2002). Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk 1995– 2000. Fiskeriverket informerar, FINFO 2002:3.
- Semsar-Kazerouni, M., Verberk, W.C.E.P. (2018). It's about time: Linkages between heat tolerance, thermal acclimation and metabolic rate at different



- temporal scales in the freshwater amphipod *Gammarus fossarum* Koch, 1836. *Journal of Thermal Biology* 75: 31-37.
- Semsar-Kazerouni, M., Boerrigter, J.G.T., Verberk, W.C.E.P. (2020). Changes in heat tolerance in a freshwater amphipod following starvation: The role of oxygen availability, metabolic rate, heat shock proteins and energy reserves. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology* 254: 110697.
- Svärdson, G. (1961). Ingen effekt av sikodlingen i Kalmarsund. *Svensk Fiskeri Tidskrift*. 70:23–26.
- Tamelaender, T., Spilling, K., Winder, M. (2017). *Organic matter export to the seafloor in the Baltic Sea: Drivers of change and future projections*. *Ambio* 46, 842–851.
- Thoreson, G. (1992). Handbok för kustundersökningar, Recipientkontroll. <http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiskaresurser/publikationer/FIV/KLAB/PM029-%20handbok%20recip.pdf>
- Thoreson, G. (1996). Guidelines for coastal fish monitoring. <http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiskaresurser/publikationer/FIV/KLAB/PM087-eng%20hand%201996-2.pdf>
- Verween, A., Vincx, M., Degraer, S. (2006). Growth patterns of *Mytilopsis leucophaeata*, an invasive biofouling bivalve in Europe. *Biofouling* 22(4): 221-231.
- Verween A., Vincx M., Degraer S. (2007). The effect of temperature and salinity on the survival of *Mytilopsis leucophaeata* larvae (Mollusca, Bivalvia): The search for environmental limits. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 348:111-120.
- Wiklund AKE, Andersson A (2014). Benthic competition and population dynamics of *Monoporeia affinis* and *Marenzelleria* sp. in the northern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 144: 46-53.
- Winfield, I. J., Winfield D. K. (1994). Feeding ecology of the diving ducks pochard (*Aythya ferina*), tufted duck (*A. fuligula*), scaup (*A. marila*) and goldeneye (*Bucephala clangula*) overwintering on Lake Neagh, Northern Ireland. *Freshwater Biology* (1994) 32, 467-477.
- Zhulidov AV, Kozhara AV, Son MO, Morhun H, van der Velde G, Leuven RSEW, Gurtovaya TY, Zhulidov DA, Kalko EA, Kuklina YA, Kosmenko LS, Santiago-Fandino VJR, Nalepa TF (2021). Additional records of the bivalves *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) (Dreissenidae) and *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842) (Mytilidae) in the Ponto Caspian region. *BioInvasions Records* 10 (1): 119–135.
- Östman, Ö., M. Bergenius, M.K. Boström & S.-G. Lunneryd. (2012). Do cormorant colonies affect local fish communities in the Baltic Sea? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69: 1047–1055.





